


<b>TOTAL E&amp;P GUYANE FRANCAISE</b>			Référence du document : 5-RAP-HSE-4111	
	<b>Permis Guyane Maritime</b>	<b>ETAT INITIAL ENVIRONNEMENTAL</b>	Révision : <b>VF</b>	Statut : <b>Emis</b>
			Date : 15/08/2018	
<b>SYSTEME DE MANAGEMENT FILIALE</b>	Discipline : <b>HSE</b>	Type de document : <b>Rapport</b>	Page 1 of 526	

# Projet de forage d'exploration pétrolière Permis Guyane Maritime *Etat Initial Environnemental*



Rev.	Statut	Date	Objet de la révision	Emis par	Vérfié par	Approuvé par	Validé par TOTAL
V0	Draft	13/02/2018	Première émission	Créocéan	S. Thorin (thorin@creocean.fr)	E. Dutrieux (dutrieux@creocean.fr)	-
V1	Draft	16/07/2018	Deuxième émission	Créocéan	S. Thorin (thorin@creocean.fr)	E. Dutrieux (dutrieux@creocean.fr)	-
VF	Final	15/08/2018	Emis pour utilisation	Créocéan	S. Thorin (thorin@creocean.fr)	E. Dutrieux (dutrieux@creocean.fr)	CH. Chaineau HSE/ENV TOTAL
							C. Eygun Directrice HSE TEPGF

## Sommaire

<b>Glossaire .....</b>	<b>20</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>24</b>
<b>1.1. Elément du projet .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2. Rappel de l'historique du projet .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3. Périmètre de la zone d'étude .....</b>	<b>25</b>
<b>2. Synthèse des connaissances bibliographiques .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Contexte environnemental global .....</b>	<b>30</b>
2.1.1. Contexte météorologique et climatique .....	31
2.1.1.1. Climatologie .....	31
2.1.1.2. Régime des vents .....	36
2.1.1.3. Changement climatique.....	37
2.1.1.4. Hydrographie .....	38
2.1.2. Contexte océanographique .....	40
2.1.2.1. Marées.....	40
2.1.2.2. Régime de houle .....	40
2.1.2.3. Les courants marins .....	42
2.1.3. Contexte géologique.....	49
2.1.3.1. Géologie .....	49
2.1.3.2. Bathymétrie et géomorphologie .....	53
2.1.3.3. Sédimentologie.....	56
2.1.4. Contexte acoustique sous-marin.....	59
2.1.5. Synthèse du contexte environnemental global .....	61
<b>2.2. La colonne d'eau .....</b>	<b>63</b>
2.2.1. Caractéristiques physiques .....	63
2.2.1.1. Température de l'eau .....	63
2.2.1.2. Salinité.....	65
2.2.1.3. Transparence, turbidité et teneur en matières en suspension.....	68
2.2.1.4. Teneur en oxygène.....	70
2.2.2. Eléments chimiques .....	72
2.2.2.1. Eléments nutritifs .....	72
2.2.2.2. Contaminants chimiques .....	74
2.2.3. Plancton (zooplancton et phytoplancton) .....	77
2.2.3.1. Phytoplancton.....	77
2.2.3.2. Zooplancton.....	83
2.2.4. Synthèse sur la colonne d'eau .....	83
<b>2.3. Les fonds marins.....</b>	<b>85</b>
2.3.1. Le plateau continental .....	86
2.3.1.2. Bathymétrie .....	87

2.3.1.4. Compartiment sédimentaire .....	88
2.3.1.5. Compartiment biologique .....	91
2.3.1.6. Synthèse sur le plateau continental .....	116
2.3.2. Les habitats mésophotiques à l'extrémité du plateau continental.....	118
2.3.2.1. Contexte général .....	118
2.3.2.2. Acquisition de connaissances récentes sur la biologie de ces substrats.....	120
2.3.2.3. Synthèse sur les substrats durs mésophotiques.....	129
2.3.3. Les fonds meubles profonds (talus et plaine abyssale) .....	130
2.3.3.1. Compartiment sédimentaire .....	130
2.3.3.2. Compartiment biologique .....	139
2.3.3.3. Synthèse sur les fonds sédimentaire profonds .....	154
<b>2.4. La mégafaune .....</b>	<b>156</b>
2.4.1. Les grands poissons.....	156
2.4.2. Les tortues.....	160
2.4.2.1. Suivi télémétrique .....	162
2.4.2.2. Données REMMOA (2008, 2017) .....	169
2.4.2.3. Les données opportunistes .....	171
2.4.2.4. Synthèse sur les tortues.....	171
2.4.3. Les oiseaux .....	172
2.4.3.1. Campagnes d'observation REMMOA (2008, 2017).....	177
2.4.3.2. Campagne d'observations pélagique GEPOG (2011, 2012).....	181
2.4.3.3. Campagne d'observations Créocéan (2013) .....	185
2.4.3.4. Campagne d'observations MARGATS (2016) .....	187
2.4.3.5. Campagne d'observations Ifremer (2016).....	190
2.4.3.6. Synthèse des données existantes.....	191
2.4.4. Les mammifères marins .....	195
2.4.4.1. Campagne d'observations REMMOA (2009, 2017).....	197
2.4.4.2. Campagne d'observations RPS Energy (2010) .....	200
2.4.4.3. Inventaires pélagiques GEPOG (2011, 2012).....	203
2.4.4.4. Campagne sismique (2012) .....	208
2.4.4.5. Campagne géophysique 2012 au Suriname.....	209
2.4.4.6. Campagne d'observations Créocéan (2013) .....	211
2.4.4.7. Campagne d'observations Ifremer (2016).....	213
2.4.4.8. Campagne d'observations, Ifremer (2016).....	214
2.4.4.9. Synthèse sur les cétacés .....	216
<b>2.5. Patrimoine et services et fonctionnalités écosystémiques .....</b>	<b>221</b>
2.5.1. Patrimoine naturel .....	221
2.5.1.1. Les ZNIEFF .....	221
2.5.1.2. Les espèces inscrites sur les listes UICN .....	223

2.5.2. Fonctionnalités .....	224
2.5.3. Services écosystémiques .....	225
2.5.3.1. Services de support et de régulation .....	225
2.5.3.2. Services d'approvisionnement .....	225
2.5.3.3. Services culturels .....	226
<b>2.6. Bilan .....</b>	<b>227</b>
<b>3. Matériel et méthode .....</b>	<b>230</b>
<b>3.1. Programme d'étude .....</b>	<b>230</b>
3.1.1. Objectifs de l'étude .....	230
3.1.2. Stratégie d'échantillonnage globale .....	231
3.1.3. Stratégie d'échantillonnage par secteur .....	232
3.1.3.1. Effort d'échantillonnage sur le rebord du plateau continental .....	232
3.1.3.2. Effort d'échantillonnage sur le secteur de Nasua .....	232
3.1.3.3. Effort d'échantillonnage sur le secteur de GM-ES .....	233
<b>3.2. Organisation générale .....</b>	<b>234</b>
3.2.1. Navire océanographique <i>R/V Proteus</i> .....	234
3.2.1.1. Équipements du navire .....	235
3.2.1.2. Systèmes de positionnement du navire .....	235
3.2.1.3. Systèmes de connexion internet .....	236
3.2.1.4. Équipements de levage .....	236
3.2.2. Le catamaran <i>Guyavoile</i> .....	237
3.2.3. Personnel scientifique et technique .....	238
3.2.3.1. Campagnes 2017 .....	238
3.2.3.2. Campagnes MMO 2018 .....	241
3.2.4. Calendrier des opérations .....	242
3.2.5. Bilan HSSE .....	244
3.2.5.1. Évènement HSSE .....	244
3.2.5.2. Indicateurs de performance du système de management de la sécurité .....	244
<b>3.3. Matériel et méthode de prélèvement et d'analyse .....</b>	<b>245</b>
3.3.1. Positionnement des équipements .....	245
3.3.2. Colonne d'eau .....	246
3.3.2.1. Échantillons d'eau et profils verticaux .....	246
3.3.2.2. Prélèvement de plancton .....	254
3.3.3. Etude du rebord du plateau continental .....	259
3.3.3.2. Acquisition photo et vidéo .....	265
3.3.3.3. Prélèvement de macrofaune épibenthique .....	269
3.3.4. Compartiment sédiment meuble profond .....	273
3.3.4.1. Prélèvement de sédiment superficiel .....	273
3.3.4.2. Prélèvement de macrofaune benthique .....	284



3.3.4.3. Acquisition photo et vidéo .....	286
3.3.4.3.1. Équipement et mode opératoire .....	286
3.3.5. Mégafaune marine.....	289
3.3.5.1. Observations visuelles de la mégafaune .....	289
3.3.5.2. Détections acoustiques des mammifères marins.....	290
<b>4. Résultats .....</b>	<b>293</b>
<b>4.1. La colonne d'eau .....</b>	<b>293</b>
4.1.1. Stratification verticale de la colonne d'eau .....	295
4.1.1.1. Profils verticaux de température, de densité et de salinité.....	295
4.1.1.2. Stratification verticale des masses d'eau .....	296
4.1.1.3. Teneur en oxygène.....	297
4.1.1.4. Turbidité et matières en suspension .....	298
4.1.1.5. pH .....	299
4.1.2. Nutriments .....	299
4.1.3. Métaux .....	300
4.1.4. Hydrocarbures .....	301
4.1.4.1. Hydrocarbures Totaux (C10-C40).....	301
4.1.4.2. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).....	301
4.1.5. Composés volatils .....	301
4.1.6. Plancton (zooplancton et phytoplancton) .....	301
4.1.6.1. Biomasse chlorophyllienne.....	301
4.1.6.2. Analyse qualitative des peuplements .....	303
4.1.6.3. Analyse quantitative des peuplements.....	310
4.1.7. Synthèse.....	316
<b>4.2. Les fonds marins.....</b>	<b>318</b>
4.2.1. Les habitats mésophotiques à l'extrémité du plateau continental.....	318
4.2.1.1. Contexte .....	318
4.2.1.2. Rappel de l'organisation des campagnes 2017 .....	318
4.2.1.3. Cartographie et caractérisation morpho-sédimentaire des habitats mésophotiques .....	320
4.2.1.4. Richesse biologique des habitats mésophotiques .....	334
4.2.1.5. Pour une meilleure compréhension de l'origine et la richesse biologique des substrats mésophotiques .....	356
4.2.2. Les fonds meubles profonds (talus et plaine abyssale).....	366
4.2.2.1. Compartiment sédimentaire .....	368
4.2.2.2. Macrofaune benthique profonde .....	390
4.2.2.3. Pour une meilleure compréhension de la dynamique du système sédiment/benthos.....	410
<b>4.3. La mégafaune .....</b>	<b>433</b>
4.3.1. Effort et condition d'observation .....	433
4.3.1.1. Effort d'observation.....	433

4.3.1.2. Conditions d'observation .....	435
4.3.2. L'ichtyofaune et ressources halieutiques .....	436
4.3.2.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017 .....	436
4.3.2.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018.....	436
4.3.3. Les tortues .....	438
4.3.3.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017 .....	438
4.3.3.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018.....	438
4.3.4. Les mammifères marins .....	440
4.3.4.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017 .....	440
4.3.4.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018.....	450
4.3.4.3. Synthèse sur les mammifères marins .....	467
4.3.5. Les oiseaux .....	471
4.3.5.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017 .....	471
4.3.5.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018.....	474
4.3.5.3. Synthèse sur les oiseaux .....	478
<b>4.4. Activités humaines.....</b>	<b>480</b>
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>484</b>
<b>5.1. Synthèse générale.....</b>	<b>484</b>
<b>5.2. Estimation des enjeux écologiques et de la sensibilité des habitats .....</b>	<b>486</b>
5.2.1. Les principales composantes prises en compte .....	486
5.2.2. Autres composantes.....	486
5.2.3. Synthèses de l'évaluation des sensibilités .....	488
<b>6. Références bibliographiques .....</b>	<b>489</b>
<b>7. Annexes.....</b>	<b>499</b>
<b>7.1. Annexe 4.1 – le plancton.....</b>	<b>499</b>
<b>7.2. Annexe 4.2 – le sédiment.....</b>	<b>499</b>

## Liste des figures

Figure 1. Localisation de la zone d'étude élargie .....	26
Figure 2. Localisation des zones étudiées lors des campagnes Créocéan .....	29
Figure 3. Caractéristiques et fonctionnalités des masses d'eau et écosystèmes marins guyanais .....	31
Figure 4. Localisation des stations météorologiques en Guyane .....	32
Figure 5. Le climat en Guyane – moyenne de 1971 à 2000 .....	33
Figure 6. Températures minimales et maximales moyennes à Cayenne (1981-2010) .....	34
Figure 7. Moyenne mensuelle des températures en Guyane pour l'année 2017 .....	34
Figure 8. Pluviométrie moyenne en Guyane de 1981 à 2010.....	35
Figure 9. Précipitations mensuelles en Guyane en 2017.....	35
Figure 10. Insolation moyenne en Guyane de 1981 à 2010 .....	36
Figure 11. Direction du vent à Cayenne (moyenne sur une année) .....	36
Figure 12. Vitesse moyenne du vent à 10 m au-dessus du niveau du sol (km/h) .....	37
Figure 13. Evolution de la température moyenne en Guyane entre 1955 et 2009 .....	38
Figure 14. Embouchures des fleuves de Guyane .....	39
Figure 15. Rose des houles au large de la Guyane (moyenne sur la période 1992 à 2004) .....	41
Figure 16. Direction et hauteur de houle moyenne depuis Août 2013 sur le secteur de Kourou .....	41
Figure 17. Circulation hydrodynamique en Guyane.....	43
Figure 18. Répartition des points utilisés pour l'analyse des courants (en m/s) du modèle MERCATOR .....	44
Figure 19. Vitesse moyenne du courant (m/s) en mai 1995 .....	45
Figure 20. Vitesse moyenne du courant (m/s) en décembre 1997 .....	46
Figure 21. Vitesse moyenne du courant (m/s) en décembre 2002 .....	47
Figure 22. Vitesse moyenne du courant (m/s) en octobre 2010 .....	48
Figure 23. Géologie de la Guyane – zone terrestre .....	50
Figure 24. Cadre géologique du domaine côtier de Guyane .....	51
Figure 25. Localisation des profils de campagne GUYAPLAC .....	52
Figure 26. Mouvements sédimentaires au large du plateau continental de la Guyane .....	53
Figure 27. Bathymétrie au-delà du plateau continental guyanais .....	54
Figure 28. Bathymétrie générale de la zone d'étude élargie au sein du domaine maritime guyanais..	55
Figure 29. Carte G du SHOM, géologie de surface du domaine maritime guyanais .....	57
Figure 30. Physiographie d'un canyon sous-marin et système sédimentaire clastique associé .....	58
Figure 31. Echelle qualitative des niveaux de bruits sous-marins émis à un mètre dans une bande basse fréquence de quelques kHz .....	59
Figure 32. Profils de température en mer.....	63
Figure 33. Exemples de profils de températures obtenus en 2006 et 2012-2013 à plus de 100 km au large de la Guyane .....	64
Figure 34. Salinité de surface à l'île Royale - Septembre 1998 à Octobre 1999 .....	66
Figure 35. Salinité de surface (PSU) : avril et octobre .....	66
Figure 36. Influence du vent sur la salinité de surface (à gauche situation sans vent, à droite avec du vent).....	67
Figure 37. Exemples de profils de salinité obtenus en 2006 et 2012-2013 à plus de 100 km au large de la Guyane .....	67
Figure 38. Mesure de MES dans les eaux du fond sur le plateau continental.....	69
Figure 39. Matières en suspension (mg/l) dans les secteurs de Kawana et Matamata à plus de 100 km de la côte .....	69
Figure 40. Profils d'oxygène dissous au large de la côte de Guyane .....	71

Figure 41. Profils d'oxygène dissous au Sud-Ouest du permis (gauche) et sur le talus continental (droite) .....	71
Figure 42. Teneur en nitrates dans les eaux de surface .....	72
Figure 43. Teneurs en nutriments (N, P) dans les eaux du permis.....	73
Figure 44. Synthèse saisonnière des concentrations en chlorophylle-a (période 1997-2010) .....	80
Figure 45. Concentrations en pigments chlorophylliens dans les eaux du permis (2006, secteurs de Matamata et Kawana) .....	82
Figure 46. Différentes entités morphologiques étudiées.....	85
Figure 47. Plan d'échantillonnage de la campagne de prélèvements de sédiment sur le plateau continental en 2009 .....	86
Figure 48. Bathymétrie du plateau continental par extrapolation des profondeurs mesurées .....	87
Figure 49. Granulométrie des sédiments le long du plateau continental Guyanais.....	88
Figure 50. Teneur en nutriments .....	90
Figure 51. Carte du plateau continental guyanais datant de 1979 .....	92
Figure 52. Richesse spécifique en macrofaune benthique sur le plateau continental guyanais .....	96
Figure 53. Densité en macrofaune benthique sur le plateau continental guyanais .....	97
Figure 54. Stations du chalutier lors des campagnes de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012 et 2013) .....	100
Figure 55. Stations du ligneur lors des campagnes de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012 et 2013) .....	101
Figure 56. Zone d'échantillonnage lors de la campagne de pêches scientifiques Créocéan (2014)..	109
Figure 57. Localisation des zones de pêches de type chalutier (crevettiers) et ligneur (vivaneau)....	112
Figure 58. Position des stations échantillonnées lors de la campagne STUDY en 2014 (volet 2 et 3) .....	114
Figure 59. Carte du plateau amazonien présentant les méga-habitats benthiques, l'extension du panache de l'Amazon, la distribution de zones de pêche et les périodes d'observations	119
Figure 60. Carte synthétique des observations d'organismes marins et de la nature des fonds réalisées lors des campagnes de pêche au chalut (2012-2013) sur le plateau continental de la Guyane .....	122
Figure 61. Plan d'échantillonnage de l'expédition La Planète Revisitée.....	128
Figure 62. Granulométrie de sédiments sur les secteurs de Matamata et Kawana .....	130
Figure 63. Localisation des stations d'échantillonnage sur l'ensemble du PGM .....	131
Figure 64. Composition granulométrique des sédiments de la zone du permis .....	132
Figure 65. Structure des peuplements benthiques sur les secteurs de Kawana et Matamata.....	141
Figure 66. Structure du peuplement sur la zone du permis de Shell .....	143
Figure 67. Poissons observés au large de la Guyane .....	153
Figure 68. Observations de raie Manta lors des campagnes REMMOA (2008).....	158
Figure 69. Evolution des indices de pontes de tortue luth dans l'ouest et l'est guyanais depuis 2008 .....	162
Figure 70. Temps passé (en jour) par maille de 0,1°x0,1° de 10 tortues luth suivies par balises Argos durant les périodes inter-pontes.....	163
Figure 71. Suivis télémétriques de 21 tortues luths lors de leur migration pluriannuelle.....	164
Figure 72. Evolution du nombre de pontes de tortues vertes en Guyane.....	165
Figure 73. Surface utilisée par les tortues vertes pendant la période de ponte selon une méthode de Kernel. ....	165
Figure 74. Localisation des déplacements des 19 tortues vertes pendant leur migration en 2012 et 2014.....	166
Figure 75. Evolution du nombre de ponte de tortues olivâtres au Suriname et en Guyane de 1967 à 2007 .....	167
Figure 76. Evolution du nombre de pontes de tortues olivâtres en Guyane .....	167

Figure 77. Déplacements de sept tortues olivâtres après la période de ponte.....	168
Figure 78. Localisation des déplacements des 20 tortues olivâtres pendant leur migration en 2013 et 2014.....	169
Figure 79. Localisation des observations de tortues marines.....	170
Figure 80. Composition des observations d'oiseaux marins.....	177
Figure 81. Localisation des observations d'oiseaux marins.....	178
Figure 82. Densité d'observation pour la sterne fuligineuse (a), la frégate superbe (b) et la sterne grise (c).....	180
Figure 83. Effectifs des familles d'oiseaux marins recensés lors des différentes missions.....	181
Figure 84. Familles d'oiseaux marins recensées dans l'ensemble de la zone prospectées (a), sur le plateau continental (b), sur le talus (c) et dans le domaine océanique (d).....	182
Figure 85. Distribution spatiale des observations d'oiseaux marins en juillet 2011.....	183
Figure 86. Taux de rencontre d'oiseaux marins par kilomètre d'effort parcouru cumulés sur les 6 missions.....	184
Figure 87. Localisation des observations d'oiseaux lors de la campagne Créocéan 2013.....	186
Figure 88. Localisation des observations d'oiseaux lors de la campagne MARGATS.....	189
Figure 89. Localisation des observations d'oiseaux marins lors de la campagne DRADEM.....	190
Figure 90. Carte de synthèse des distributions des observations d'oiseaux marins.....	192
Figure 91. Composition des observations de cétacés.....	198
Figure 92. Distribution des observations de delphinidés (a) et de grands cétacés (b).....	199
Figure 93. Distribution des observations réalisées lors de la campagne RPS Energy 2010.....	202
Figure 94. Effectifs des familles de cétacés recensés lors des différentes missions.....	203
Figure 95. Familles de cétacés recensées dans l'ensemble de la zone prospectées (a), sur le plateau continental (b), sur le talus (c) et dans le domaine océanique (d).....	204
Figure 96. Distribution spatiale des observations de cétacés – novembre 2011.....	205
Figure 97. Points d'écoutes et espèces de cétacés détectées – mars 2012.....	206
Figure 98. Taux de rencontre des cétacés par kilomètre d'effort parcouru pour les 6 missions cumulées.....	207
Figure 99. Distribution des observations de mysticètes et cachalots lors de la campagne au Suriname.....	210
Figure 100. Distribution des observations de delphinidés lors de la campagne au Suriname.....	210
Figure 101. Localisation des observations de cétacés effectuées lors de la campagne Créocéan (2013).....	212
Figure 102. Localisation des observations de cétacés durant la campagne DRADEM.....	214
Figure 103. Distribution des observations de cétacés et tortues durant la campagne MARGATS.....	215
Figure 104. Localisation des détections acoustiques effectuées pendant la campagne MARGATS.....	216
Figure 105. Carte synthétique des distributions des observations de mammifères marins à partir des données REMMOA (2009), GEPOG (2012), Shell (2012), DRADEM (2016) et MARGATS (2016).....	218
Figure 106. Localisation des ZNIEFF.....	222
Figure 107. Positionnement USBL des outils sous-marins.....	245
Figure 108. Carte de localisation des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau (Guyane 2017).....	249
Figure 109. Stations de prélèvement du plancton au filet Bongo.....	256
Figure 110. Chambre à plaque Hydrobios© pour l'observation du phytoplancton au microscope inversé et sa colonne de sédimentation utilisée pour les échantillons d'eau.....	257
Figure 111. Carte de localisation des profils MBES et SSS.....	261
Figure 112. Profils de la sonde CTD acquis entre le 11 et le 23 novembre 2017.....	262
Figure 113. Comparaison des données sonar pour le poisson au-dessus ou sous la thermocline.....	263
Figure 114. Localisation des transects vidéo (T) et des images ponctuelles (DD) sur les fonds.....	267

Figure 115. Localisation des traits de drague en bordure du plateau continental .....	270
Figure 116. Carte avec les stations d'échantillonnage du sédiment sur Nasua et GMES.....	277
Figure 117. Un exemple d'enregistrement acoustique montrant un spectrogramme (0-100kHz) de trains de clic de delphinidés et sons tonals (carré rouge).....	292
Figure 118. Carte de localisation des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau (Guyane 2017) .....	294
Figure 119. Profils TSD (température, salinité, densité) et superposition des masses d'eau .....	296
Figure 120. Profils de saturation en oxygène.....	297
Figure 121. Profils de turbidité.....	298
Figure 122. Concentration en chlorophylle a (vert) en surface (S) et à mi-profondeur (M) et pourcentage de phéophytine a (bleu) en surface (S) et à mi-profondeur (M) sur la zone d'étude rapprochée.....	302
Figure 123. Concentration en chlorophylle a (vert) en surface (S) et à mi-profondeur (M) et pourcentage de phéophytine a (bleu) en surface (S) et à mi-profondeur (M) sur la zone GM-ES .....	303
Figure 124. Abondance (cellules/l) et composition du phytoplancton dans les échantillons d'eau ....	312
Figure 125. Abondance (individus.m <sup>-3</sup> ) et composition du zooplancton dans les échantillons de filet. Les copépodes, groupe dominant de l'holoplancton, sont distingués des autres taxons de l'holoplancton.....	315
Figure 126. Zone de cartographie des fonds marins en bordure de plateau continental (Guyane, 2017) .....	319
Figure 127. Zone des rides sédimentaires – unité morphologique 1a .....	320
Figure 128. Extrait de l'unité morphologique 1b – zone à hauts fonds .....	321
Figure 129. Extrait de l'unité morphologique 1b – rebord du 'plateau' .....	321
Figure 130. Extrait de l'unité morphologique 2.....	322
Figure 131. Extrait de l'unité morphologique 3.....	322
Figure 132. Carte bathymétrique et grandes unités morphologiques (Guyane, novembre 2017).....	323
Figure 133. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017).....	326
Figure 134. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017).....	327
Figure 135. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017).....	328
Figure 136. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017).....	329
Figure 137. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017).....	330
Figure 138. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017).....	331
Figure 139. Carte d'intensité – résultat du backscatter (Guyane, 2017).....	332
Figure 140. Faciès morpho-sédimentaires (Guyane, 2017).....	333
Figure 141. Carte de localisation des traits de drague.....	335
Figure 142. Carte de localisation des vidéos transects.....	336
Figure 143. Occurrence des coraux sur le plateau guyanais selon les campagnes du MNHN 2014 et Guyane 2017 .....	358
Figure 144. Variation du niveau marin Post-Glaciaire.....	360
Figure 145. Coupes morphologique et enregistrement des évènements géologiques.....	361
Figure 146. Carte de sensibilité du secteur en limite du plateau continental.....	365
Figure 147. Localisation des prélèvements de sédiments et benthos lors de la campagne de Guyane 2017.....	367
Figure 148. Classes granulométriques dominantes par lot de stations sur toute la zone d'étude.....	369
Figure 149. Variations spatiales des teneurs en limons sur le secteur de Nasua .....	370
Figure 150. Enrichissement des sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude .....	374
Figure 151. Variations spatiales des teneurs en éléments organiques sur le secteur de Nasua .....	375
Figure 152. Variations spatiales des teneurs en éléments nutritifs sur le secteur de Nasua .....	376

Figure 153. Concentrations en métaux lourds des sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude .....	381
Figure 154. Concentrations en baryum, plomb et zinc sur les secteurs GMES.....	382
Figure 155. Variations spatiales des concentrations en baryum sur le secteur Nasua .....	383
Figure 156. Focus sur les teneurs en hydrocarbures totaux et en alcènes du secteur GM-ES-3R....	384
Figure 157. Concentrations en HAP dans les sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude .....	387
Figure 158. Concentrations en HAP sur les secteurs GM-ES-2 et GM-ES-3R .....	387
Figure 159. Concentrations en alcènes sur les stations du secteur GM-ES-3R.....	388
Figure 160. Concentrations en bactéries des sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude .....	389
Figure 161. Concentrations en bactéries sur les secteurs GM-ES-2 et GM-ES-3R .....	389
Figure 162. Variations de la structure des peuplements benthiques entre les lots de stations .....	391
Figure 163. Variations spatiales des composantes biologiques du benthos sur le secteur de Nasua	392
Figure 164. Indice de diversité de Shannon sur les secteurs GMES.....	393
Figure 165. Variations des indices biologiques entre les lots de stations.....	394
Figure 166. Variations spatiales de l'indice de Shannon sur le secteur de Nasua .....	395
Figure 167. Contributions respectives (en %) des groupes taxonomiques aux densités et biomasses totales sur le secteur Nasua .....	396
Figure 168. Contributions respectives (en %) des groupes taxonomiques aux densités et biomasses totales sur le secteur GMES .....	399
Figure 169. Résultat de la première ACP sur un grand nombre de paramètres.....	415
Figure 170. Résultats de l'ACP sur les descripteurs du sédiment .....	416
Figure 171. Résultats de l'ACP sur les descripteurs du benthos .....	419
Figure 172. Résultats de l'ACP sur les densités des espèces .....	421
Figure 173. Résultats de l'ACC sur les caractéristiques des sédiments croisées avec les densités des espèces .....	422
Figure 174. Relation entre les abondances d'Anobothrus et les concentrations en arsenic .....	423
Figure 175. Calendrier des campagnes sur GMES depuis 2012.....	424
Figure 176. Principales classes granulométriques au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES .....	425
Figure 177. Enrichissement des sédiments au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES .....	426
Figure 178. Concentrations en métaux au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES .....	428
Figure 179. Concentrations en hydrocarbures au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES .....	430
Figure 180. Structure du peuplement benthique au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES .....	431
Figure 181. Indices de diversité et indice trophique au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES .....	432
Figure 182. Effort d'observation réalisé lors des campagnes d'octobre-novembre (en rose : campagne du 21/10 au 03/11, en violet : campagne du 9/11 au 24/11).....	434
Figure 183. Effort d'observation visuelle effectué pendant les campagnes de janvier (bleu), février (rose), mars (vert), avril (orange) et mai (noir) .....	434
Figure 184. Localisation de l'effort acoustique réalisé pendant les campagne de janvier (bleu), février (rose), mars (vert), avril (orange) et mai (noir) .....	435
Figure 185. Conditions générales d'observations rencontrées lors de la campagne d'octobre-novembre (A) et lors des campagnes de janvier à mai (B).....	435
Figure 186. Distribution spatiale des observations de poissons lors des campagnes de janvier à mai 2018.....	437

Figure 187. Distribution des observations de tortues marines lors des campagnes 2017 .....	439
Figure 188. Distribution des observations de mammifères marins lors de la campagne Guyane (2017-2018).....	445
Figure 189. Spectrogramme (0-100kHz) de trains de clic de delphinidés et sons tonals (carré rouge) .....	447
Figure 190. Localisation de l'effort et des détections acoustiques (2017) .....	448
Figure 191. Spectrogramme (0-18kHz) de la détection n°1 (les sifflements de dauphins dans la boîte rouge) .....	449
Figure 192. Cétacés observés de janvier à mai .....	459
Figure 193. Taille des groupes de cétacés observés de janvier à mai .....	459
Figure 194. Taux de rencontre des cétacés de janvier à mai 2018 .....	460
Figure 195. Spectrogramme (0-24kHz) de sifflements et buzzes de delphinidés.....	462
Figure 196. Spectrogramme de delphinidés (0-48kHz) indiquant une période d'activité intense .....	463
Figure 197. Spectrogramme (0-12.5 kHz) de mugissements de baleine à bosse (cadre rouge) et de trains de clicks de delphinidés (cadre jaune) .....	464
Figure 198. Spectrogramme (0-48kHz) de clicks de baleine à bec lors de la campagne de mars.....	464
Figure 199. Taux de rencontre acoustique pour les campagnes de janvier à mai .....	465
Figure 200. Durée des détections pour les campagnes de janvier à mai .....	466
Figure 201. Durée des détections par rapport à la durée des enregistrements.....	466
Figure 202. Distribution spatiale des observations de mammifères marins lors des campagnes 2018 .....	468
Figure 203. Localisation des détections acoustiques effectuées durant les campagnes de janvier à mai .....	470
Figure 204. Distribution des observations d'oiseaux lors des campagne 2017 .....	473
Figure 205. Familles d'oiseaux marins observées de janvier à mai.....	476
Figure 206 Tailles de groupes observées chez les oiseaux de janvier à mai.....	477
Figure 207. Taux de rencontre en nombre d'observation et nombre d'individus des oiseaux de janvier à mai .....	478
Figure 208. Distribution spatiale des observations d'oiseaux marins lors des campagnes de 2018..	479
Figure 209. Distribution spatiales des observations d'activités humaines sur la zone .....	480



## Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des campagnes océanographiques réalisées par Créocéan .....	27
Tableau 2. Ordre de grandeur des différentes sources de bruits anthropiques en milieu marin .....	60
Tableau 3. Sources bibliographiques principales de la température de l'eau de mer au large de la Guyane .....	63
Tableau 4. Sources bibliographiques principales de la salinité au large de la Guyane .....	65
Tableau 5. Sources bibliographiques principales des teneurs en matières en suspension au large de la Guyane .....	68
Tableau 6. Concentration en matières en suspension et turbidité dans les eaux du permis.....	70
Tableau 7. Valeurs moyennes en nutriments (N, P) dans les eaux du permis (Créocéan, 2013).....	74
Tableau 8. Concentrations moyennes en éléments traces métalliques dans les eaux du permis en 2013.....	75
Tableau 9. Sources bibliographiques principales des concentrations en chlorophylle au large de la Guyane .....	78
Tableau 10. Valeurs moyennes en pigments chlorophylliens dans les eaux du permis.....	81
Tableau 11. Seuils de qualité pour les nutriments dans les sédiments .....	89
Tableau 12. Sources bibliographiques relatives à la macrofaune benthique sur le plateau continental Guyanais.....	92
Tableau 13. Synthèse des taxons identifiés sur le plateau continental guyanais .....	93
Tableau 14. Espèces caractéristiques des fonds meubles guyanais ( ) .....	94
Tableau 15. Indicateurs caractérisant les peuplements benthiques du plateau continental.....	95
Tableau 16. Sources bibliographiques des espèces halieutiques sur le plateau continental .....	98
Tableau 17. Espèces de poissons inféodés aux substrats durs .....	99
Tableau 18. Liste des espèces de poissons identifiées sur le plateau continental Guyanais lors de la campagne de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012 et 2013) .....	103
Tableau 19. Synthèse des valeurs d'indices de diversité des peuplements de poissons lors de pêche au chalut .....	104
Tableau 20. Occurrences des espèces occasionnelles – recensées au moins une fois lors des 3 campagnes de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012-2013) .....	105
Tableau 21. Effectifs totaux des 14 espèces les plus abondantes échantillonnées lors des 3 campagnes de pêche scientifiques .....	106
Tableau 22. Extrait des abondances relatives (%) des espèces échantillonnées au chalut constituant la majorité de l'abondance en 2012 et 2013 .....	107
Tableau 23. Seuils de qualité pour les nutriments dans les sédiments .....	132
Tableau 24. Teneurs en matière organique volatile exprimé en % m/m dans les sédiments dans la zone du permis .....	133
Tableau 25. Teneurs en carbone organique exprimé en % m/m dans les sédiments marins dans la zone du permis .....	133
Tableau 26. Teneurs en azote Kjeldahl exprimé en % m/m dans les sédiments dans la zone du permis .....	134
Tableau 27. Teneurs en phosphore exprimées en mg/kg dans les sédiments dans la zone du permis .....	134
Tableau 28. Valeurs de référence de contamination des sédiments par les métaux lourds .....	135
Tableau 29. Valeurs repères pour les teneurs en hydrocarbures dans les sédiments (suivi REPOM) .....	135
Tableau 30. Teneurs en métaux lourds des sédiments des secteurs Kawana et Matamata .....	136
Tableau 31. Teneurs en métaux dans les sédiments dans la zone du permis .....	137
Tableau 32. Teneurs en hydrocarbures aliphatique et aromatiques polycycliques dans les sédiments du permis .....	138

Tableau 33. Comparaison des teneurs en métaux lourds et en hydrocarbures avec d'autres sites profonds.....	138
Tableau 34. Bilan des études relatives à la macrofaune benthique en Guyane.....	139
Tableau 35. Résultat de l'étude du benthos sur la zone du permis de Shell.....	142
Tableau 36. Densités et indices de diversité des foraminifères des deux premiers centimètres de sédiment en avril 2013.....	148
Tableau 37. Effectifs, biomasses et densités de poissons sur les secteurs de Matamata et Kawana.....	151
Tableau 38. Liste des poissons du plateau continental et du domaine abyssal.....	157
Tableau 39. Total des observations de poissons pélagiques.....	159
Tableau 40. Statut de conservations des espèces de tortues marines présentes en Guyane.....	161
Tableau 41. Tendances démographiques des espèces de tortues marines présentes en Guyane... ..	161
Tableau 42. Période de ponte des tortues marines en Guyane.....	161
Tableau 43. Total des observations de tortues marines.....	170
Tableau 44. Estimation d'abondance pour les principales espèces observées.....	170
Tableau 45. Liste et statut tortues observées dans la zone ZEE de Guyane française.....	171
Tableau 46. Statuts UICN des oiseaux de Guyane.....	173
Tableau 47. Total des observations d'oiseaux marins.....	178
Tableau 48. Espèces d'oiseaux observées lors de la campagne 2013.....	185
Tableau 49. Espèces d'oiseaux et autres animaux marins observées lors de la campagne MARGATS.....	188
Tableau 50. Espèces d'oiseaux observées durant la campagne DRADEM.....	190
Tableau 51. Principales espèces d'oiseaux marins observés dans les eaux guyanaises.....	193
Tableau 52. Autres espèces d'oiseaux présents en Guyane : les espèces rares ou exclusivement côtières.....	194
Tableau 53. Récapitulatif des données existantes sur la zone.....	196
Tableau 54. Observations de cétacés réalisées dans le cadre de la campagne REMMOA (2009).....	197
Tableau 55. Estimation d'abondance pour les principales espèces observées.....	200
Tableau 56. Espèces de cétacés observées durant la campagne Hardman (2010).....	201
Tableau 57. Espèces de cétacés observées visuellement lors de la campagne Shell en 2012.....	208
Tableau 58. Cétacés détectés acoustiquement lors de la campagne Shell en 2012.....	208
Tableau 59. Espèce de cétacés observés pendant la campagne au Suriname.....	209
Tableau 60. Espèces de cétacés observées en 2013.....	211
Tableau 61. Espèces de cétacés observés pendant la campagne DRADEM.....	213
Tableau 62. Espèces de cétacés observées durant la campagne MARGATS.....	215
Tableau 63. Récapitulatif des principales espèces de mammifères marins observés en Guyane.....	219
Tableau 64. Liste des espèces de mammifères marins potentiellement présent en Guyane mais non encore observés ou formellement identifiés.....	220
Tableau 65. Proposition de valeurs de référence d'après les données issue de la bibliographie.....	229
Tableau 66. Stratégie d'échantillonnage globale par compartiment.....	231
Tableau 67. Effort d'échantillonnage sur le récif mésophotique.....	232
Tableau 68. Effort d'échantillonnage sur Nasua.....	233
Tableau 69. Effort d'échantillonnage sur le secteur GM-ES.....	234
Tableau 70. Caractéristiques du navire R/V Proteus.....	235
Tableau 71. Personnel technique et scientifique – leg 1.1.....	239
Tableau 72. Equipes d'observateurs de mégafaune marine.....	239
Tableau 73. Personnel technique et scientifique - leg 2.....	240
Tableau 74. Personnel technique et scientifique - leg 3.....	241
Tableau 75. Composition des équipes embarquées sur les différentes campagnes.....	241

Tableau 76. Calendrier des campagnes .....	243
Tableau 77. Indicateurs clés de performance pour l'ensemble de la campagne.....	244
Tableau 78. Coordonnées des stations de prélèvement d'eau.....	248
Tableau 79. Analyses pratiquées sur les échantillons d'eau de mer.....	250
Tableau 80. Référentiel Européen (Arrêté du 25 janvier 2010) .....	252
Tableau 81. Normes de Qualité Environnementale pour les éléments traces métalliques dans la colonne d'eau .....	253
Tableau 82. Normes de Qualité Environnementale pour les HAP dans la colonne d'eau.....	253
Tableau 83. Valeur de NQE pour les molécules de BTEX dans l'eau .....	254
Tableau 84. Effort d'échantillonnage du filet Bongo.....	256
Tableau 85. Liste des équipements et caractéristiques principales.....	259
Tableau 86. Résumé de l'acquisition .....	260
Tableau 87. Description des caméras photographiques et vidéo .....	265
Tableau 88. Coordonnées géographiques des observations vidéo du leg 3.....	266
Tableau 89. Coordonnées géographiques des traits de drague - Récif mésophotique.....	271
Tableau 90. Coordonnées des stations de prélèvement – Zone NASUA.....	275
Tableau 91. Coordonnées des stations de prélèvement – Zone GM-ES .....	276
Tableau 92. Analyses pratiquées sur les échantillons d'eau de mer.....	279
Tableau 93. Définitions granulométriques selon Bellair et Pomerol (1977).....	280
Tableau 94. Faciès sédimentaire d'après Larssonneur (1977).....	280
Tableau 95. Valeurs de référence et classe d'enrichissement organique du sédiment (Alzieu, 2003) et échelle d'indice d'enrichissement organique (IEO) .....	281
Tableau 96. Valeurs de référence pour estimer l'enrichissement organiques à partir du rédox.....	282
Tableau 97. Seuils réglementaires et valeurs comparatives utilisées pour interpréter la contamination métallique dans les sédiments .....	282
Tableau 98. NQE ou seuil réglementaire pour les molécules de HAP dans les sédiments .....	283
Tableau 99. Valeur seuil pour les molécules de BTEX dans les sédiments .....	283
Tableau 100. Description des caméras photographiques et vidéo .....	288
Tableau 101. Coordonnées début et fin des transects vidéo – Zone Nasua .....	288
Tableau 102. Mesures de pH dans la colonne d'eau sur la zone NASUA.....	299
Tableau 103. Mesures de pH dans la colonne d'eau sur la zone GM-ES. ....	299
Tableau 104. Valeurs mesurées pour les éléments nutritifs et valeurs de référence .....	300
Tableau 105. Nombre de taxons observés dans les principaux groupes du phytoplancton en octobre et en décembre 2017 et pourcentages par rapport au total .....	303
Tableau 106. Liste des taxons du phytoplancton observés dans les échantillons d'eau et de filet en octobre et décembre 2017.....	304
Tableau 107. Nombre de taxons observés et pourcentages relatifs pour les principaux groupes du phytoplancton dans les deux secteurs de prélèvement, Nasua et GMES, .....	307
Tableau 108. Liste des taxons du zooplancton observé dans l'ensemble des prélèvements .....	308
Tableau 109. Nombre de taxons de l'holoplancton et du méroplancton observés dans les 6 échantillons de filet et pourcentages relatifs .....	310
Tableau 110. Liste des taxons abondants dans les échantillons de filet (abondance relative supérieure ou égale à 3).....	311
Tableau 111. Abondance et pourcentage relatif des principales classes du phytoplancton dans les échantillons d'eau .....	312
Tableau 112. Abondance (nombre d'individus par m <sup>3</sup> ), composition du zooplancton et distinction entre holoplancton et méroplancton (en valeurs et en pourcentages) dans les deux secteurs, Nasua et GMES, en octobre et décembre 2017 .....	314
Tableau 113. Description des faciès morpho-sédimentaires .....	325

Tableau 114. Evaluation de la sensibilité en fonction des géomorphotypes échantillonnés .....	363
Tableau 115. Evaluation de la sensibilité en fonction des géomorphotypes non échantillonnés .....	363
Tableau 116. Scores de sensibilité attribués au faciès sédimentaire en fonction des observations biologiques.....	364
Tableau 117. Répartition granulométrique moyenne des échantillons de la zone d'étude rapprochée .....	369
Tableau 118. Répartition granulométrique moyenne des échantillons de la zone GM-ES (Zone d'étude élargie).....	369
Tableau 119. Valeurs de référence et classe d'enrichissement organique du sédiment.....	372
Tableau 120. Echelle d'indice d'enrichissement organique ( ).....	372
Tableau 121. Teneurs moyennes en éléments nutritifs sur la zone d'étude rapprochée .....	372
Tableau 122. Teneurs moyennes en éléments nutritifs sur la zone d'étude élargie (site GM-ES).....	373
Tableau 123. Concentrations moyennes et écart-types en métaux traces dans les sédiments de la zone d'étude rapprochée .....	377
Tableau 124. Concentrations moyennes en métaux traces dans les sédiments de la zone d'étude élargie .....	379
Tableau 125. Concentrations moyennes en hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments de la zone d'étude rapprochée .....	385
Tableau 126. Concentrations moyennes en hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments de la zone d'étude éloignée (site GM-ES) .....	386
Tableau 127. Descripteurs de la structure du peuplement benthique par lot de stations.....	390
Tableau 128. Descripteurs de la structure du peuplement benthique .....	393
Tableau 129. Liste des espèces dominantes en termes d'abondances et de biomasses sur NASUA .....	398
Tableau 130. Liste des espèces dominantes en termes d'abondances et de biomasses sur GMES	400
Tableau 131. Observation de la faune benthique sur Nasua par vidéo-caméra.....	402
Tableau 132. Observation de la faune benthique sur les transects vidéo .....	408
Tableau 133. Observation de la faune benthique sur GMES par vidéo-caméra .....	409
Tableau 134. Observation de poissons pélagiques durant les campagnes d'octobre-novembre 2017 .....	436
Tableau 135. Observation de poissons pélagiques durant les campagnes de janvier à mai 2018....	437
Tableau 136. Espèces de tortues marines observées durant les campagnes 2017 .....	438
Tableau 137. Récapitulatif des espèces de cétacés observés durant la campagne d'octobre 2017 .	441
Tableau 138. Récapitulatif des espèces de cétacés observés durant la campagne de novembre 2017 .....	442
Tableau 139. Observations de cétacés effectuées sur la zone restreinte et le talus (2017) .....	444
Tableau 140. Résumé de l'effort d'acquisition acoustique .....	446
Tableau 141. Détections acoustiques effectuées lors de la campagne.....	446
Tableau 142. Effort d'enregistrement acoustique (décembre 2017).....	449
Tableau 140. Détections de cétacés lors de la campagne de (décembre 2017).....	449
Tableau 144. Observations des mammifères marins.....	451
Tableau 145. Détections acoustiques de cétacés lors des campagnes de janvier à mai.....	461
Tableau 146. Espèces d'oiseaux observées durant les campagnes d'octobre-novembre 2017 .....	472
Tableau 147. Observations d'oiseaux durant les campagnes de janvier à mai 2018.....	474
Tableau 148. Observations de navires durant les campagnes de janvier à mai. Les lignes en grisé représentent les navires détectés hors effort d'observation (au radar).....	481
Tableau 149. Sensibilité des composantes environnementales au niveau de la zone du projet.....	488

## Liste des planches photos

Photos 1. Panache turbide de l'Amazone .....	30
Photos 2. Exemples de diatomées observées en Guyane dans les eaux littorales .....	77
Photos 3. Exemples de diatomées observées en Guyane dans les eaux du plateau continental.....	77
Photos 4. Exemple d'espèces de plancton fréquentes en Guyane .....	83
Photos 5. Espèces d'acoupa pêchées (de haut en bas) A. aile-courte, A. chasseur, A. mongolare, A. aiguille, A. tonquiche .....	111
Photos 6. Exemples de poissons récifaux pêchés à la limite du plateau continental .....	124
Photos 7. Langouste des caraïbes ( <i>Panulinus argus</i> ) et grande cigale des mers ( <i>Scyllarides latus</i> )	125
Photos 8. Crabes et araignées non identifiés.....	125
Photos 9. Quelques exemples d'organismes benthiques récoltés lors des campagnes d'échantillonnage .....	126
Photos 10. Refus de chaluts sur le secteur où la présence d'éponges a été identifiée.....	127
Photos 11. Exemple d'organismes observés sur le talus continental .....	145
Photos 12. Exemple d'organismes observés sur les fonds abyssaux .....	146
Photos 13. Photographies des espèces majeures de foraminifères (>5%) identifiées aux 22 sites ..	149
Photos 14. Poissons chalutés sur les secteurs de Kawana et Matamata.....	152
Photos 15. Tortue luth .....	160
Photos 16. Tortue olivâtre .....	160
Photos 17. Tortue verte .....	161
Photos 18. Frégates superbes .....	172
Photos 19. Puffin cendré .....	172
Photos 20. Grand dauphin (à gauche) et dauphins tachetés pantropicaux (à droite) .....	195
Photos 21. Navire de recherche R/V Proteus .....	235
Photos 22. Équipements de positionnement.....	236
Photos 23. Équipements de levage.....	237
Photos 24. Le catamaran Guyavoile basé à Kourou, Guyane. ....	238
Photos 25. Equipements pour le prélèvement d'eau et les profils dans la colonne d'eau .....	247
Photos 26. Collecte du plancton avec le filet Bongo .....	255
Photos 27. Système de vidéo sous-marine.....	268
Photos 28. Collecte de la faune benthique avec la drague Warén .....	269
Photos 29. Prélèvement des sédiments.....	274
Photos 30. Equipement de filtration et mode opératoire d'échantillonnage du peuplement macrobenthique .....	284
Photos 31. Carottier-boîte équipé du système de caméra vidéo déclenchée par la pression.....	286
Photos 32. Système de vidéo sous-marine.....	287
Photos 33. Mode opératoire des observations par les MMO .....	289
Photos 34. Enregistreur acoustique RS-ORCA avec hydrophone sécurisé .....	290
Photos 35. Opérations de mise à l'eau, retrait et nettoyage de l'enregistreur acoustique RS-ORCA	291
Photos 36. Tripos vultur, dinoflagellé s'associant souvent en chaînes pouvant compter plus de 10 individus. Loupe binoculaire Leica S9i, 80X.....	305
Photos 37. <i>Gephyrocapsa oceanica</i> , coccolithophoracée fréquente dans le plancton océanique, (MEB, 10000 X) .....	306
Photos 38. Zoé de crabe, dinoflagellé s'associant souvent en chaînes pouvant compter plus de 10 individus (Loupe binoculaire Leica S9i, 80X) .....	309
Photos 39. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T01 .....	337
Photos 40. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T02 .....	337
Photos 41. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T03 .....	338

Photos 42. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T04 .....	339
Photos 43. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T05 .....	339
Photos 44. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T07 .....	340
Photos 45. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T09 .....	341
Photos 46. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T10 .....	341
Photos 48. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T11 .....	342
Photos 49. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T12 .....	342
Photos 50. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T13 .....	343
Photos 51. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T14 .....	343
Photos 52. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T15 .....	344
Photos 53. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T27 .....	344
Photos 54. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T28 .....	345
Photos 55. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T26 .....	345
Photos 56. Observations du fond marin et animaux marins associés sur DD06 .....	346
Photos 57. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T16 .....	346
Photos 58. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T17 .....	347
Photos 59. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T18 .....	347
Photos 60. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T19 .....	348
Photos 61. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T25 .....	349
Photos 62. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T20 .....	349
Photos 63. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T21 .....	350
Photos 64. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T22 .....	350
Photos 65. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T23 .....	351
Photos 66. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T24 .....	351
Photos 67. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T29 .....	352
Photos 68. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T29 .....	352
Photos 69. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T32 .....	353
Photos 70. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T33 .....	353
Photos 71. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T35 .....	354
Photos 72. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T36 .....	354
Photos 73. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T37 .....	355
Photos 74. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T38 .....	355
Photos 75. Observations du fond marin et animaux marins associés sur DD05 .....	356
Photos 76. Photo de l'aspect typique des plusieurs espèces dominantes .....	397
Photos 77. Illustration de l'abondance de l'holothurie (cf. Benthodytes sp.) sur la station ST54 .....	401
Photos 78. Meilleures vues des principales espèces rencontrées. ....	413
Photos 79. Vrille de dauphin à long bec (à gauche) et caudale de cachalot (à droite).....	443
Photos 80. Baleine à bosse.....	443
Photos 81. Dauphin commun du 8 janvier, 18h22 .....	452
Photos 82. Dauphins tachetés pantropicaux du 10 janvier, 13h31 .....	453
Photos 83. Dauphins tachetés pantropicaux observés le 18 avril 2018 à 13h35 .....	453
Photos 84. Sotalie observée le 12 janvier à 17h04 .....	454
Photos 85. Grands dauphins observés le 6.03.2018 à 10h48 .....	454
Photos 86. Grand dauphin observé le 21.05.2018 à 20h20.....	455
Photos 87. Groupe de cachalots observé le 06 Février à 10h40 .....	455
Photos 88. Stenella frontalis observé le 05 mars à 19h54.....	456
Photos 89. Globicephala macrorhynchus observés le 19.04.2018 à 14h03.....	456

Photos 90. <i>Feresa attenuata</i> observés le 7 mars à 11h .....	457
Photos 91. <i>Peponocephala electra</i> observés le 22.05.2018 à 17h11.....	458
Photos 92. Sterne pierregarin ( <i>Sterna hirundo</i> ), puffin cendré ( <i>Calonectris diomedea</i> ) et héron garde-bœufs ( <i>Bubulcus ibis</i> ).....	471
Photos 93. Illustrations d'oiseaux observés durant les campagnes saisonnières 2018 .....	475
Photos 94. Illustrations de bateaux observés pendant les campagnes de 2018.....	483

## Glossaire

**AAMP** : Agence des Aires Marines Protégées.

**AFB** : Agence Française pour la Biodiversité.

**Anthropique** : lié aux activités humaines.

**Ar** : Argent.

**As** : Arsenic.

**Avifaune** : désigne l'ensemble des oiseaux en un lieu donné.

**BEE** : Bon Etat Ecologique.

**Benthique** : Qui a trait au benthos, c'est-à-dire aux organismes vivants à la surface et/ou des sédiments.

**Bioaccumulation** : Accumulation dans le temps d'une substance dans les tissus d'un organisme, qui ne peut pas être excrétée.

**Biocénose** : Ensemble des organismes vivants (animaux et végétaux) occupant un écosystème donné. Le groupement de ces êtres vivants est caractérisé par une composition spécifique et par l'existence de phénomènes d'interdépendances. Elle évolue dans le temps. C'est la composante vivante de l'écosystème.

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

**CANDHIS** : Centre d'Archivage National de Données de Houle In-Situ

**CH<sub>4</sub>** : Méthane.

**CHICO** : Campagne océanographique française – IRD : Physique et chimie côtière en Guyane.

**CITES** : La Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, connue par son sigle CITES ou encore comme la Convention de Washington, est un accord international entre Etats. Elle a pour but de veiller à ce que le commerce international des spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie des espèces auxquelles ils appartiennent.

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone.

**COT** : Carbone Organique Total.

**Cr** : Chrome.

**Cu** : Cuivre.

**DAE** : Déchets d'Activités Economiques.

**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau.

**DCSMM** : Directive Cadre et Stratégie du Milieu Marin.

**DDTM** : Direction Départementale des Territoires et de la Mer.

**DEAL** : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

**DRADEM** : Campagne de cartographie de la pente continentale au nord du plateau de Demerara.

**Eaux côtières** : Eaux de surface maritimes situées entre la côte et une distance d'un mille marin en mer. Au-delà, ce sont les eaux territoriales.



**Eaux de transition** : Portion de cours d'eau influencée par la marée. Eaux de surface situées à proximité des embouchures de rivières, qui sont partiellement salines en raison de leur proximité des eaux côtières mais qui restent fondamentalement influencées par des courants d'eau.

**Enjeu** : Un enjeu est caractérisé par la valeur intrinsèque de la composante environnementale, indépendamment des caractéristiques du projet. Les principaux enjeux correspondent aux éléments de l'environnement perçus comme les plus sensibles (zone urbanisée, nappe souterraine, biodiversité forte...).

**Espèce** : L'ensemble des individus ayant en commun des caractères morphologiques et physiologiques héréditaires, capables de se reproduire entre eux, en engendrant des individus féconds.

**Eutrophisation** : Développement anarchique de végétaux (algues notamment) suite à des excès d'apports de substances nutritives essentiellement le phosphore et l'azote qui constituent un véritable engrais pour les plantes aquatiques.

**Faune** : Ensemble des animaux qui habitent une zone, un écosystème. Dans un écosystème marin, la faune est constituée de plusieurs centaines à plusieurs dizaines de milliers d'espèces de mammifères marins, poissons, crustacés, mollusques, vers, méduses, coraux, éponges, bactéries...

**GEODE** : Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement.

**GEPOG** : Groupe d'étude et de protection des oiseaux de Guyane.

**Habitat** : La notion d'habitat fait référence à la place où l'organisme est trouvé. Gibson (1994) le définit comme « l'environnement d'un animal ». La théorie de la niche écologique (Hutchinson 1957) indique que les espèces ont des « préférences » écologiques et par conséquent occupent des écosystèmes où elles trouvent des conditions de vie optimales.

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

**Hg** : Mercure.

**Ichtyofaune** : désigne l'ensemble des poissons en un lieu donné.

**IFREMER** : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

**INPN** : Institut National de la Protection de la Nature.

**IRD** : Institut de Recherche et Développement.

**Macrofaune benthique** : Désigne l'ensemble des animaux dont la taille est supérieure à 1 mm vivants sur le fond.

**MARGATS** : Campagne d'exploration scientifique de la structure interne du plateau de Demerara au large de la Guyane.

**MARPOL** : *MARine POLLution* – Terme anglais qui désigne la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires.

**Matière organique** : Matière issue des êtres vivants : hommes, faune, flore, ou produite par eux. Elle peut aussi être réalisée synthétiquement. Une des mesures classiques de la pollution des eaux.

**MEDDE** : Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Énergie.

**Mercator (projection)** : projection cartographique ancienne (mise au point par Gerardus Mercator au milieu du XVI<sup>ème</sup> siècle) et très utilisée (surtout dans les pays européens) qui a l'avantage de conserver les angles mais qui déforme les surfaces surtout dans les hautes latitudes (les régions polaires).

**Méiofaune** : Désigne l'ensemble des animaux dont la taille est comprise entre 0,1 et 1 mm vivants dans les sédiments.

**MES** : Matières En Suspension.

**Métaux lourds** : Pollution essentiellement d'origine industrielle contenant des éléments tels que : aluminium, argent, arsenic, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, fer, mercure, manganèse, molybdène, nickel, plomb, zinc.

**MMO** : *Marine Mammal Observer*, ou OMM en français. Terme anglais pour observateurs de mammifères marins.

**MOC** : *Meridional Overturning Circulation* - Terme anglais pour circulation thermohaline.

**Natura 2000** : Réseau de milieux naturels remarquables de niveau européen proposés par chaque état membre de l'Union Européenne qui correspond aux zones spéciales de conservation définies par la directive européenne du 21 mai 1992 (dite directive habitat faune-flore) et aux zones de protection spéciale définies par la directive européenne du 2 avril 1979 (dite directive oiseaux) Ces espaces sont identifiés dans un souci de lutte contre la détérioration progressive des habitats et des espèces animales et végétales d'intérêt communautaire. Chaque état doit assortir cette liste de plans de gestion appropriés et de l'évaluation des montants nécessaires dans le cadre de cofinancements communautaires. Le réseau de sites Natura 2000 est constitué de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) et de Zones de Protections Spéciales (ZPS).

**ONEMA** : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques.

**OSPAR** : Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est "Convention OSPAR") qui a été ouverte à la signature lors de la réunion ministérielle des Commissions d'OSlo et de PARis, le 22 septembre 1992 à Paris.

**PAM** : *Passive Acoustic Monitoring* - Terme anglais qui signifie surveillance acoustique passive.

**Pb** : Plomb.

**PCB** : PolyChloroBiphényles.

**Peuplement** : Ensemble des espèces animales et / ou végétales qui vivent dans un espace géographique donné. Ce bulletin porte sur le peuplement de poissons et grands invertébrés capturables avec les engins d'échantillonnages utilisés.

**PGM** : Permis Guyane Maritime.

**Plancton** : Organismes microscopiques, animaux et végétaux, vivant en suspension dans l'eau de mer et ne se déplaçant qu'au rythme des courants.

**Population** : Ensemble des individus qui appartiennent à une même espèce vivant sur un même territoire et qui ont la possibilité physique de se reproduire entre eux et de transmettre ainsi leurs caractères héréditaires (gènes) à leur descendance. Des individus de la même espèce séparés par une barrière, comme des terres émergées pour des poissons, appartiennent à des populations distinctes.

**PS** : Poids Sec.

**Récif carbonaté fossile** : c'est une structure (calcaire ou autre), créée lors de précédents âges géologiques, par l'accumulation de certains organismes vivants marins dont les plus connus sont les récifs de coraux des mers tropicales.

**Récif mésophotique** : c'est un récif situé à une profondeur moyennement éclairé, entre la surface et les grands fonds (mésophotique signifie moyen et photique signifiant relatif à la lumière). On y trouve à la fois des animaux invertébrés et des algues encore dépendant de la lumière, et des organismes pouvant être trouvés dans les environnements océaniques sombres et plus froids (10 °C).

**REMMOA** : Campagne de Recensement de la Mégafaune Marine par Observation Aérienne.

**Rétrodiffusion/Backscatter** : En géophysique, fraction de l'onde incidente qui est retournée dans la direction d'où elle provient avec une intensité fonction de la nature du substrat rencontré.

**Rift** : Région où la croûte terrestre se brise tandis que les deux côtés de cette fracture s'écartent. En surface, un rift forme un fossé d'effondrement allongé, dont les dimensions peuvent atteindre quelques dizaines de kilomètres de large pour plusieurs centaines de kilomètres de long.

**SEPANMAR** : Société pour l'étude, la protection et l'aménagement de la nature à la Martinique.

**SHOM** : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

**SIG** : Système d'Information Géographique.

**Subsidence** : Affaissement de la surface de la croûte terrestre sous l'effet d'une charge qui vient s'ajouter soit au-dessus de la croûte (eau, sédiments, volcan, calotte glaciaire, chaîne de montagnes, plaque lithosphérique...), soit à l'intérieur de celle-ci (changement de phase par métamorphisme), soit au-dessous (matériel mantellique lourd).

**TBT** : Tributylétain.

**TEPGF** : TOTAL E&P (Exploration et Production) Guyane Française.

**TSD** : Température, Salinité, Densité.

**UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

**ZEE** : Zone Economique Exclusive.

**ZIC** : Zone Intertropicale de Convergence.

**ZICO** : Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux.

**Zn** : Zinc.

**ZNIEFF** : Zone d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique ; ce sont des outils de connaissance du territoire qui identifient et décrivent les secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation.

- ZNIEFF de type I : surface plutôt réduite, intérêt biologique fort et précis
- ZNIEFF de type II : surface plutôt vaste, intérêt biologique global

## 1. Introduction

### 1.1. Élément du projet

A la suite de la publication au Journal Officiel de la République Française, le 21 septembre 2017, de la prolongation du Permis Guyane Maritime jusqu'au 1<sup>er</sup> Juin 2019, Total E&P Guyane Française souhaite procéder à une campagne de forages d'exploration pétrolière au large de la Guyane.

La réalisation d'un projet de forage d'exploration pétrolière nécessite, avant démarrage des opérations, l'obtention préalable d'autorisations administratives, en application du Code de l'environnement, du Code minier et des textes réglementaires.

Le projet est soumis à une autorisation au titre de l'article L.162-3 du Code minier et des décrets associés, c'est-à-dire à « autorisation d'ouverture de travaux de recherches ou d'exploitation ».

Il est soumis à une étude d'impact environnemental au titre de l'article L.162-4 du Code minier ainsi qu'à une évaluation environnementale au titre de l'article R.122-2 du Code de l'environnement.

Dans le cadre de ces études réglementaires, ce rapport décrit l'état initial de la zone d'étude sur la base d'une analyse bibliographique des données existantes complétée par l'acquisition de connaissances nouvelles lors d'une campagne océanographique réalisée au large des côtes guyanaises en fin d'année 2017. Ce rapport présente donc les éléments de l'état initial présentés dans le dossier AOT, complétés par les résultats des analyses du benthos dans les sédiments ainsi que les résultats des campagnes d'observation des mammifères marins (MMO) de Janvier à Mai 2018.

### 1.2. Rappel de l'historique du projet

Le Permis Exclusif de Recherches de mines d'Hydrocarbures liquides ou gazeux (permis), dit « Permis de Guyane Maritime » (PGM) a initialement été accordé à la société Planet Oil le 29 mai 2001 pour une durée de cinq ans. Il a ensuite été prolongé une première fois le 2 juillet 2007 au profit de la société Hardman Petroleum France puis une nouvelle fois le 22 décembre 2011 jusqu'au 1<sup>er</sup> juin 2016 au profit des sociétés Hardman Petroleum, Shell Exploration et Production France et Total Exploration et Production Guyane Française (TEPGF) de manière conjointe et solidaire sur une surface réduite de 24 100 km<sup>2</sup> environ. Le 14 septembre 2017 par Arrêté Ministériel TEPGF a bénéficié d'une prolongation de ce permis au titre de l'article L. 142-2 du Code minier jusqu'au 1<sup>er</sup> juin 2019 sur une superficie inchangée.

En septembre 2011, Tullow Oil faisait une découverte d'hydrocarbures au puits Zaedyus aussi appelé GM-ES1 pour le compte d'un consortium composé du groupe Shell (45 % des parts), le groupe Total (25 %), Tullow Oil (27,5 %), et le groupe Northpet Investments (2,5 %). Le puits est localisé dans l'Est du permis à environ 150 kilomètres au nord-est de Cayenne sous plus de 2 000 mètres d'eau et 5711 mètres de roches sous le plancher océanique. Cette découverte était la première du genre dans les eaux territoriales de la Guyane et était considéré comme potentiellement similaire, au moins en partie, au champ pétrolière « Jubilee », découvert en 2007 par Tullow Oil au large de l'Afrique de l'Ouest

Shell a ensuite mené une campagne de travaux entre juillet 2012 et décembre 2013 en forant quatre nouveaux puits (GM-ES2 à 5) mais ceux-ci n'ont pas permis de confirmer l'étendue du gisement découvert lors du premier puits.

Total a pris le contrôle plein et entier de ce permis et projette maintenant de réaliser sur une nouvelle campagne de forages d'exploration dont le premier puits (Nasua-1) serait réalisé au premier semestre 2019 dans la zone centrale du permis.

Comme le prévoit la réglementation française, une demande d'autorisation d'ouverture de travaux (AOT) doit donc être soumise au Préfet de la Guyane et comprendre notamment une étude d'impact environnemental incluant une étude de l'état initial environnemental et sociétal.

Le présent document constitue le rapport d'étude portant sur l'état initial environnemental uniquement et se base sur des données bibliographiques ainsi que de nouvelles données acquises dans le cadre de ce projet par Créocéan pour le compte de TEPGF.

Créocéan au travers de ses activités mène des études environnementales dans les eaux Guyanaises depuis plus de 10 ans dans le cadre de ce permis et pour d'autres clients notamment institutionnels.

### 1.3. Périmètre de la zone d'étude

Le présent projet de forages d'exploration s'inscrit dans la zone de Permis Guyane Maritime (PGM) (Figure 1). Le PGM s'étend sur le rebord externe du plateau continental guyanais, sur le talus continental et le domaine profond guyanais.

Plusieurs puits d'exploration sont envisagés. Le premier est le puits Nasua-1 (coordonnées notionnelles en WGS84 : 6°28'3,0343"N, 52°1'18,785"W). Si ce puits conduit à la découverte d'un gisement pétrolier, une première phase, comprenant le forage des puits 1.1 et 1.2, sera lancée pour délimiter le gisement. En fonction des résultats de ces puits, une deuxième phase de forage (puits 2.1 et 2.2) sera effectuée afin d'affiner la découverte (Figure 1). Ces quatre puits d'appréciation seraient réalisés entre le 2<sup>ème</sup> trimestre 2019 et la fin de l'année 2022.

La zone d'étude englobe la zone du PGM dans un périmètre élargi qui prend en compte le plateau continental, le talus continental et la plaine abyssale. La zone côtière est considérée comme hors champ d'étude. On distinguera :

- ▶ **La zone d'étude rapprochée** : aire dans laquelle le projet de forage peut avoir des effets potentiels sur l'environnement (mortalité, effarouchement, destruction d'habitat, perturbations, etc...);
- ▶ **La zone d'étude éloignée ou élargie** : aire dans laquelle le projet de forage peut avoir des effets potentiels concernant des enjeux éloignés (migration, transport sédiments, flux de contaminants etc...).

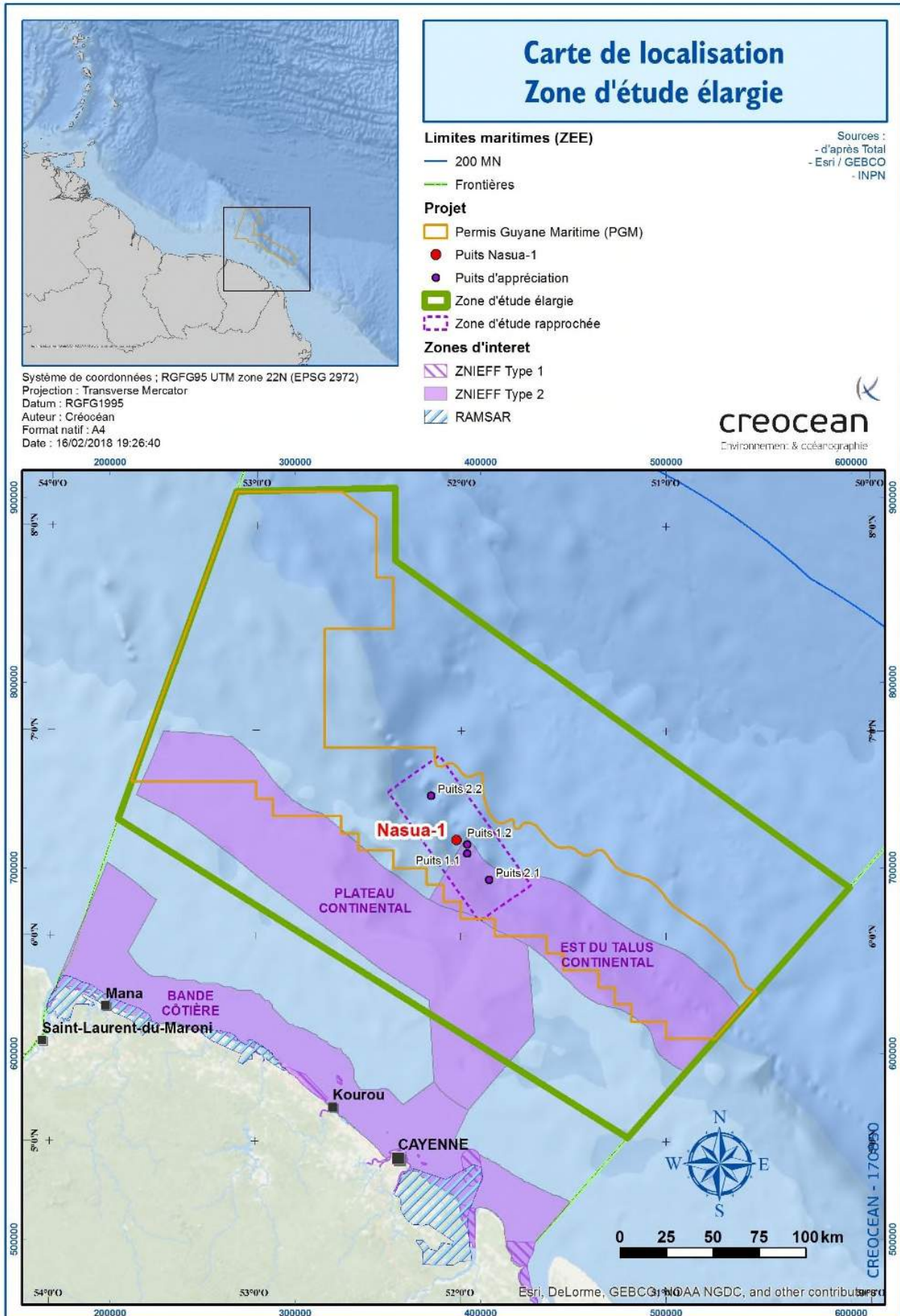


Figure 1. Localisation de la zone d'étude élargie

## 2. Synthèse des connaissances bibliographiques

Cette synthèse s'appuie sur trois types principaux de données bibliographiques :

- D'une part, des rapports et des publications édités en dehors de tout projet d'exploration pétrolière. Ces documents ont été rédigés par différents auteurs, et beaucoup sont souvent relativement anciens.
- D'autre part, des rapports rédigés par Créocéan dans le cadre des projets antérieurs de campagnes sismiques ou de forage d'exploration (Projet Hardman en 2006, puis Tullow, en 2011 puis Shell entre 2012 et 2014).
- Enfin une campagne bio-sédimentaire réalisée par Créocéan en 2009 sur le plateau continental pour le compte de la DEAL.

Le tableau 1 décrit les différentes données disponibles acquises par Créocéan aux cours de plusieurs campagnes océanographiques entre 2006 et 2017.

La campagne de 2017, pour le compte de TEP GF, se situe environ 5 ans après les forages d'exploration de la Compagnie Shell.

**Tableau 1. Liste des campagnes océanographiques réalisées par Créocéan**

Date/Opérateur	Plateau continental	Kawana et Matamata	(S01-S15) + Matamata	GMES-2	GMES-3R	GMES-4
<b>2006</b> Campagne biosédimentaire Hardman		Etat initial				
<b>2009</b> Campagne biosédimentaire DREAL	Etat initial					
<b>Juin-Juillet 2012</b> Campagne biosédimentaire 1 Shell				Etat initial	Etat initial sur GMES-3	
<b>Juillet-Décembre 2012/</b> Campagne pêche	Chalutier et ligneur					
<b>Juin-Décembre 2012</b>				Forage		
<b>Janvier-Avril 2013</b>					Forage	
<b>Juillet 2013</b> Campagne pêche Shell	Chalutier et ligneur					
<b>Avril-Mai 2013</b> Campagne biosédimentaire 2 Shell			Etat initial	post forage +4 mois	post forage +1 mois	Etat initial
<b>Mai-Juillet 2013</b>						Forage
<b>Décembre 2013</b> Campagne biosédimentaire 3 Shell				post forage +12 mois	post forage +8 mois	post forage +5 mois
<b>Février 2014</b> Campagne pêche Shell	Acoupa					
<b>Novembre-Décembre 2017</b> Campagne biosédimentaire Total				post forage +5 ans	post forage +5 ans	

The diagram shows a timeline from July 2012 to December 2017. Key events are marked with arrows:
 

- Forage GMES2: July 2012 - August 2012
- Forage GMES-3R: September 2012 - December 2012
- Forage GMES-4: May 2013
- Campagne post forage GMES-2: +4 mois (starting May 2013)
- Campagne post forage GMES-3R: +1 mois (starting May 2013)
- Campagne post forage GMES-2: +12 mois (starting December 2013)
- Campagne post forage GMES-3R: +8 mois (starting December 2013)
- Campagnes GMES-2 ~ +5 ans and GMES-3R ~5 ans (starting November 2017)

Les secteurs Matamata, Kawana, permis, GMES-2, GMES-3 et GMES-4 sont identifiés et localisés sur la figure 2.

Le permis dit « Guyane maritime » se situe au large de la Guyane à un peu plus de 100 km des côtes et s'étend sur une surface totale d'environ 25 000 km<sup>2</sup>. À l'Est sa limite est constituée par la frontière Brésilienne et à l'Ouest par celle du Suriname. Les profondeurs y varient entre approximativement 200 et 3 000 m ; ces deux isobathes constituent les limites Sud et Nord du permis.

Le périmètre du permis comprend dans sa partie nord-ouest une partie du plateau de Demerara, dans sa partie sud-est le secteur de Kawana et l'ensemble du talus continental Guyanais.



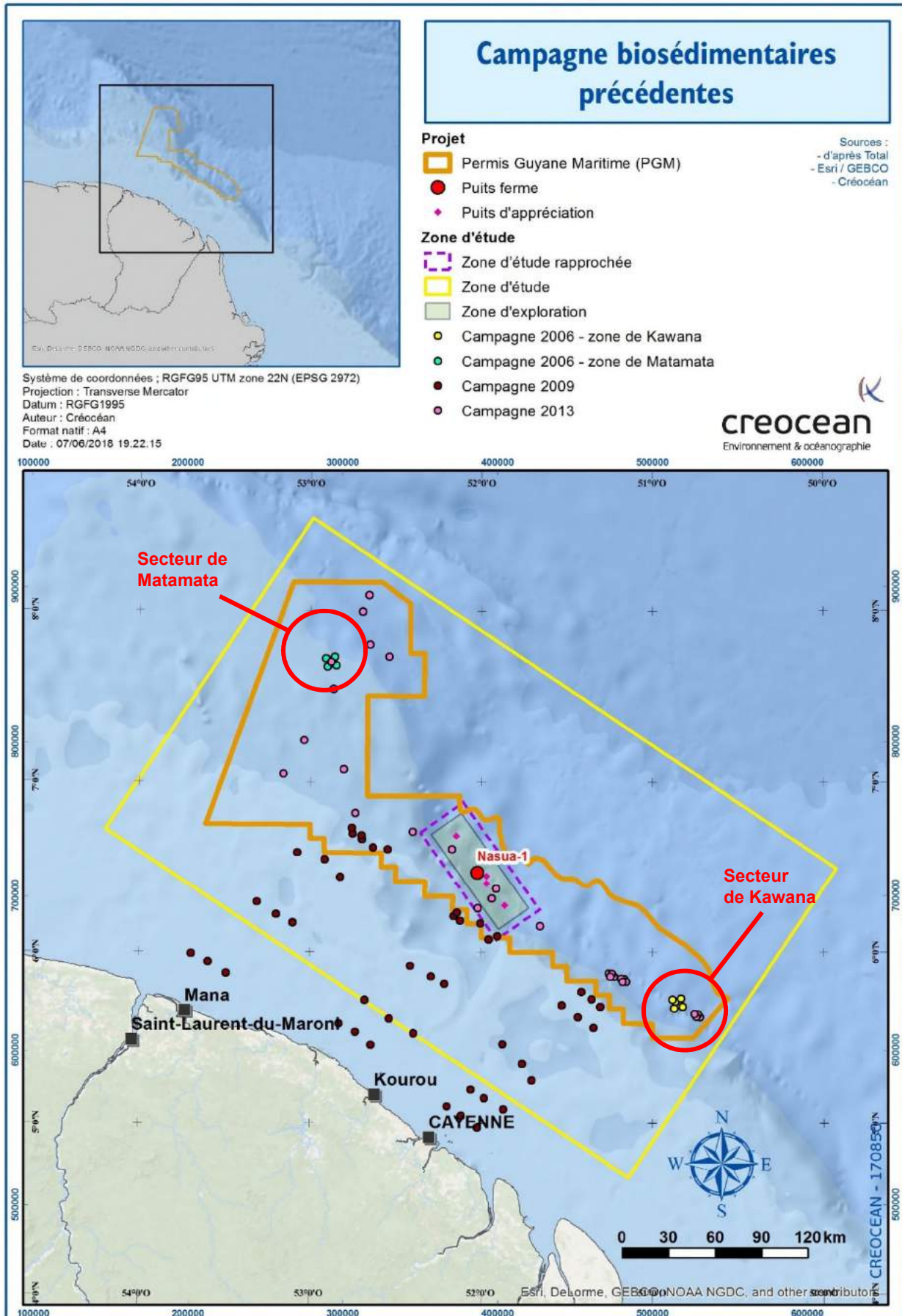


Figure 2. Localisation des zones étudiées lors des campagnes Créocéan

## 2.1. Contexte environnemental global

L'espace marin guyanais s'étend du littoral (comprenant les fleuves et les estuaires) aux fonds abyssaux à une distance de 200 milles nautiques et représente une superficie de 126 000 km<sup>2</sup> en comparaison des 84 000 km<sup>2</sup> de terre ferme guyanaise. Il est influencé par les apports amazoniens ce qui le rend singulier par sa dynamique et sa dimension exceptionnelle (Photos 1). La côte guyanaise est la côte vaseuse la plus étendue au monde. C'est l'une des plus dynamiques et elle ne peut être appréhendée qu'à partir d'une vision régionale globale partant de l'Amazonie à l'Orénoque.



Source : ESA, Agence Spatiale Européenne

**Photos 1. Panache turbide de l'Amazone**

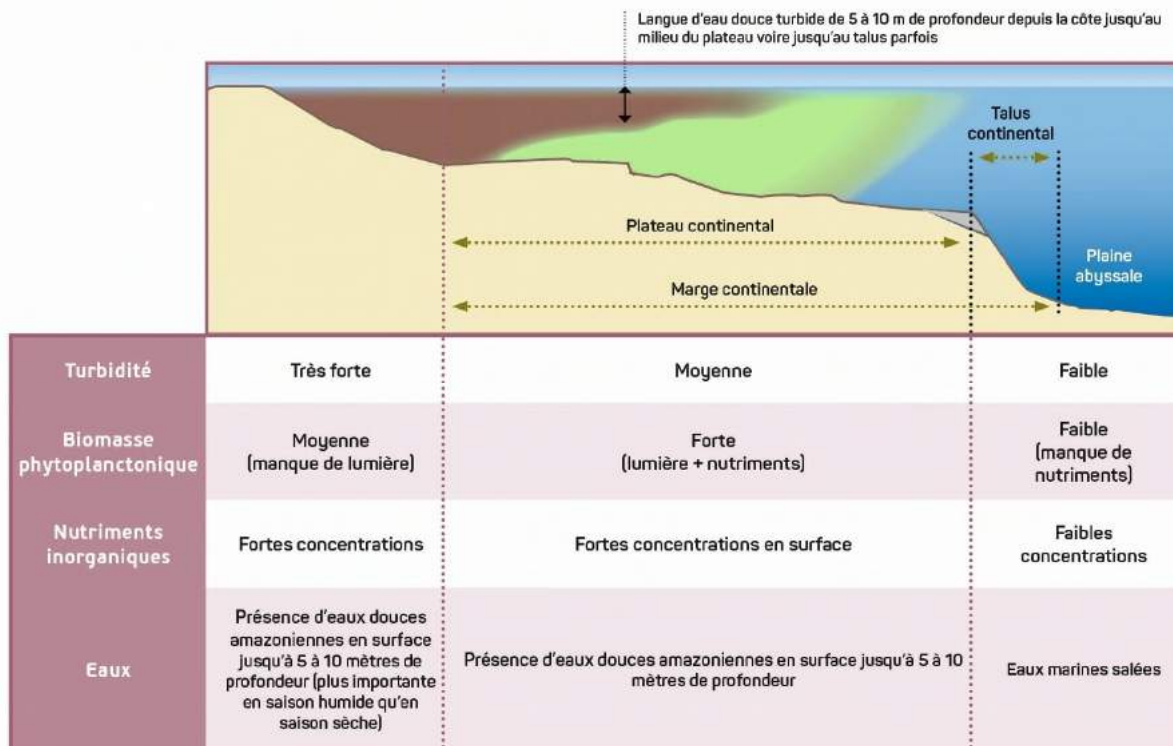
La zone du projet recouvre à la fois une partie du plateau continental et une partie de la zone océanique (domaine profond) de la Guyane. Les eaux marines de ces zones sont influencées par de nombreux forçages environnementaux locaux (apports des cours d'eau locaux et mangroves, processus de remises en suspension...) ou régionaux (apports de l'Amazonie en matières dissoutes et particulaires, courant de rétroflexion nord brésilien, courant des Guyanes...). Ces forçages vont engendrer une forte hétérogénéité spatiale en termes de composition biogéochimique des eaux maritimes ainsi qu'une forte dynamique temporelle de ces masses d'eaux, et ce, à différentes échelles (sub-annuelle, annuelle, ou interannuelle).

De manière générale, les eaux douces des fleuves continentaux peu salées et chargées en nutriments se déversent et enrichissent toute l'année les eaux côtières dont profite le phytoplancton marin. Ces apports d'eau douce influencent la température, la salinité, la turbidité et l'enrichissement en nutriments des eaux marines à la fois au niveau du plateau continental et dans la zone océanique (domaine profond). Ils sont plus ou moins importants selon la saison.

Durant la saison des pluies, le panache de l'Amazonie apporte des nutriments, diminue la salinité des eaux marines et peut s'étendre à quasiment tout le plateau continental malgré les alizés de Nord-Est. Le courant de Guyane est plaqué contre les côtes guyanaises par ces mêmes alizés.

En saison sèche, la rétroflexion du courant nord Brésil allège les eaux marines de la zone économique exclusive et réduit la concentration des eaux amazoniennes. D'autres facteurs viennent néanmoins influencer également les variations des caractéristiques physiques de la colonne d'eau telles que les courants et les houles.

La fonctionnalité du milieu marin est résumée de manière schématique et indicative dans la figure ci-dessous (modifié d'après AAMP, 2009a).



Source : AAMP, 2009a

Figure 3. Caractéristiques et fonctionnalités des masses d'eau et écosystèmes marins guyanais

## 2.1.1. Contexte météorologique et climatique

### 2.1.1.1. Climatologie

#### 2.1.1.1.1. Généralité

Proche de l'équateur, la Guyane bénéficie d'un climat de type équatorial humide, stable sur le plan des vents et des températures. Les variations des précipitations liées à la position de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC) déterminent le rythme des saisons.

Dans l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores dirige des alizés de Nord-Est, alors que dans l'hémisphère Sud, l'anticyclone de Sainte-Hélène produit des vents de Sud-Est. La rencontre de ces vents s'effectue au sein de la ZIC, dépressionnaire (AAMP, 2009a).

Quatre saisons en découlent :

- La petite saison des pluies (novembre à janvier) : quand la ZIC est située au Nord de la Guyane, des précipitations moyennes à fortes peuvent avoir lieu. Vers la mi-décembre, lorsque la ZIC qui est en mouvement vers le Sud, traverse la Guyane, surviennent une couverture nuageuse permanente et de fortes précipitations.
- Le petit été de mars (février à mars) : petite saison sèche quand la ZIC est positionnée le plus au Sud.
- La saison des pluies (mars à juillet) : caractérisée par de nombreuses et fortes précipitations quand la ZIC remonte vers le Nord et aborde une deuxième fois la Guyane.
- La saison sèche (juillet à octobre) : quand la ZIC est repoussée au Nord. C'est une période de transition où l'insolation est maximum et les précipitations de moindre importance.

Le rythme des saisons est soumis à une grande variabilité interannuelle. Les débuts et fin des saisons diffèrent d'une année à l'autre et peuvent se décaler de quelques semaines. Par ailleurs, des phénomènes climatiques à plus grande échelle influent sur le climat en Guyane. Par exemple le phénomène El Niño opérant dans le pacifique Sud peut induire un climat plus sec et plus chaud. La Niña peut produire à l'inverse une aggravation des précipitations accompagnée de températures plus fraîches (AAMP, 2009a, et Lampert, 2012).



Contrairement à la zone Antilles, la Guyane n'est pas soumise au risque cyclonique. Les zones cycloniques sont essentiellement réparties dans la zone intertropicale de l'hémisphère nord pour des latitudes supérieures à 6 à 7°.

Les stations météorologiques de Météo France sont localisées sur les villes suivantes :

- Saint-Georges de L'Oyapock (altitude 6 m),
- Matoury (aéroport, altitude 4 m),
- Cayenne (altitude 5 m),
- Kourou (altitude 12 m),
- Saint-Laurent-du-Maroni (altitude 5 m),
- Maripasoula (altitude 106 m).

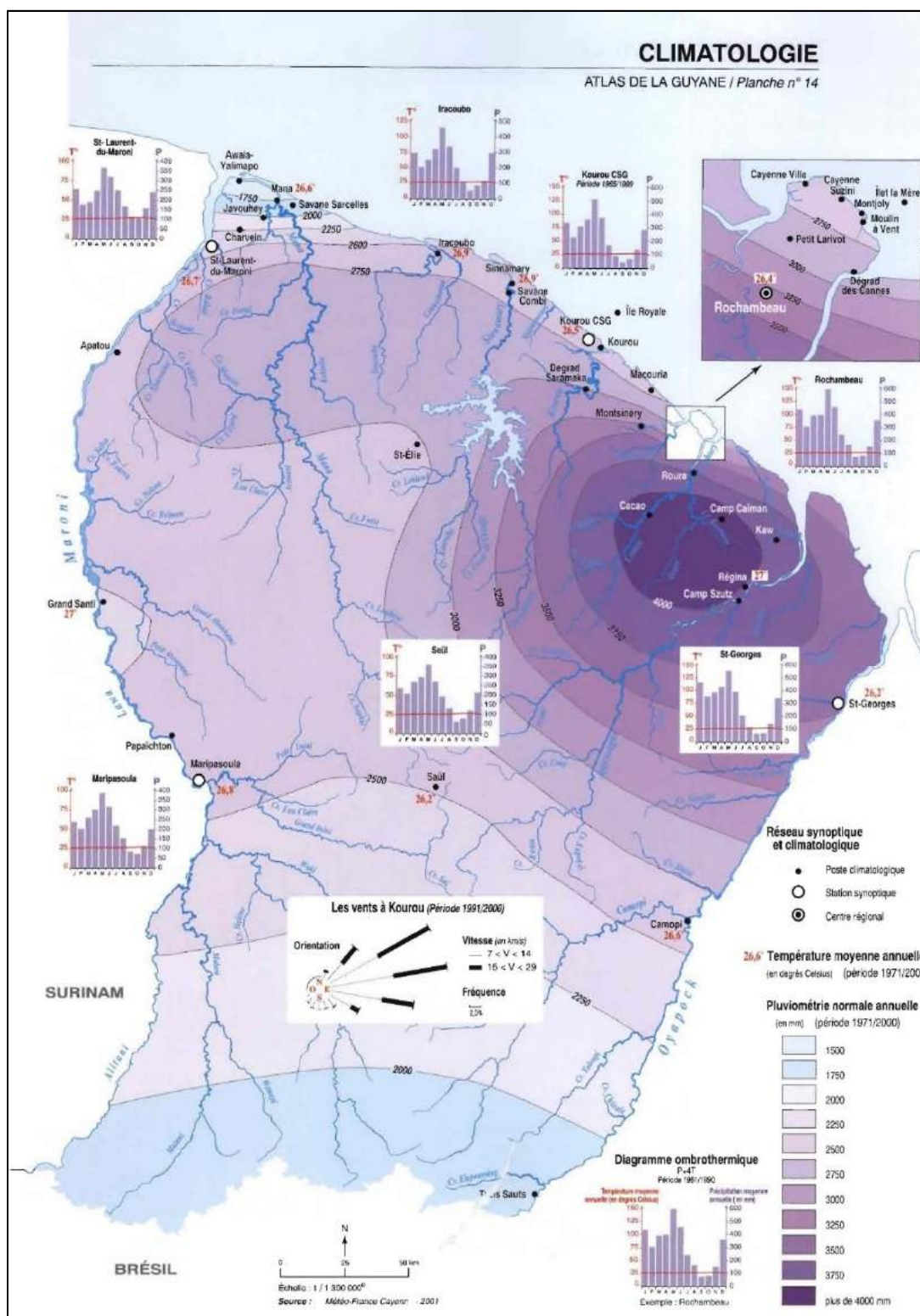


Figure 4. Localisation des stations météorologiques en Guyane

#### 2.1.1.1.2. Températures, précipitations, insolation

L'Atlas illustré de La Guyane publié en 2001 (Barret, 2000) présente une carte synthétique présentant les moyennes de 1971 à 2000 des conditions de températures, précipitations, insolation et vent sur l'ensemble de la Guyane. Cette carte est présentée à titre indicatif, les descriptions climatiques mentionnées dans cette

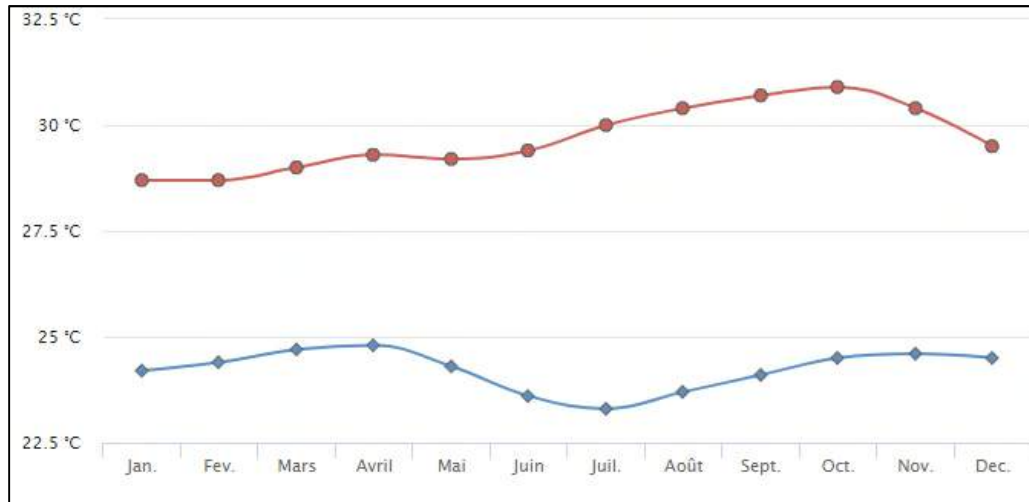
section sont basées sur des bases de données plus récentes.



Source : Barret, 2000 – Atlas illustré de la Guyane

Figure 5. Le climat en Guyane – moyenne de 1971 à 2000

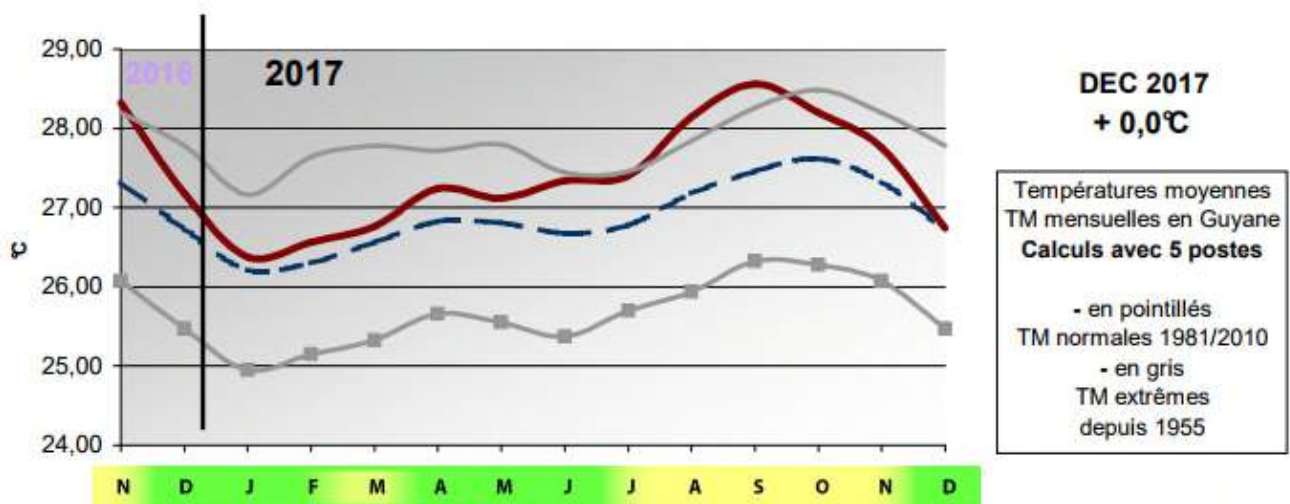
Les températures moyennes annuelles en Guyane sont de l'ordre de 26°C avec de faibles variations (4 à 5°C) en fonction des saisons (Figure 6). Les variations géographiques sont également très minimales. A Cayenne, on enregistre toutefois quelques minima de l'ordre de 20°C et maxima de l'ordre de 34°C.



Source : Météo France 1981-2010

Figure 6. Températures minimales et maximales moyennes à Cayenne (1981-2010)

A titre informatif, le bilan mensuel du climat guyanais de Décembre 2017 publié par Météo-France présente une moyenne des températures au-dessus des moyennes de la période 1981-2010 à l'exception du mois de décembre.

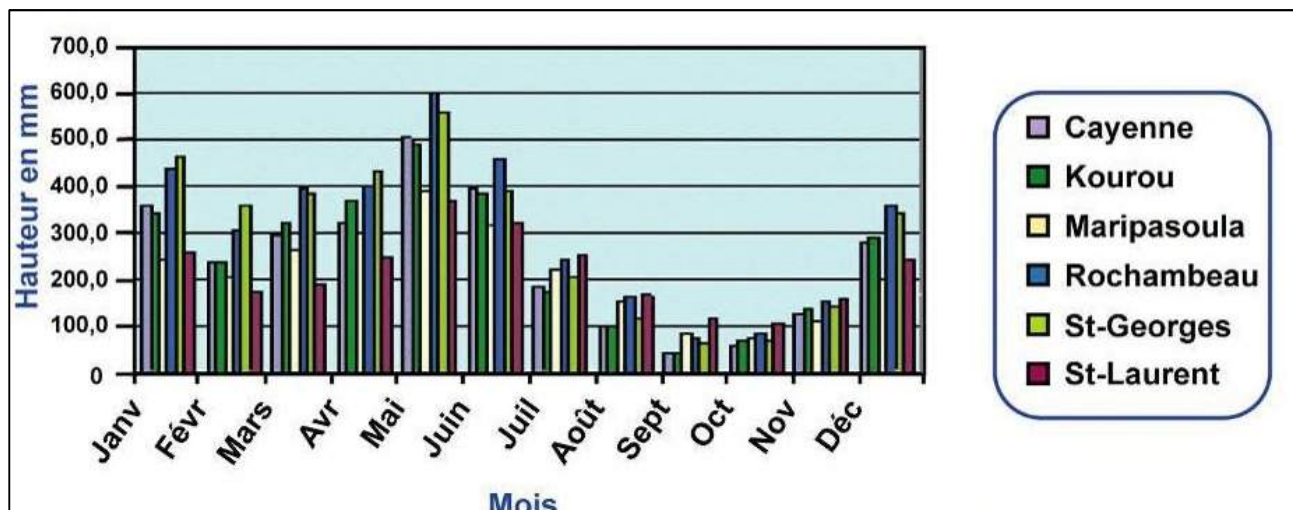


Source : Météo-France

Figure 7. Moyenne mensuelle des températures en Guyane pour l'année 2017

Le cycle des précipitations de la Guyane est déterminé en grande partie par la position de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC). La ZIC se situe au nord de la Guyane de juillet à novembre, c'est la saison sèche (Figure 8). Puis la ZIC descend vers le sud et se place sur la Guyane, amenant de fortes précipitations. Elle y reste jusqu'en juin, avec une trêve en mars, lorsque la ZIC se déplace au sud de l'équateur : c'est le petit été de mars.





Source : Météo France (1981-2010)

Figure 8. Pluviométrie moyenne en Guyane de 1981 à 2010

La pluviométrie annuelle sur l'ensemble du territoire peut varier considérablement, allant du simple au double, avec environ 1 700 mm dans la région du Nord-Ouest (Mana - Les Hattes) et près de 3 800 mm dans une zone délimitée par les communes de Kaw, Régina, Cacao et Matoury, ces différences étant dues à la forme du relief et à l'altitude plus élevée en bord de mer. La bande côtière (10 à 15 km de large) est, en général, moins arrosée que le proche intérieur. Les pluies sont en général fortes et de courte durée, elles ont lieu souvent la nuit.

Le rapport climatique mensuel de décembre 2017 indique une année 2017 particulièrement pluvieuse avec un dépassement tous les mois de la moyenne établie sur la période de 1981 à 2010.

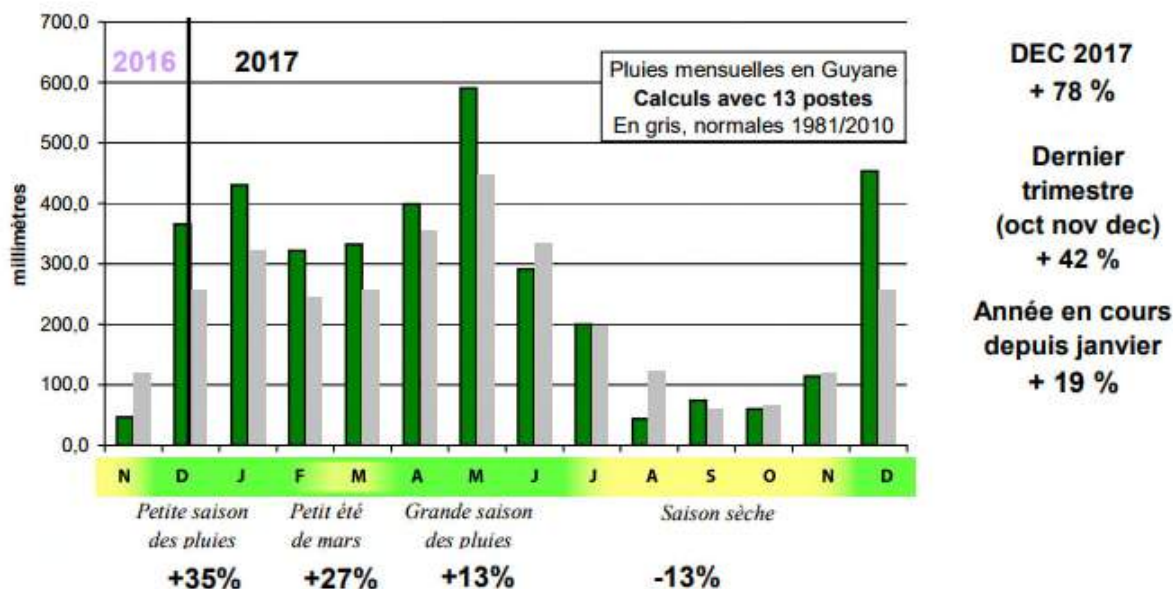
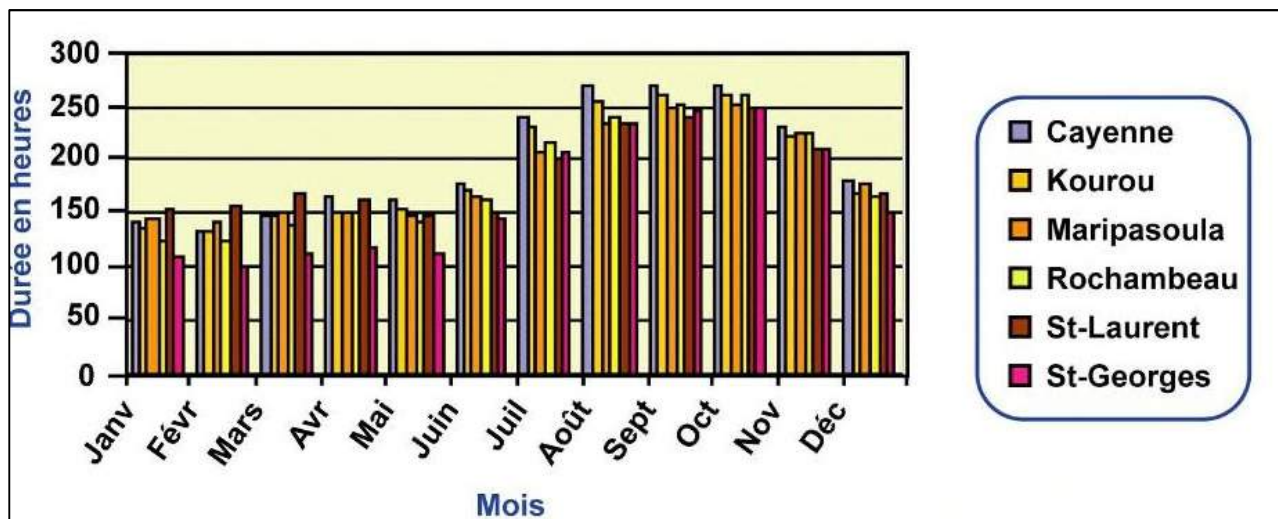


Figure 9. Précipitations mensuelles en Guyane en 2017

La durée du jour est quasiment invariante tout au long de l'année. Le soleil passe deux fois au zénith, en mars et septembre. Malgré une pluviométrie très significative, la Guyane dispose d'un ensoleillement important, avec en moyenne 2 200 heures d'insolation annuelle, les maxima étant situés sur la bande côtière (Figure 10).



Source : Météo France 1981-2010

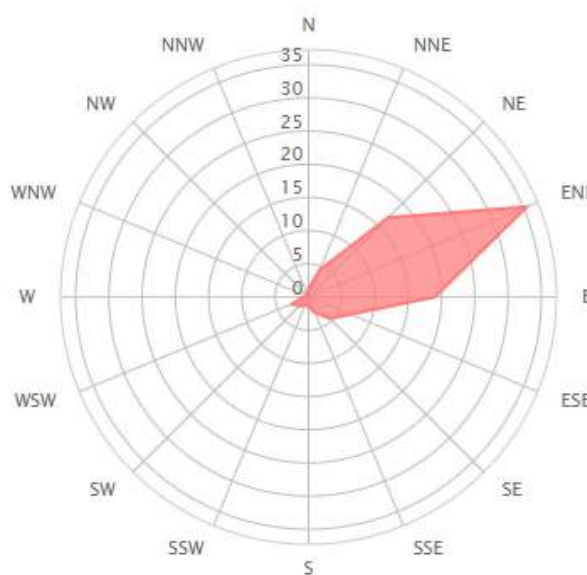
Figure 10. Insolation moyenne en Guyane de 1981 à 2010

### 2.1.1.2. Régime des vents

Soumise au régime permanent des alizés, la Guyane est régulièrement sous l'influence des flux de Nord-Est en saison des pluies et Sud-Est en saison sèche. Ces vents sont faibles à modérés et ne dépassent que très rarement les 80 km/h. Une variation de la vitesse du vent est observée en saison sèche entre le jour et la nuit : souvent calme la nuit ; 15 à 25 km/h en journée. Ce phénomène est dû au régime de brises marines créées par les contrastes thermiques entre le continent et l'océan (Lampert, 2012).

Une étude des vents réalisée par l'Ifremer (Lampert, 2012) basée sur la série des vents enregistrée aux Iles du Salut, toutes les trois heures entre 1995 et 2007 par Météo France, met en évidence que les vents les plus fréquents (80% de vents soufflants sur la côte guyanaise) sont d'orientation NE à ESE.

A noter toutefois que les vents de direction Est-Sud-Est ont tendance à diminuer en fréquence dès 2002 pour laisser place aux vents Nord-Est (complément d'information DEAL/MNBSP). Cette tendance est également mise en avant par les vents relevés à l'aéroport de Cayenne sur la période 11/2010 à 01/2018 qui indiquent une large prédominance des vents de secteur E à NE (Figure 11).



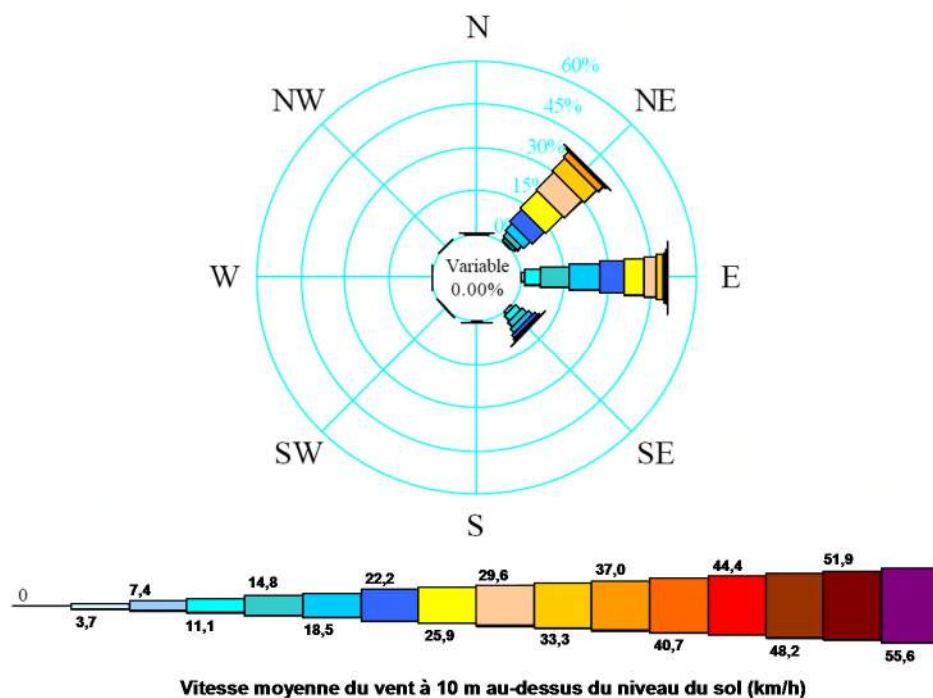
Source : Windfinder

Statistiques basées sur les données recueillies entre novembre 2010 et janvier 2018 à l'aéroport Cayenne-Rochambeau

Figure 11. Direction du vent à Cayenne (moyenne sur une année)



Les données de vent du large les plus proches géographiquement des sites de prospection proviennent d'une étude spécifique réalisée par FUGRO GEOS en novembre 2005 à partir de données satellitaires (période 1992-2004). Cette étude avait pour objectif de définir les critères océanographiques et météorologiques au large de la Guyane. Le point de détermination se situe à 160 km de la côte à l'Ouest/Nord-Ouest de Nasua-1. Les données acquises sont reportées sur la Figure 12 suivante.



Source : Fugro-GEOS, 2005

Figure 12. Vitesse moyenne du vent à 10 m au-dessus du niveau du sol (km/h)

On observe une bonne corrélation entre ces données du large et les données obtenues à terre. Les vents proviennent majoritairement de l'Est et du Nord-Est (85% des observations), puis viennent les vents de sud-est, beaucoup moins fréquents. On notera toutefois des vitesses plus élevées au large qu'à terre, avec une bonne représentation des vents supérieurs à 15-16 nœuds.

### 2.1.1.3. Changement climatique

Une note de synthèse concernant le changement climatique en Guyane est disponible sur le site de l'Observatoire Régional de l'Air en Guyane (BRGM, Météo France, ORA, 2013). Elle concerne plus particulièrement une étude réalisée sur les données hydroclimatiques et de qualité de l'air.

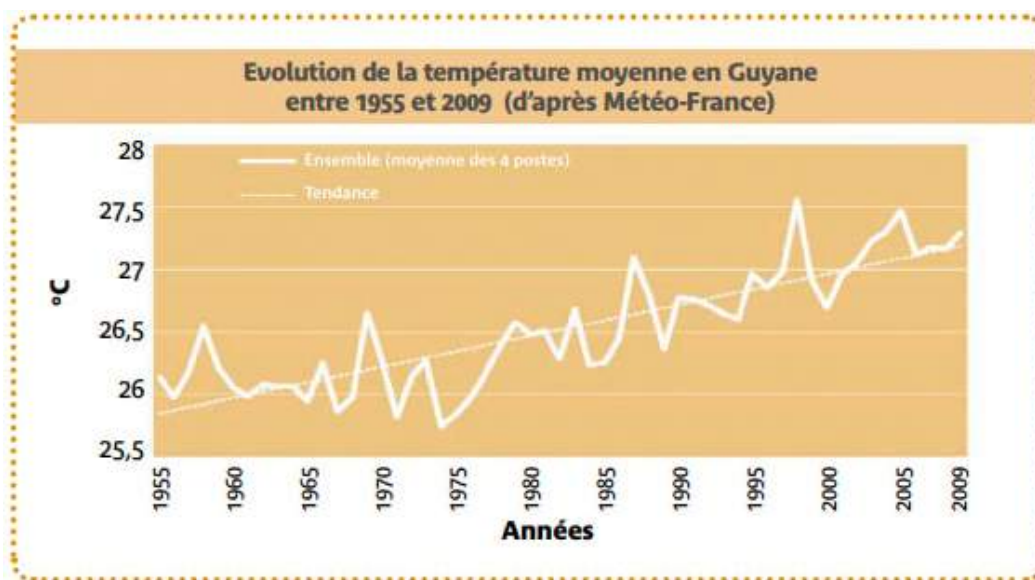
Cette étude conclut : « en raison de la richesse de sa biodiversité, de sa population majoritairement installée sur le bord littoral et de sa ressource en eau, la Guyane est clairement concernée par le changement climatique et ses impacts. Si l'augmentation de la température est avérée (+ 1,3°C sur la période 1955-2009), les tendances concernant d'autres paramètres sont moins évidentes. Ce travail a eu pour but d'estimer l'impact potentiel du changement climatique sur les tendances hydroclimatiques et la qualité de l'air en Guyane.

En ce qui concerne les précipitations, dont les séries de données depuis 1955 de 14 stations ont été analysées, l'étude statistique ne détecte pas d'évolution significative au niveau des moyennes annuelles, saisonnières et mensuelles. De même, les records de précipitations ont peu évolué. En revanche, plusieurs indices montrent que les principales particularités de la période étudiée se situent entre 1970 et 1990, en lien avec une position particulièrement au sud de la zone de convergence intertropicale (ZIC). De plus, une augmentation du nombre de jours avec des faibles précipitations a également été observée sur cette même période.

Au niveau de la qualité de l'air, il est avéré que l'air de Guyane est fréquemment pollué par des nuages de poussières désertiques arrivant du Sahara entre janvier et mai. Les études récentes, qui ont mis en évidence l'impact négatif de ces poussières sur la santé, justifient de s'intéresser à l'occurrence des événements de poussières. Il apparaît que la désertification qui a frappé l'Afrique de l'Ouest entre 1970 et 1990, toujours en lien avec la position de la ZIC, a provoqué une augmentation de la concentration des particules désertiques traversant l'Océan Atlantique. Une étude de corrélation entre les événements de poussières et les précipitations montre qu'en plus d'altérer la qualité de l'air, les particules du Sahara pourraient avoir une influence sur la fréquence des jours à faibles précipitations.

Le principal facteur influant sur les évolutions observées est la position de la ZIC dont la variabilité est liée à des cycles naturels durant de 20 à 40 ans. Cependant, l'influence anthropique sur ces cycles est encore sujette à discussion. De plus, le réchauffement climatique a pu amplifier le phénomène de désertification et est certainement un frein au reverdissement de l'Afrique de l'Ouest. ».

Une étude publiée en 2015 par la DEAL Guyane (Verneyre et al., 2015) reprend ces résultats indiquant une hausse des températures moyennes annuelles. Cette hausse est observée sur l'ensemble de l'année avec des valeurs plus fortes pour la saison sèche et au mois de mars. Concernant la pluviométrie, aucune tendance n'est observée et ce, en raison des variations annuelles très importantes.



Source : Verneyre et al., 2015

Figure 13. Evolution de la température moyenne en Guyane entre 1955 et 2009

Les projections à l'horizon 2050-2070 montrent quelque soit le modèle utilisé une hausse des températures maximales supérieures à 1°C.

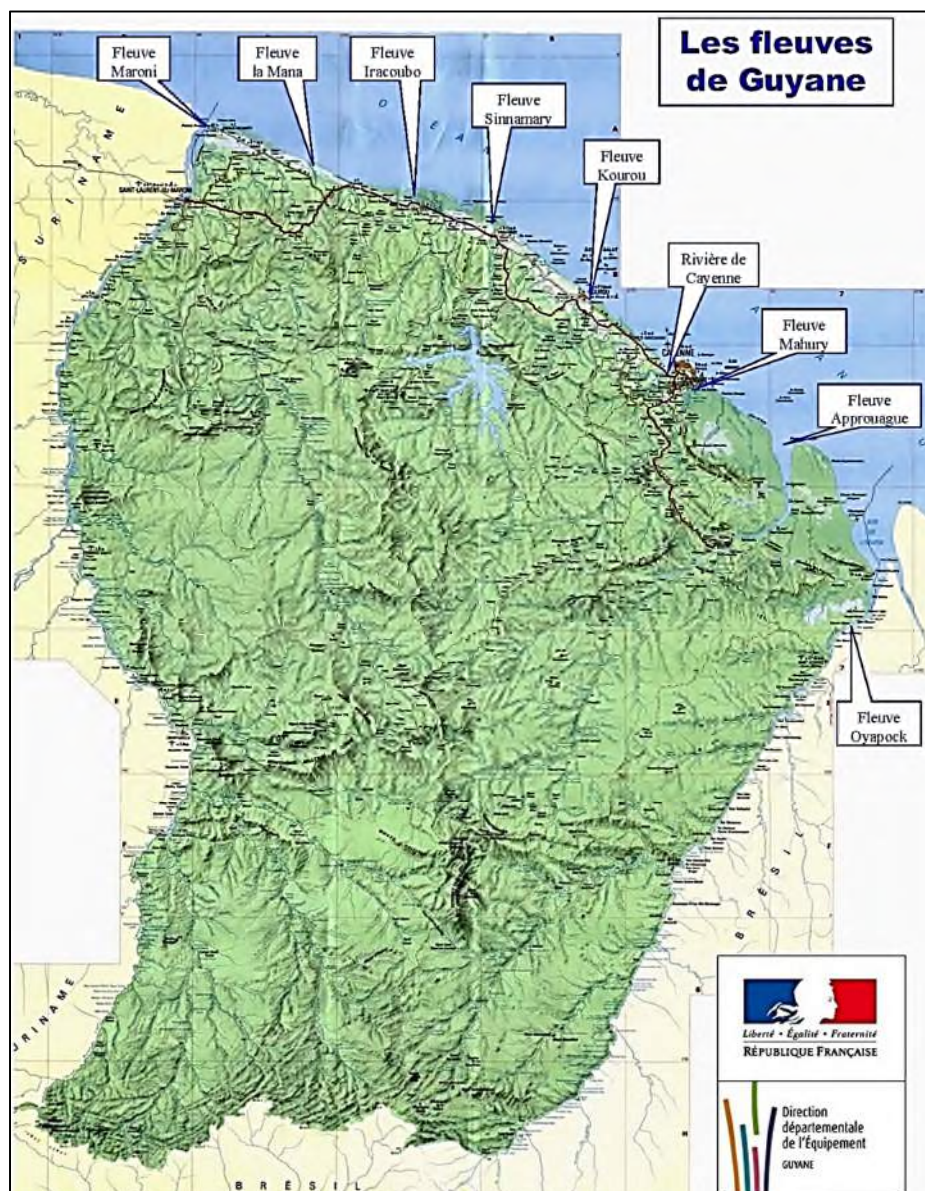
Concernant les régimes de vent, une tendance au changement de direction est observée depuis 2002 comme mentionné précédemment. Cette tendance s'illustre par une réduction du secteur de provenance des vents, secteur de plus en plus réduit au secteur Est à Nord-Est.

#### 2.1.1.4. Hydrographie

La Guyane est parcourue par de nombreux fleuves et rivières. Les principaux fleuves depuis la frontière avec le Suriname à celle du Brésil sont cités ci-dessous :

- Le Maroni – 520 km,
- Le Mana – 430 km,
- L'Iracoubo – 140 km,
- Le Sinnamary – 262 km,
- Le Kourou – 112 km,
- Le Mahury – 160 km, La Rivière Comté est parfois considérée comme un fleuve bien que débouchant dans le Mahury en raison de sa longueur (160 km),

- L'Approuague – 270 km,
- L'Oyapock – 370 km.



Source : Direction départementale de l'Équipement – Guyane

**Figure 14. Embouchures des fleuves de Guyane**

Toutefois, l'hydrographie de la région est largement dominée, en termes de débit, par l'Amazone, qui se jette dans l'Atlantique au Nord du Brésil.

L'Amazone, premier fleuve mondial, avec un débit moyen de 180 000 m<sup>3</sup>/s, confère des caractéristiques particulières à la circulation des eaux sur le plateau continental notamment au niveau de la Guyane. Le débit de l'Amazone varie tout au long de l'année. Il est maximal près de son embouchure de mars à août (250 000 m<sup>3</sup>/s) et minimal en novembre (50 000 m<sup>3</sup>/s).

Les eaux issues de l'Amazone sont reprises par les courants côtiers partant vers le Nord-Ouest et peuvent à certaines saisons atteindre l'arc antillais. Ces eaux peuvent être observées jusqu'à plus de 3 000 km de l'embouchure du fleuve (Lampert, 2012). Dessalées, elles restent en surface en raison de leur densité moindre. Cette stratification est observable jusqu'à la mer des Caraïbes. Ces eaux riches en nutriments, jouent un rôle essentiel et régissent à la fois les processus physiques et biologiques du domaine maritime guyanais (AAMP, 2009a).

## 2.1.2. Contexte océanographique

### 2.1.2.1. Marées

D'après Lampert (2012), les marées sont semi-diurnes avec deux pleines et basses mers d'hauteurs différentes. Elles ont lieu toutes les 25 heures et 50 minutes. Le marnage, aux Iles du Salut, est d'environ :

- 2,20 m en vive-eau moyenne (coefficient de 95),
- 1,10 m en morte-eau moyenne (coefficient de 45).

L'amplitude des marées s'estompe en allant vers le large.

### 2.1.2.2. Régime de houle

Les études sur la houle, obtenues à partir de la série ERA-40<sup>1</sup>(Atlas des ré-analyses des données météoro-océanographiques européen) de 1960 à 2004 (Lampert, 2012), montrent une saisonnalité avec de plus fortes valeurs de hauteur de houle entre octobre et mai et de plus faibles énergies entre juin et septembre (données acquises par satellites sur la période 1992-2004, FUGRO GEOS 2005). Entre novembre et juin, plus de 50% de la houle est de hauteur supérieure à 1,5 m. Les plus fortes houles sont observées entre décembre et mars avec des hauteurs de 3,5 à 4,0 m et parfois supérieures à 4,0 m, à des fréquences toutefois faibles. C'est également durant ces 4 mois que 60% des houles présentent des hauteurs supérieures à 2 m. La période la plus calme au large de la Guyane s'établit entre juillet et septembre avec des minima au mois d'août (93,3% de la houle < 1,5 m) (données acquises par satellites sur la période 1992-2004, FUGRO GEOS, 2005).

La période de la houle, induite en grande partie par les Alizés, ont une période variant entre 7 et 10 s selon la saison, périodes les plus élevées associées à la houle la plus forte (novembre à mars).

Au large de la Guyane, on note une nette prédominance de la houle provenant du nord-est (86% des observations d'après les données satellitaires sur la période 1992-2004, (FUGRO GEOS, 2005). La houle provenant du Nord et de l'Est est minoritaire, et leur hauteur maximale est plus faible.

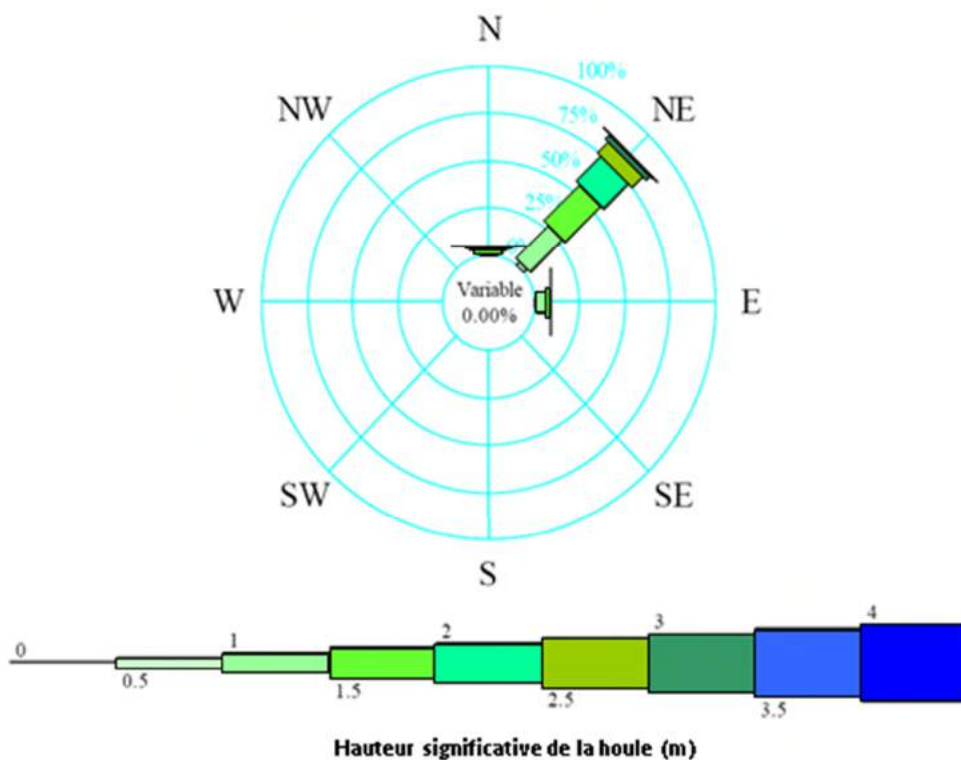
Les données du houlographe ne concernent que la bande côtière présentée sur la base de données CANDHIS<sup>2</sup>, hors cadre de cette étude. Ce dernier est en effet situé sur des fonds de 6 m d'eau à proximité de Cayenne.

---

1 ERA pour ECMWF re-analysis (ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)

2 CANDHIS : Centre d'Archivage National de Données de Houle In-Situ



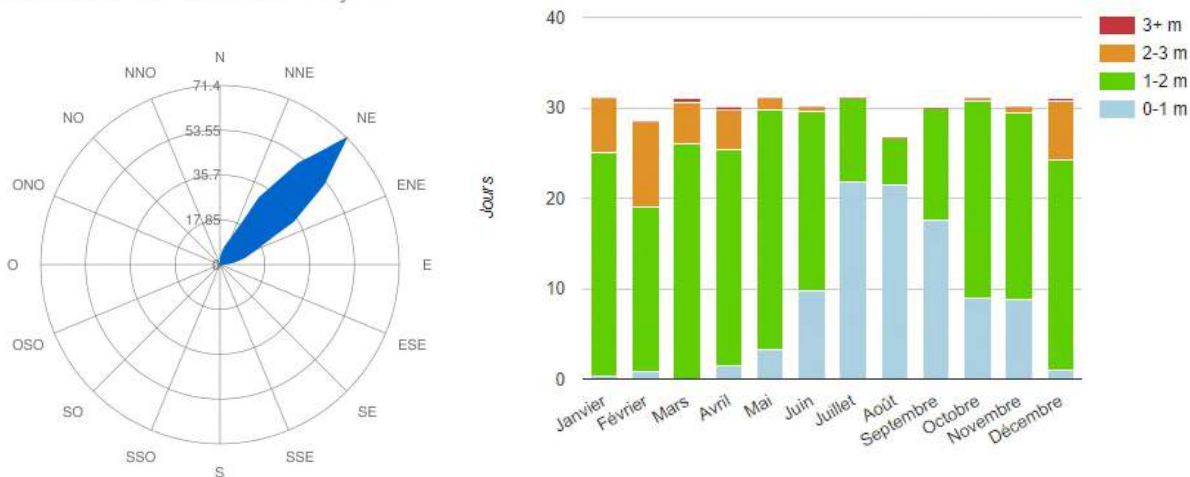


Source : FUGRO-GEOS, 2005

Figure 15. Rose des houles au large de la Guyane (moyenne sur la période 1992 à 2004)

Ce régime de houle au large basée sur des données entre 1992 et 2004 semble se maintenir dans le temps. Le site internet « Wisiku » présente une direction de houle moyenne orientée NE et ce sur la base de données acquises depuis le 01 Août 2013 au niveau de Kourou. Les hauteurs de houle ne semblent pas non plus avoir évoluées de manière significative entre les deux périodes de synthèse de données.

**Direction de la houle Moyenne**



Source : Wisiku

Figure 16. Direction et hauteur de houle moyenne depuis Août 2013 sur le secteur de Kourou

### 2.1.2.3. Les courants marins

#### 2.1.2.3.1. Les courants généraux

Les courants marins sont en lien avec la climatologie et le régime des vents développés au paragraphe 2.1.1 du présent document (AAMP, 2009a).

Au Sud de l'équateur, un courant océanique nommé Courant Sud Équatorial traverse l'Atlantique d'Est en Ouest. À l'approche du plateau continental brésilien et du Cap San Roque, le Courant Sud Équatorial se sépare en deux branches distinctes, l'une partant vers le Sud et l'autre partant vers le Nord (branche la plus importante) pour donner naissance au Courant Nord Brésil.

Le Courant Nord Brésil longe les côtes du Brésil, puis traverse l'équateur et entre dans l'hémisphère Nord. Ce courant Nord Brésil longe ensuite la côte vers le Nord-Ouest pour donner naissance au Courant des Guyanes. Le Courant Nord Brésil est rétrofléchi vers l'est dans le Contre-Courant Nord-Équatorial (NECC), le flux restant alimente également le courant côtier.

Le phénomène de réflexion semble un peu plus rare pendant le printemps boréal. L'une des raisons évoquées par la communauté scientifique est que la position du front de réflexion serait fonction de l'intensité du Courant Nord Brésilien (Stramma et Schott, 1999).

La réflexion du courant Nord Brésilien peut donner naissance au niveau du front de réflexion à des tourbillons (eddies). Ces eddies se dirigent alors vers le nord-ouest à la vitesse de translation de 7 à 14 km/jour pour une durée de vie d'environ 3 à 4 mois. Leur diamètre peut atteindre 400 km et avoir une influence jusqu'à 1 000 m de profondeur (Lampert, 2012).

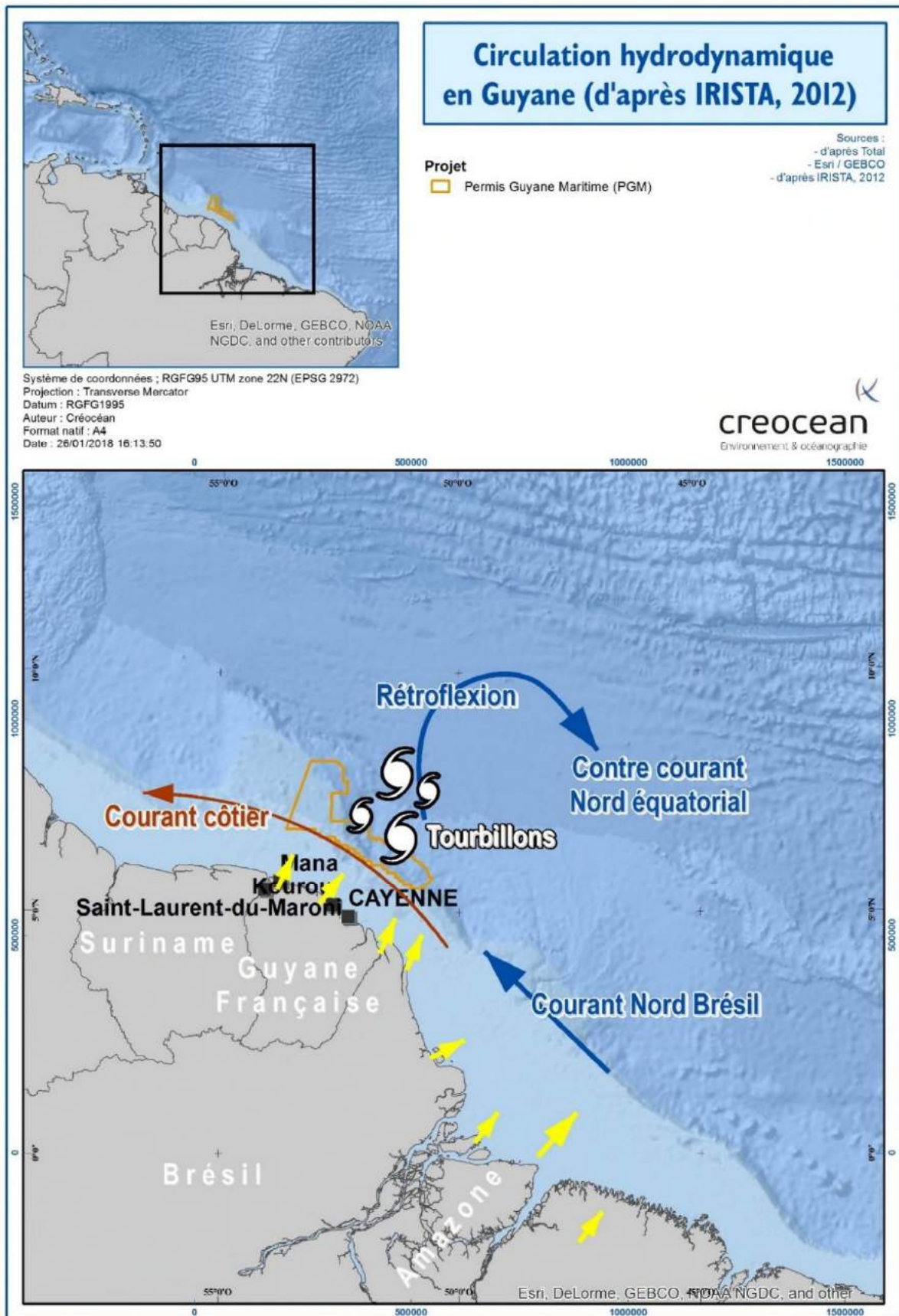
Le courant côtier longe à son tour les côtes guyanaises parallèlement à la pente continentale sur une largeur de 200 à 300 milles nautiques (Figure 17).

Il n'y a pas de schéma saisonnier très marqué et faisant consensus dans la littérature scientifique. Néanmoins, les trois études courantologiques réalisées par Créocéan sur cette zone en 2006, 2012 et 2013, ont permis de mettre en évidence, à partir de l'analyse de mesures satellitaires et de réanalyses globales (MERCATOR pour les années 2004, 2005 et 2011 et CGLORS<sup>3</sup> pour la période de 1993 à 2010), certaines tendances :

- Les vitesses maximales atteintes en surface sont de l'ordre de 2 à 2,5 m/s et portent au Nord-Ouest. Elles sont atteintes plutôt lors de la première partie de l'année et à l'aplomb du talus continental. La deuxième moitié de l'année, les courants maximaux atteints en surface sont légèrement plus faibles (de l'ordre de 1,5 à 2 m/s),
- L'intensité des courants diminue avec la profondeur, de telle sorte qu'à mi-profondeur les courants maximaux n'atteignent plus que 1 m/s et 0,5 m/s proche du fond. Ces courants sont parallèles à la pente du talus continental. Une inversion de la direction de courant existe parfois entre les courants de surface et les courants à mi-profondeur et les courants de fond.

---

<sup>3</sup> CGLORS pour CMCC Global Ocean Physical Reanalysis System (CMCC : Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Italie)



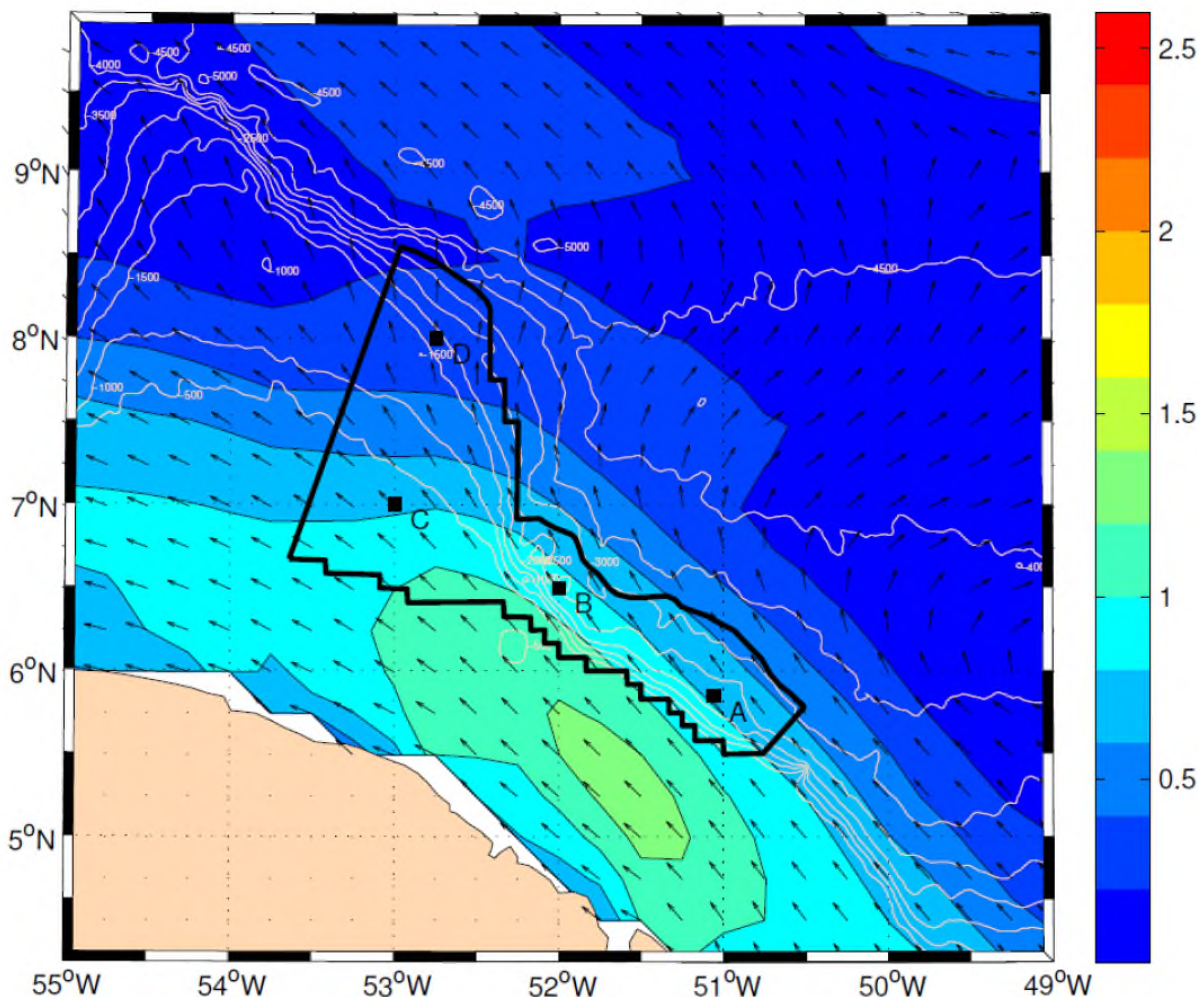
Source : FUGRO-GEOS, 2012

Figure 17. Circulation hydrodynamique en Guyane



### 2.1.2.3.2. Analyse du modèle Mercator

Les résultats principaux de l'étude réalisée par Créocéan en 2013 (Créocéan, 2013c) sont présentés ci-dessous. Cette étude est basée sur une réanalyse du modèle Mercator (données recueillies sur la période 01/1993 à 12/2010). Quatre points (A, B, C, D) ont été sélectionnés sur l'ensemble de la zone correspondant aujourd'hui à la zone du Permis Guyane Maritime afin d'avoir une vision globale du site (Figure 18). Pour le point C situé sur le plateau continental, seules les données de surface ont été analysées.



Source : Créocéan 2013

**Figure 18. Répartition des points utilisés pour l'analyse des courants (en m/s) du modèle MERCATOR**

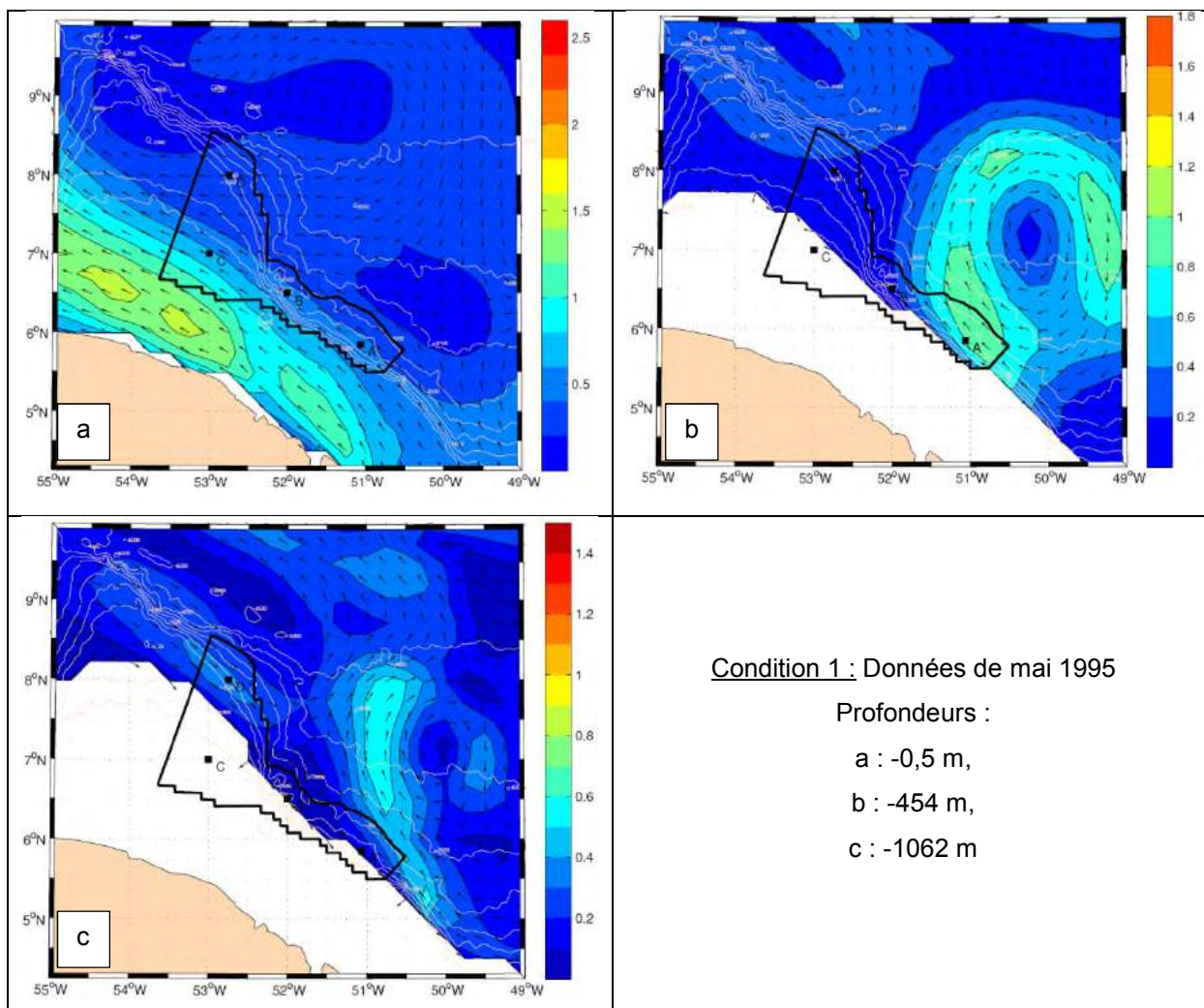
L'analyse sur les dix-huit années a mis en évidence quatre conditions-types de courant :

- Condition 1 : Courant de Guyane proche de la côte avec une rétroflexion à -450 m de profondeur d'eau et un courant de SE à 1000 m de profondeur,
- Condition 2 : Une rétroflexion du courant Nord Brésilien très marquée sur toutes les couches du modèle,
- Condition 3 : Condition classique décrite dans la section précédente (§ 2.1.2.3.2)
- Condition 4 : Deux rétroflexions en surface et des courants faibles parallèles au talus continental et dans deux directions distinctes à -450 et -1000 m de profondeur.

Ces modifications des courants généraux ne semblent pas liées à des variations saisonnières.

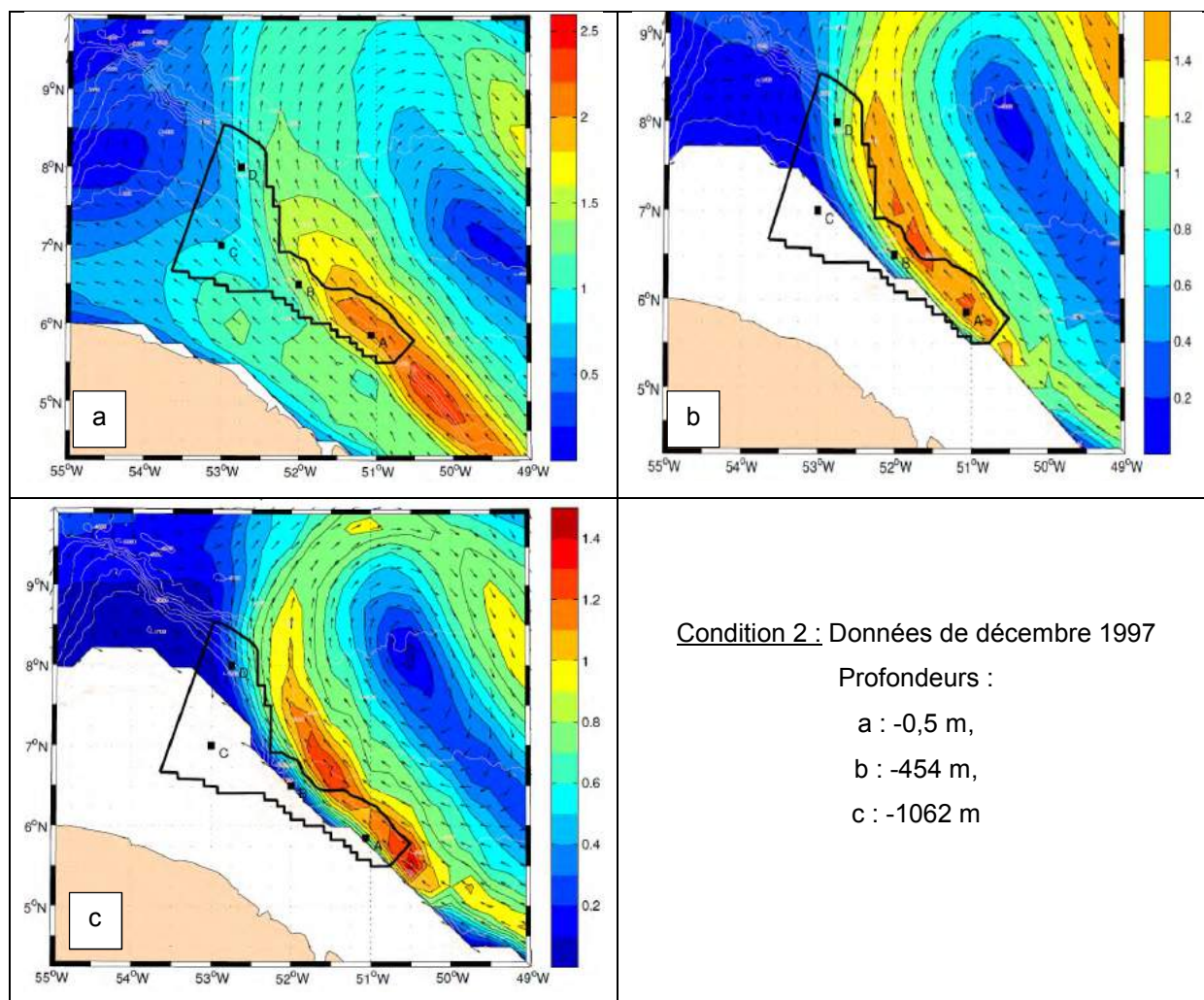


Les figures ci-dessous présentent les quatre conditions types de courant précitées à trois profondeurs. Elles sont basées sur l'utilisation de données mensuelles correspondant à la situation décrite.



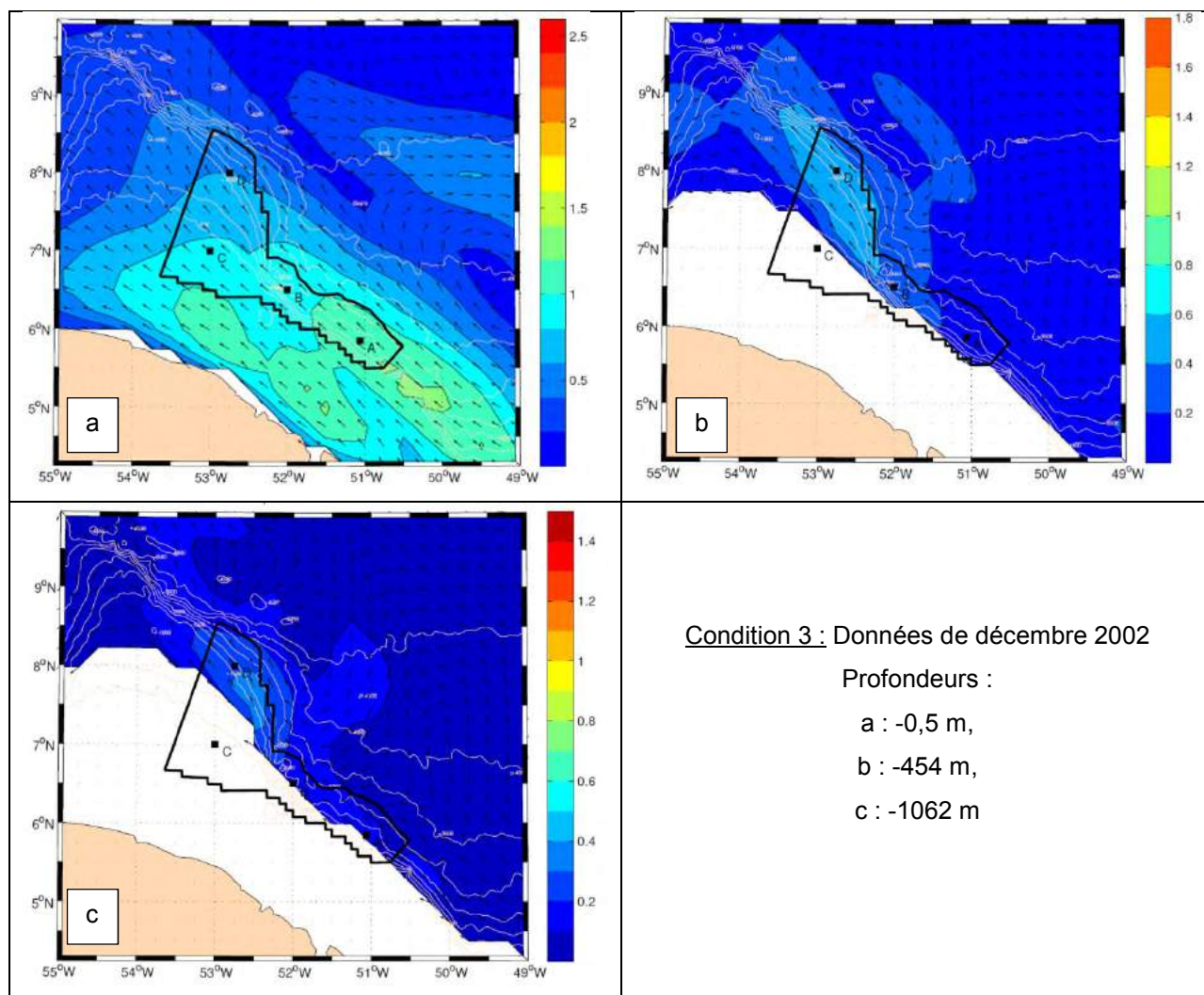
Source : Créocéan 2013

Figure 19. Vitesse moyenne du courant (m/s) en mai 1995



Source : Créocéan 2013

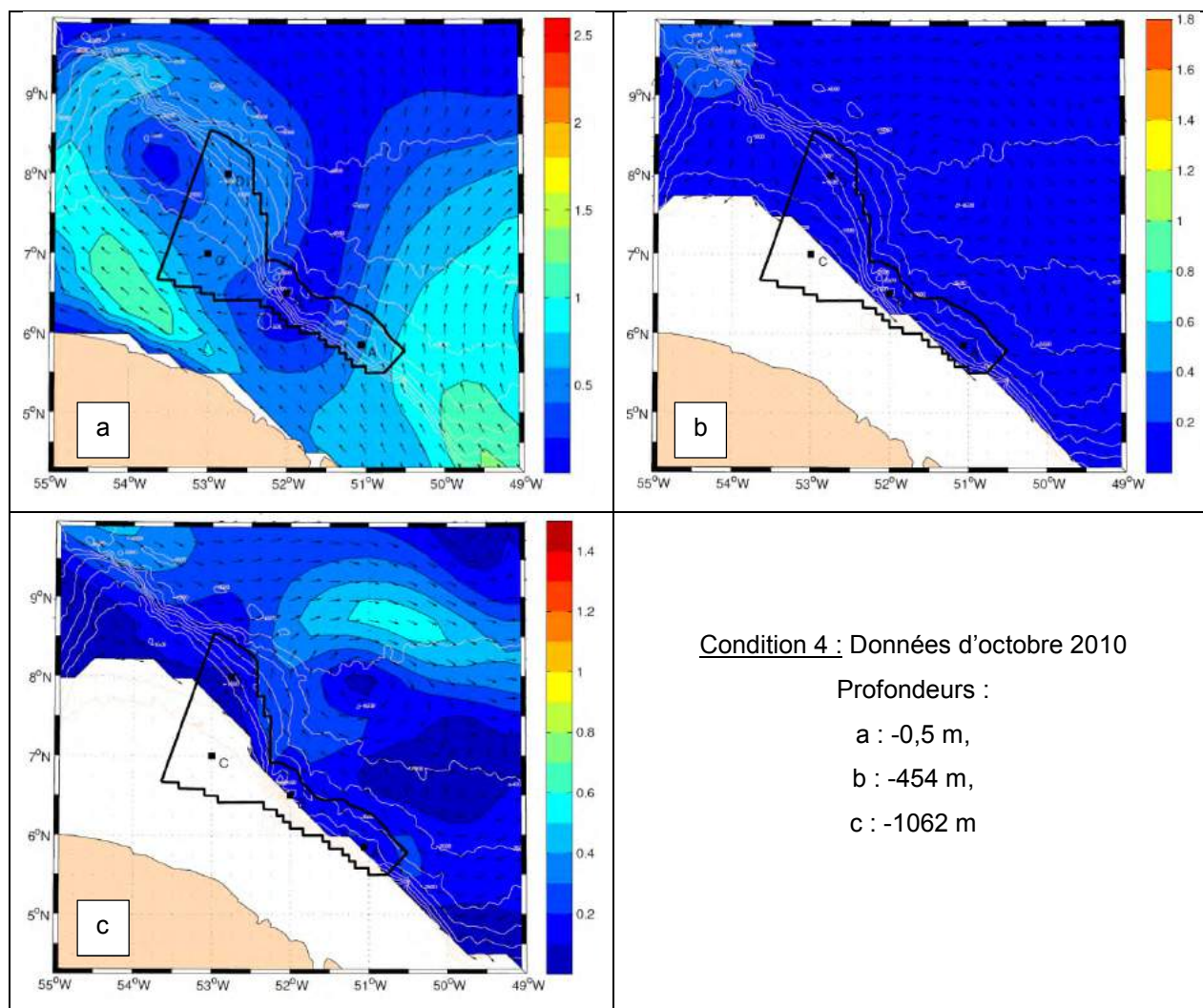
Figure 20. Vitesse moyenne du courant (m/s) en décembre 1997



Source : Créocéan 2013

Figure 21. Vitesse moyenne du courant (m/s) en décembre 2002





Source : Créocéan 2013

Figure 22. Vitesse moyenne du courant (m/s) en octobre 2010

## 2.1.3. Contexte géologique

### 2.1.3.1. Géologie

Cette présentation de la géologie décrit l'ensemble des terrains rencontrés en domaine terrestre et sur le plateau continental guyanais.

#### ▶ **Le bouclier précambrien (ou antécambrien)**

Choubert (1974) auteur pour partie de la carte géologique au 1/100 000 distingue plusieurs domaines lithologiques :

- Le domaine paragéosynclinal (Hyléen) qui correspond au complexe de l'île de Cayenne et qui constitue les roches les plus anciennes de la Guyane. Il s'agit de roches métamorphiques recoupées par des venues de gabbros ou de diorites.
- Le domaine géosynclinal (ou période guyanaise) qui est composé de plusieurs séries :
  - La série Paramaca, riche en produits miniers, qui se divise en :
    - Paramaca inférieur, composé de roches sédimentaires et métamorphiques ;
    - Paramaca supérieur, constitué de laves de natures diverses.
  - Les granites guyanais,
  - Les séries de la période caraïbe qui comprennent des roches détritiques métamorphisées reposant sur les granites, gneiss et pegmatites caraïbes.

#### ▶ **Les terrains tertiaires**

Un seul lambeau sédimentaire tertiaire a été rencontré par sondage près de Mana (entre 79 et 99 mètres de profondeur). Ce niveau de calcaires a été rattaché au Paléocène.

#### ▶ **Les terrains quaternaires**

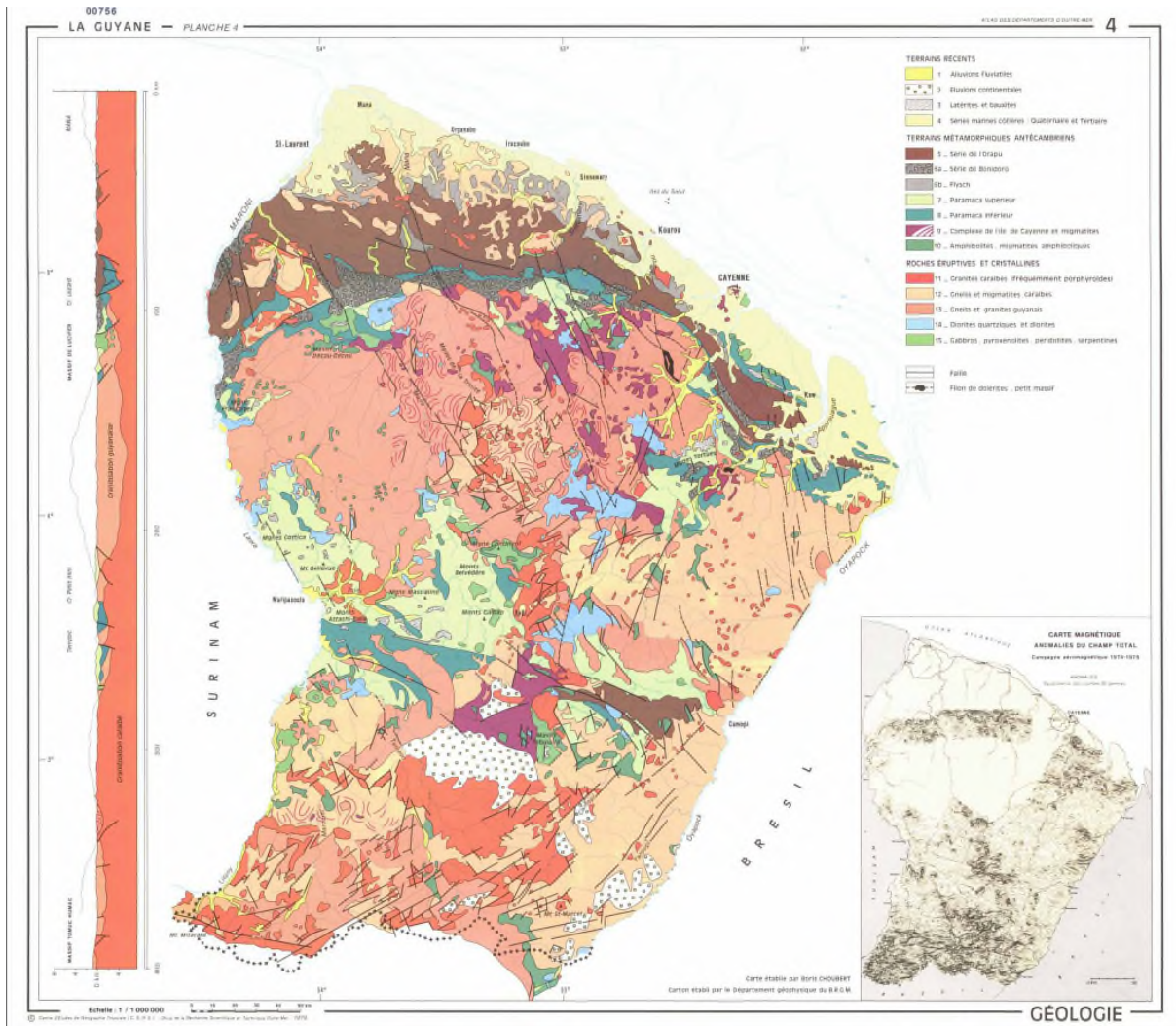
Les dépôts quaternaires sont en contact direct avec le précambrien. S'ils ne représentent qu'un placage peu épais à l'Est d'Organabo, ils sont beaucoup plus épais à l'Ouest de cette localité, où débute une vaste fosse de sédimentation qui trouve son maximum d'extension au niveau de la Berbice, au Guyana. Les affleurements du socle cristallin perçant les alluvions ne sont pas rares et forment même des îlets en mer. Les sédiments quaternaires forment des plaines côtières minces.

En allant de l'intérieur vers la mer, il est distingué :

- La plaine côtière ancienne : la plus éloignée de la mer et la plus sableuse où sont distingués du bas vers le haut, les dépôts suivants dont l'épaisseur varie entre 8 et 15 m :
  - La série subcontinentale de base dont le faciès sablo-argileux mal trié et les galets ont la texture des produits d'altérite du granite ;
  - La série de Coswine, datée du Pléistocène, formée de cordons de sable et d'argiles marines bariolées dessalées et oxydées (taches de rouille) directement déposées sur le socle précambrien.
- La plaine côtière récente : c'est la plus proche de la mer et la plus argileuse. Les sédiments appartiennent tous à la série Démérara (appelé aussi dépôt Coronié), d'âge Holocène, à l'exception des dépôts actuels qui constituent les vasières de front de mer. Du bas vers le haut (du plus ancien au plus récent), il est distingué des argiles d'eaux saumâtres surmontées par des cordons sableux mêlés à des argiles marines salées ou saumâtres.
- Les zones estuariennes ou perturbées par des réseaux hydrographiques anciens. Les dépôts prennent alors des faciès fluvio-continentaux plus ou moins mélangés à des argiles marines.
- Les alluvions fluviales d'origine continentale. Ils sont assez abondants dans les cours inférieurs des fleuves, plus rares en amont. Les produits mis en place sont majoritairement de nature sableuse.

Des formations carbonatées éparses datant de la dernière remontée du niveau marin sont présentes sur le plateau et en particulier en rebord de plate-forme (Frappa et Pujos, 1994). Ces formations ont également été observées récemment sur le rebord du plateau Brésilien.

En termes de données cartographiques, les sources de données proviennent principalement du BRGM pour la partie terrestre, données reprises dans plusieurs études cartographiques, et du SHOM pour la partie marine. Nous présentons ici une carte issue de la carto-thèque de l'IRD reprenant les principaux éléments géologiques de la Guyane. Pour le domaine maritime, il n'existe pas de carte géologique.



Source : Cartothèque de l'IRD - Choubert, 1979 – d'après des données du BRGM

**Figure 23. Géologie de la Guyane – zone terrestre**

L'étude des sédiments meubles grossiers du littoral guyanais a montré qu'ils proviennent de l'érosion du socle précambrien situé en amont, bouclier guyanais proche ou contreforts andins via l'Amazone. Cette érosion provoque les dépôts continentaux ; ceux-ci, à leur tour, nourrissent successivement les dépôts sublittoraux, littoraux et marins.



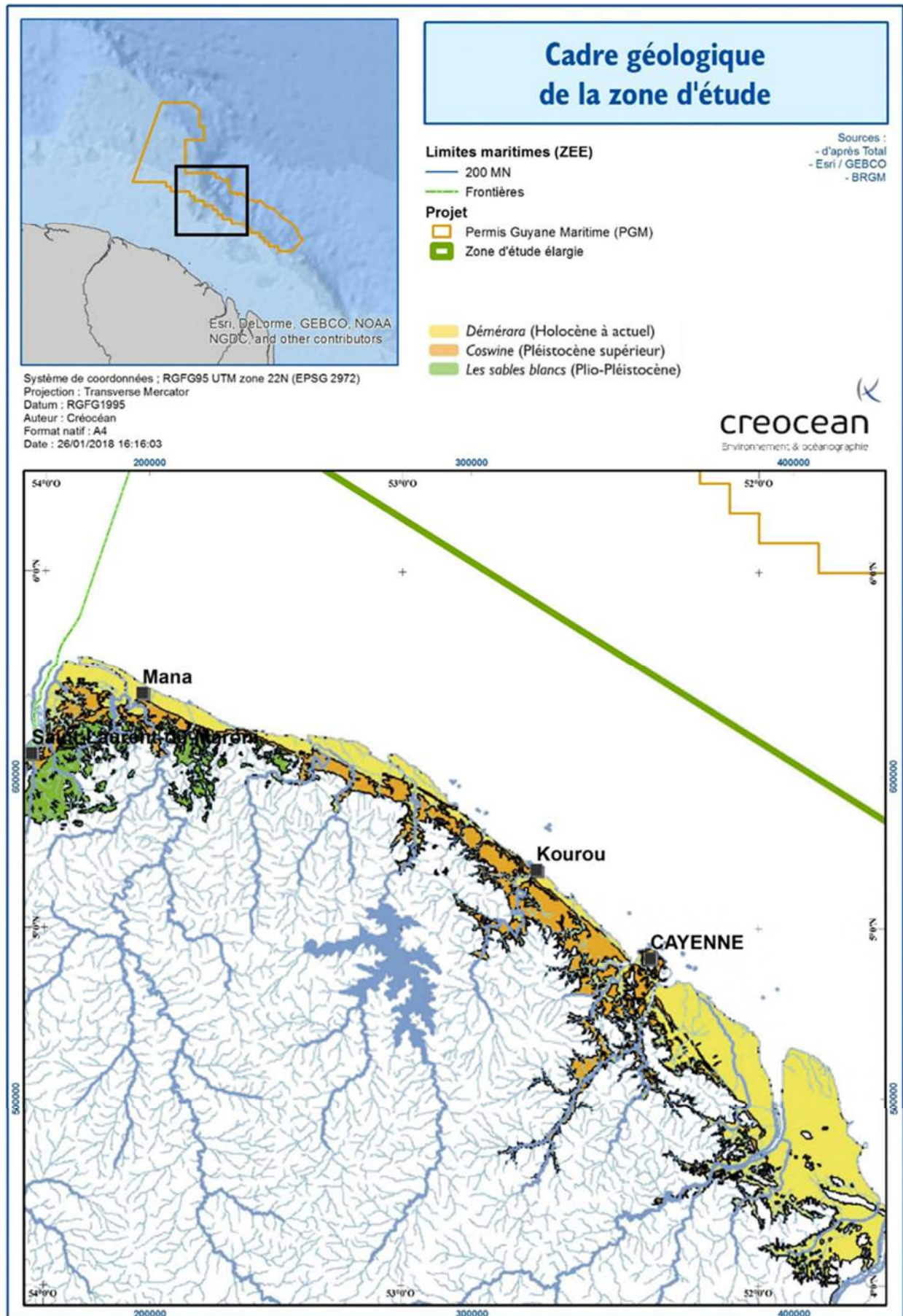
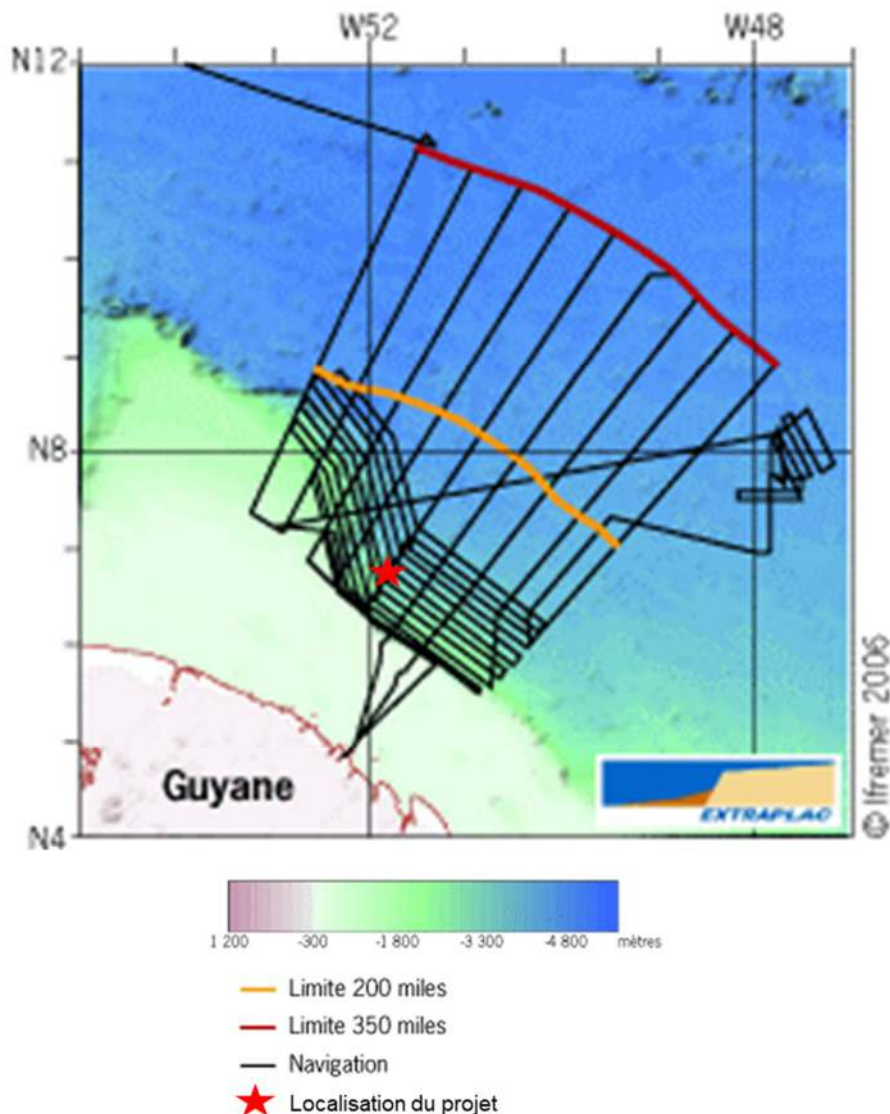


Figure 24. Cadre géologique du domaine côtier de Guyane

Hormis, les données acquises dans le cadre de la prospection pétrolière, des données sismiques relativement 'récentes' ont été acquises dans le cadre du projet EXTRAPLAC, projet visant à l'extension de la limite des eaux territoriales françaises. La campagne GUYAPLAC, réalisée dans le cadre de ce projet, a permis une caractérisation géologique de la partie Est du plateau guyanais, de sa pente et de la plaine abyssale.



Source : site web : Extraplac

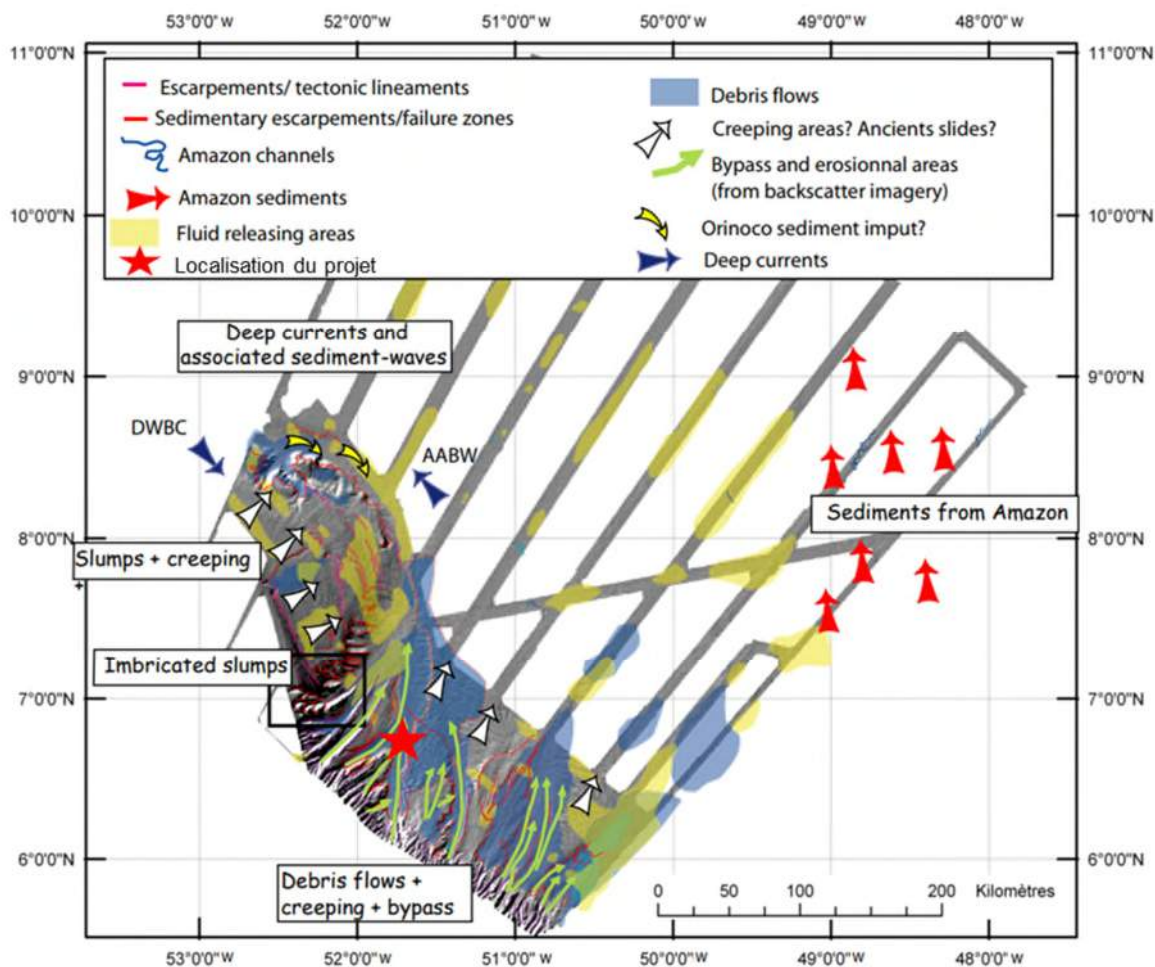
**Figure 25. Localisation des profils de campagne GUYAPLAC**

La marge de la Guyane a débuté sa formation avec la phase de rift de l'Atlantique équatorial (Jurassique inférieur). Durant cette phase de rift, la marge Est guyanaise et le plateau de Démérara ont fonctionné en failles transformantes et en échelons.

La phase post-rift consiste en une sédimentation essentiellement sous forme de prisme alimenté par les deux sources majeures de la région : le fleuve Amazone et le fleuve Orénoque.

D'après l'étude des données sismiques (Lonck *et al.*, 2009), les sédiments du talus continental sont fortement affectés par des déstabilisations massives et fréquentes de pente probablement associées à la très forte dénivellation observé. Des mouvements sédimentaires sont également décrits sur l'ensemble du plateau de Démérara et associés, pour cette zone, à un basculement du plateau induit par une subsidence différentielle.





Source : d'après Lonck et al., 2009

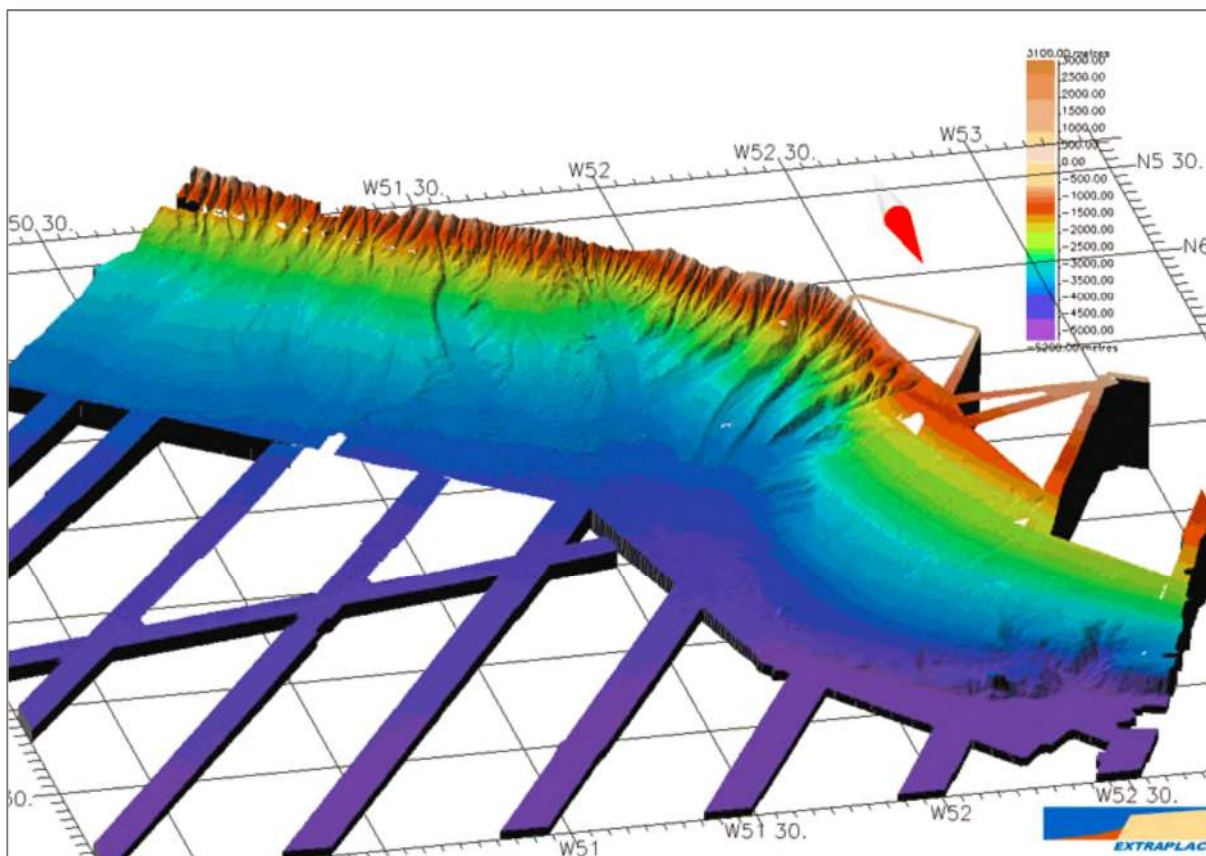
**Figure 26. Mouvements sédimentaires au large du plateau continental de la Guyane**

### 2.1.3.2. Bathymétrie et géomorphologie

La profondeur du plateau continental de la Guyane est comprise entre 0 et 200 m de hauteur d'eau et s'étend depuis les côtes sur une largeur comprise entre 120 et 170 km. Le plateau continental est une plateforme qui se décline selon une très faible pente évaluée à 0,6-0,7 m/km (AAMP, 2009a).

Le plateau continental s'interrompt par un talus très pentu atteignant plus de 2000 m de profondeur et entaillé de canyons sous-marins (Figure 27).

Les fonds montrent ensuite une pente plus faible, pour rejoindre la plaine abyssale de Démérara, par plus de 5000 m d'eau. Une zone se différencie par une pente plus douce, le Plateau de Démérara (au large de la frontière entre la Guyane et le Suriname).



Source : Ifremer, 2003

**Figure 27. Bathymétrie au-delà du plateau continental guyanais**

Le plateau continental est essentiellement constitué de substrats meubles envasés.

Des zones de substrats durs induisant un léger relief sont observées sur le plateau et en particulier en rebord de plate-forme. D'après des études récentes sur la plate-forme brésilienne, certaines de ces formations seraient associées à des roches carbonatées. Des études plus anciennes (Frappa et Pujos, 1994) indiquaient des récifs biogéniques associés au début de remontée du niveau marin en rebord de plate-forme (structures âgées de 15 000 à 18 000 ans).

Au-delà, les fonds océaniques plongent au niveau du talus continental pour rapidement atteindre une hauteur d'eau d'environ 2 000 à 3 000 m, sauf au niveau du Plateau de Demerara qui se caractérise par une pente beaucoup plus douce (Figure 28). Il est situé au large, de part et d'autre de la frontière entre la Guyane et le Suriname. Au-delà du talus continental s'étend la plaine abyssale de Demerara, où la hauteur d'eau avoisine les 5 000 m. Ensuite les fonds remontent au niveau de la dorsale médio-Atlantique qui culmine à 2 900 m sous le niveau de la mer.

Le talus continental est une zone de transition stratégique entre le plateau continental peu profond et les eaux du large. Il s'y déroule de nombreux processus relativement complexes dits dynamiques comme l'accélération des courants marins et des processus biologiques relatifs à des échanges de nutriments et de biomasse. Le talus est entaillé par des canyons sous-marins plus ou moins profonds par lesquels transitent le matériel sédimentaire qui est épandu sur le glacis et la plaine abyssale.

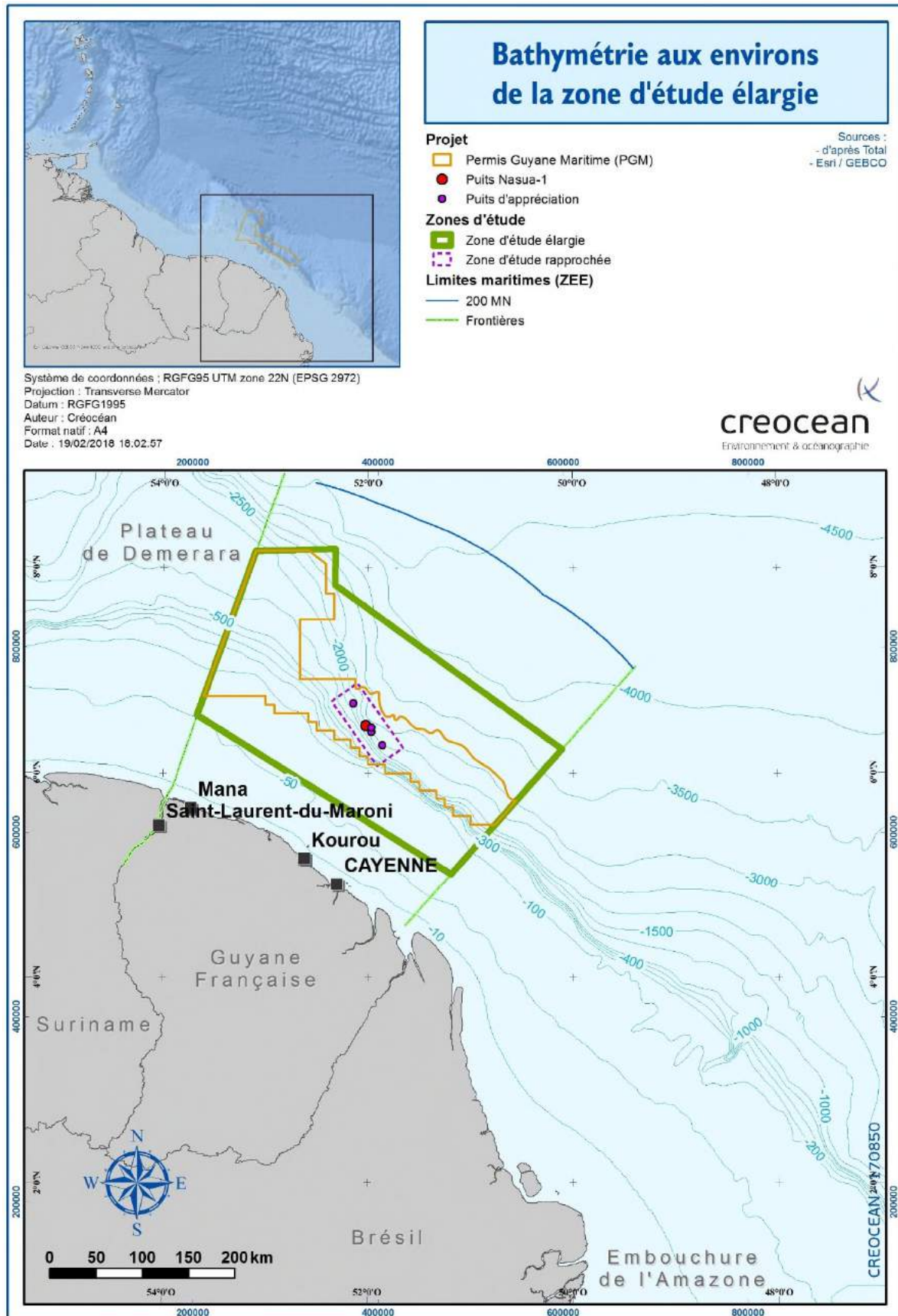


Figure 28. Bathymétrie générale de la zone d'étude élargie au sein du domaine maritime guyanais

### 2.1.3.3. Sédimentologie

#### 2.1.3.3.1. *Nature des fonds*

Les fonds au large de la Guyane peuvent être classés en quatre catégories distinctes :

▶ **Le plateau continental**

Les données relatives aux sédiments superficiels du plateau continental sont issues de la carte SHOM 6131G (1955).

Les sédiments superficiels rencontrés sur le plateau continental sont caractérisés par une augmentation globale de leur granulométrie depuis le rivage vers le large.

Les fonds littoraux sont constitués majoritairement de vases argileuses. On observe toutefois des portions sableuses, notamment au niveau de l'estuaire du Maroni. Les vases s'étendent depuis la bordure littorale sur une largeur de 20 à 50 km des côtes. Ces sédiments présentent des teneurs en carbonates inférieures à 10%. Nous notons également la présence très ponctuelle de zones rocheuses.

Au-delà de la zone vaseuse littorale apparaissent des fonds constitués de sables fins présentant une proportion réduite de particules fines (<10%). Cette formation de sables fins s'étend sur des distances variables, allant de 30 km à plus de 130 km, soit l'extrémité du plateau continental. Cette zone de fonds sableux est ponctuellement interrompue par des secteurs rocheux ou indurés ou de sédiments plus grossiers (sables et graviers) rencontrés essentiellement dans l'Ouest. Cette formation sableuse présente des teneurs en carbonate souvent inférieures à 10%, excepté dans le Nord-Ouest où celle-ci peut atteindre 50%.

A l'est de 52°30'W, entre les sables fins et la limite du plateau continental, un faciès particulier de sables très fins est rencontré.

▶ **Une zone d'affleurements rocheux en bordure du plateau continental**

Des substrats durs induisant un léger relief ont été décrits sur le rebord du plateau continental guyanais (Frappa et Pujos, 1994). Des études plus récentes au large du Brésil évoquent des formations similaires qui seraient associés à des roches carbonatées. Ces substrats sont très méconnus. Il s'agirait de structures récifales biogéniques avec parfois la présence de zones à rhodolithes, qui se développent autour des isobathes 100 et 200m environ, et s'étendent de manière plus ou moins discontinue le long des côtes brésiliennes et du plateau guyanais.

▶ **Le talus continental**

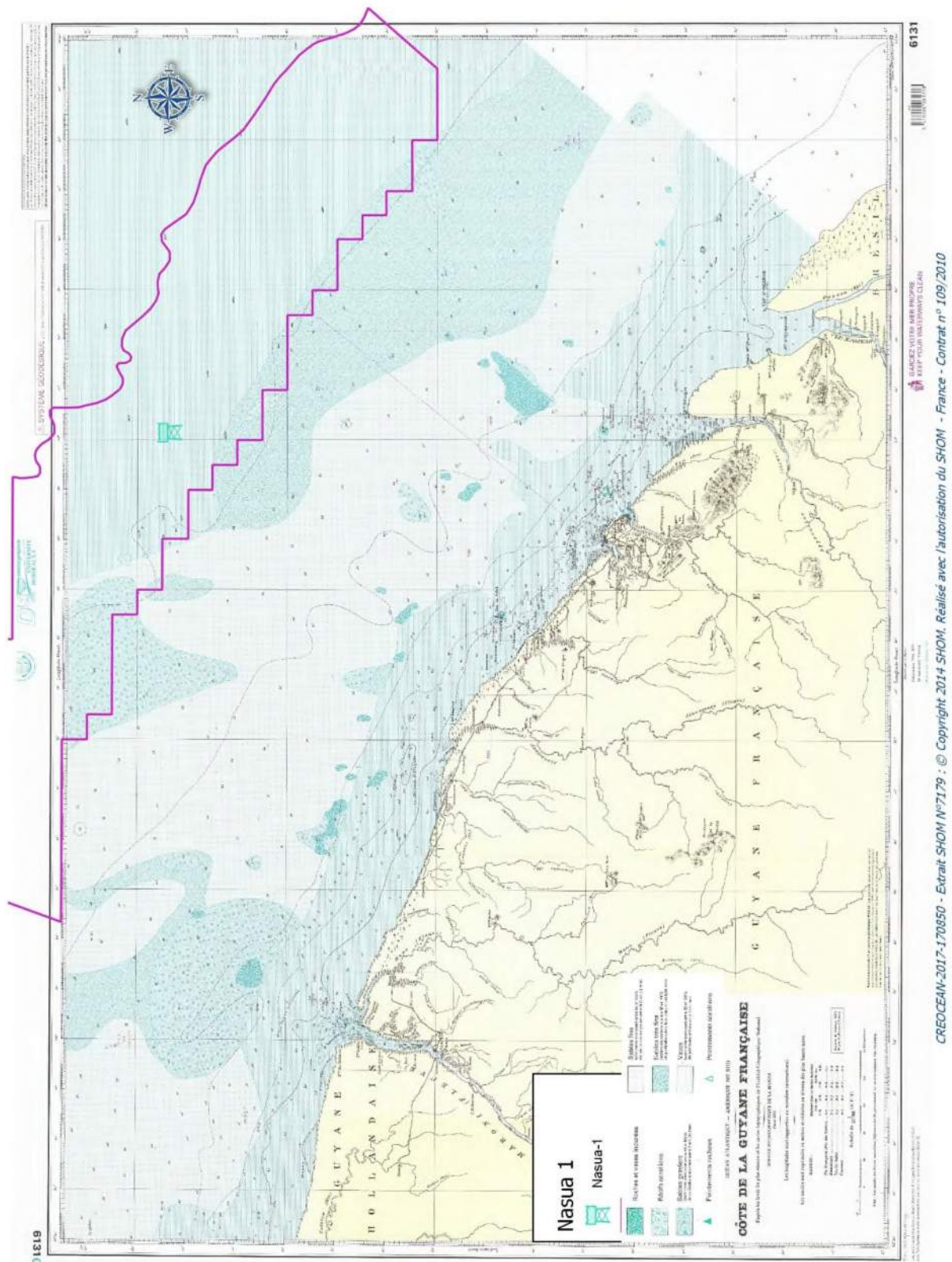
Les sédiments meubles du talus continental sont constitués de sables vaseux à vases sableuses surmontant des vases pures. Les teneurs en carbonate sont comprises entre 10 et 50%.

▶ **La plaine abyssale**

Le domaine profond se caractérise essentiellement par des vases pures.

Ces différents secteurs sont analysés plus en détails dans la section 2.3 de ce document.

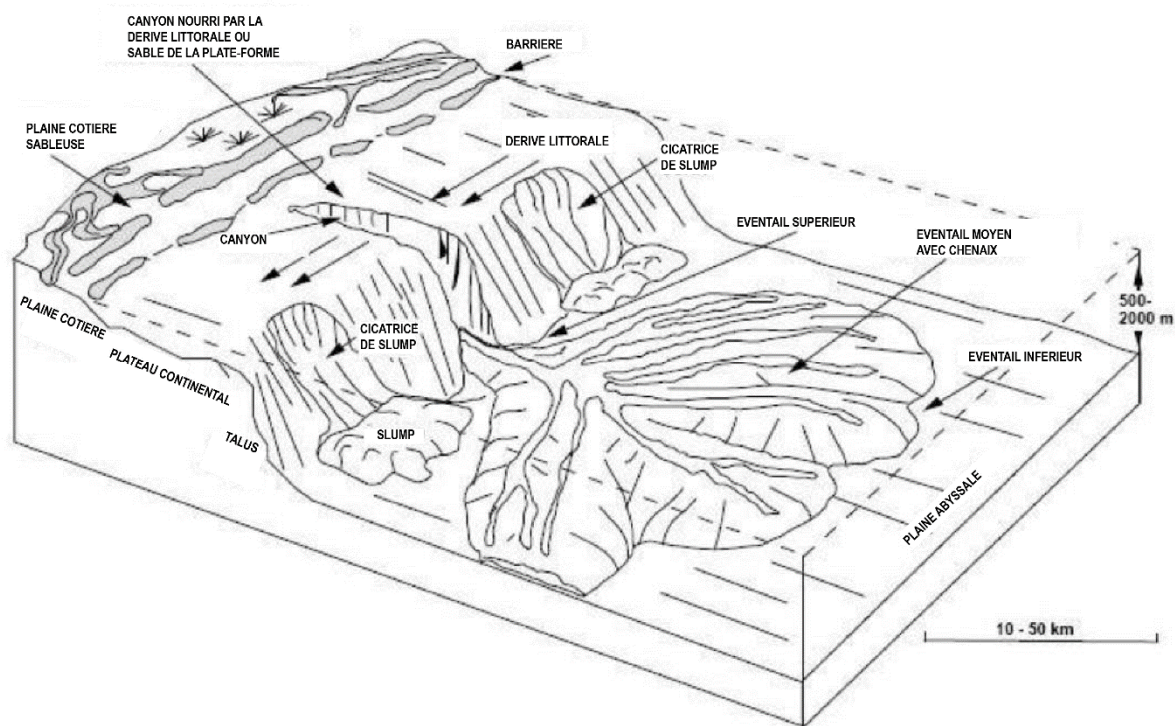




Source : SHOM, carte G n°6131G, 1955

Figure 29. Carte G du SHOM, géologie de surface du domaine maritime guyanais

### 2.1.3.3.2. Transport sédimentaire



Source : d'après Reading et Richards, 1994

**Figure 30. Physiographie d'un canyon sous-marin et système sédimentaire clastique associé**

Tout déséquilibre déclenche des déplacements gravitaires depuis la plateforme vers le glacis et produit une érosion plus ou moins notable du talus. Ces déplacements de matériaux sont de plusieurs types :

- Éboulement de blocs et panneaux, les éléments se retrouvent dispersés dans les sédiments profonds. Ils sont appelés olistolites lorsqu'ils sont petits ou klippes sédimentaires quand ils sont plus grands (centaines de mètres).
- Glissement en masse de sédiments en voie de lithification. L'ensemble reste cohérent mais se déforme en produisant des convolutes (ondulations décimétriques) ou des slumps (plis métriques).
- Coulée de débris. Cela produit un dépôt en vrac comme dans les coulées de débris continentales.
- Courant de turbidité où nuage d'eau chargée de matériaux de la taille des graviers, sables et argiles.

La majeure partie des matériaux est transportée par ce dernier mécanisme. Ces courants se déplacent à grande vitesse (plusieurs dizaines de km/h) et peuvent parcourir plusieurs dizaines de kilomètres. Ils produisent une érosion par aspiration à l'avant puis un dépôt après leur passage. Les éléments les plus grossiers sont déplacés sur le fond par traction tandis que les particules les plus fines restent en suspension.

Les matériaux transportés par les courants de turbidité s'accumulent en bas du talus pour former un éventail sous-marin : le cône bathyal ("deep sea fan"). Les courants suivent des chenaux, et les dépôts forment des lobes. Les éléments grossiers se déposent en amont, dans la partie proximale du cône et les particules fines en aval, dans la partie distale.

## 2.1.4. Contexte acoustique sous-marin

Le monde sous-marin est tout sauf silencieux et est composé d'un chorus sonore regroupant trois familles de bruits : les bruits naturels (vagues, craquements sismiques...), les bruits biologiques (mammifères marins et autre biodiversité marine), et les bruits anthropiques (activités humaines, trafic maritime...).

Ces bruits sont de nature bien différente selon les endroits, les saisons, les conditions climatiques, l'heure de la journée, etc. Ainsi, le bruit sous-marin constitue une composante physique à évaluer dans un contexte géographique donné, et dont les modifications peuvent potentiellement avoir des conséquences sur l'écosystème et certains organismes marins sensibles à la pression.

Les niveaux de bruit sous-marin ne sont pas à comparer avec les niveaux de bruit aérien. En effet, le niveau de référence est de 1  $\mu\text{Pa}$  en acoustique sous-marine, contre 20  $\mu\text{Pa}$  dans l'air. De plus, avec une densité environ 1000 fois plus élevée que l'air, le milieu océanique est considéré comme un milieu de propagation incompressible contrairement à l'air. Ainsi, toute comparaison est à proscrire.

La figure 31 donne, à titre illustratif, une échelle de niveaux sonores émis typiques, soit par les activités humaines, soit par la faune marine, soit par les conditions environnementales.

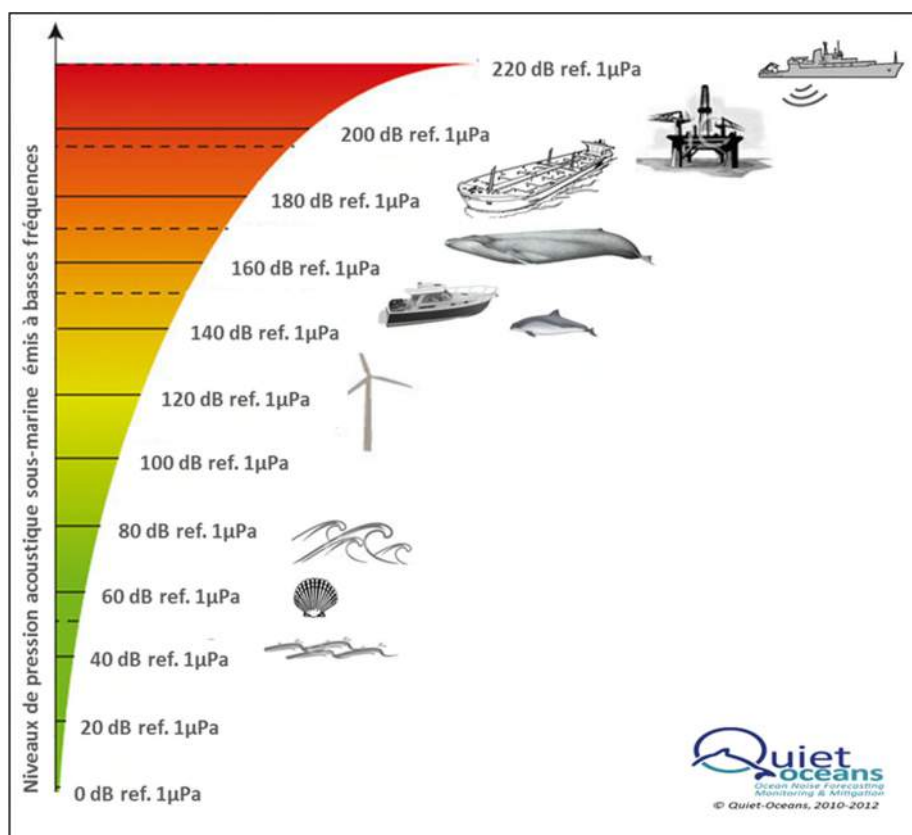


Figure 31. Echelle qualitative des niveaux de bruits sous-marins émis à un mètre dans une bande basse fréquence de quelques kHz

### ► Ambiance sonore sous-marine au niveau de la Guyane

Il n'existe pas de données bibliographiques au niveau de la zone du projet.

De manière générale, le bruit de fond des océans résulte de multiples sources à la fois naturelles comme l'action des vagues et du vent et anthropiques telle que le trafic maritime, l'utilisation de sonars, l'exploration sismique, les sondages etc. La principale source de bruit résulte généralement de l'action du vent sur la surface, créant des bruits d'une fréquence de l'ordre de quelques centaines d'Hz à 30 kHz en fonction de la météorologie. Dans les zones tropicales, certaines espèces contribuent de manière significative au bruit de fond (certains types de crevettes peuvent par exemple émettre des sons jusqu'à 100 Hz (MEDDE, 2012)).

Une revue générale sur les bruits dans le milieu marin a été effectuée par l'OSPAR (OSPAR, 2009). Le tableau 2 récapitule les ordres de grandeurs de différentes sources de bruits anthropiques recensés en milieu marin



par l'OSPAR.

**Tableau 2. Ordre de grandeur des différentes sources de bruits anthropiques en milieu marin**

Bruit	Niveau à la source	Bande de fréquence	Amplitude majeure Hz	Durée (ms)	Directionnalité
	<b>dB re 1 <math>\mu</math>Pa à 1 m *</b>	<b>Hertz</b>	<b>Hertz</b>	<b>ms</b>	
Bruit ambiant océan temps calme	60	-	10-100	variable	omnidirectionnel
Bruit ambiant océan mauvais temps	90-100	-	100-3 000	variable	omnidirectionnel
Bruit ambiant eaux océaniques profondes (loin des activités humaines)	95				
Bruit ambiant eaux peu profondes, côtières, du plateau continental (proches des activités humaines)	110-120				
<b>Construction offshore</b>					
TNT	272 -287 pic-pic <sup>4</sup>	2-1 000	6-21	1-10	omnidirectionnel
Battage de pieu	228 pics <sup>5</sup> / 243-257 pic-pic	20-20 000	100-500	50	omnidirectionnel
<b>Activités industrielles offshore</b>					
Dragage	168-186 rms	30-20 000	100-500	permanent	omnidirectionnel
Sondage	145-190 rms** <sup>6</sup>	10-10 000	<100	permanent	omnidirectionnel
Eolienne	142 rms	16 – 20 000	30 -200	permanent	omnidirectionnel
<b>Navigation</b>					
Petites barges et bateaux	160-180 rms	20 – 10 000	>1 000	permanent	omnidirectionnel
Navires larges	180-190 rms	6 -30 000	> 200	permanent	omnidirectionnel
<b>Sonars</b>					
Sonars militaires de fréquence basse	215 pics	100-500		600-1 000	concentration horizontale
Sonars militaires de fréquence basse	223-235 pics	2 800- 8 200	3, 500	500-2 000	concentration horizontale
Echosondeurs	235 pics	variable	Variable 1,500-36, 000	5-10 ms	concentration verticale
<b>Activités sismiques</b>					
Canons à air	260-262 pic-pic	10 -100 000	10-120	30-60	concentration verticale*
Dispositifs pour effaroucher des animaux utilisé comme mesure d'évitement pour certains projets	132-200	5 000- 30 000	5 000-30 000	variable	omnidirectionnel
Dispositifs houlomoteurs et marémoteurs de production	165-175 rms***	10-50 000		permanent	omnidirectionnel

<sup>4</sup> pic-pic (Niveau peak to peak en anglais) : correspond à la différence de pression acoustique entre le maximum et le minimum de pression sur un intervalle de temps réduit (~0.1 sec).

<sup>5</sup> pic ou (Niveau 0 to peak en anglais) : correspond au maximum instantanée de la pression acoustique en valeur absolue. Si le signal acoustique est symétrique, le niveau pic-pic est le double du niveau 0-pic (en unité  $\mu$ Pa)

<sup>6</sup> La valeur efficace ou rms (Root Mean Square en anglais) correspond à la racine carrée de la moyenne des carrés du signal sur une période de temps fixée.



d'électricité

(\* Source nominale, \*\* Emissions plus importantes en cas d'utilisation des propulseurs d'étrave, \*\*\* Projection basée aux données bibliographiques qui sont recalculées à la distance de 1 m)

Source : Ospar 2009 et MEDDE, 2012

## 2.1.5. Synthèse du contexte environnemental global

### ► Climat

La Guyane bénéficie, d'un climat de type équatorial humide, stable sur le plan des vents et des températures. Il peut être décomposé en quatre saisons liées à la rencontre des anticyclones des Açores et de Sainte-Hélène :

- La petite saison des pluies (novembre à janvier) : des précipitations moyennes à fortes. Vers la mi-décembre, surviennent une couverture nuageuse permanente et de fortes précipitations.
- Le petit été de mars (février à mars) : petite saison sèche.
- La saison des pluies (mars à juillet) : caractérisée par de nombreuses et fortes précipitations.
- La saison sèche (juillet à octobre) : période de transition où l'insolation est maximum et les précipitations de moindre importance.

Les températures moyennes annuelles en Guyane sont de l'ordre de 26°C avec de faibles variations (4 à 5°C) en fonction des saisons et des zones géographiques. Le changement climatique global aurait une influence sur la Guyane avec une hausse des températures moyennes annuelles.

La pluviométrie annuelle sur l'ensemble du territoire peut varier considérablement, allant du simple au double, avec environ 1 700 mm à près de 3 800 mm selon les secteurs et les reliefs. Aucune tendance du changement climatique n'est observée sur la pluviométrie en raison des variations annuelles très importantes.

Soumise au régime permanent des alizés, la Guyane est régulièrement sous l'influence des vents de secteur Nord-Est en saison des pluies et Sud-Est en saison sèche. Ces vents sont faibles à modérés et ne dépassent que très rarement les 80 km/h.

### ► Hydrographie

La Guyane est parcourue par de nombreux fleuves et rivières. Toutefois, l'hydrographie de la région est largement dominée, en termes de débit, par l'Amazone, qui se jette dans l'Atlantique au Nord du Brésil. Les eaux issues de l'Amazone sont reprises par les courants côtiers partant vers le Nord-Ouest et peuvent à certaines saisons atteindre l'arc antillais.

Les eaux douces des fleuves continentaux peu salées et chargées en nutriments se déversent et enrichissent toute l'année les eaux côtières dont profite le phytoplancton marin. Ces apports d'eau douce influencent la température, la salinité, la turbidité et l'enrichissement en nutriments des eaux marines surtout au niveau du plateau continental mais également plus au large.

### ► Océanographie

Les marées sont semi-diurnes.

Le régime des houles est caractérisé par une saisonnalité avec de plus fortes valeurs de hauteur de houle entre octobre et mai et de plus faibles énergies entre juin et septembre. Les plus fortes houles sont observées entre décembre et mars avec des hauteurs de 3,5 à 4,0 m, voire supérieures.

Les courants marins sont en lien avec la climatologie et le régime des vents. Le Courant Nord Brésil longe les côtes du Brésil pour donner naissance au Courant des Guyanes. Il est rétrofléchi vers l'est dans le Contre-Courant Nord-Équatorial (NECC), le flux restant alimente le courant côtier qui longe les côtes guyanaises parallèlement à la pente continentale sur une largeur de 200 à 300 milles nautiques. Les vitesses maximales de courant atteignent atteintes 2 à 2.5 m/s en surface. L'intensité des courants diminue avec la profondeur. Une inversion de la direction de courant existe parfois entre les courants de surface et les courants à mi profondeur et les courants de fond.

### ► Géologie

Transportés par l'Amazone, les sédiments meubles grossiers du littoral guyanais proviennent de l'érosion du socle précambrien situé en amont, incluant le bouclier guyanais proche et les contreforts andins. Cette érosion provoque les dépôts continentaux ; ceux-ci, à leur tour, nourrissent successivement les dépôts sublittoraux, littoraux et marins.

Une sédimentation importante agit sur le plateau continental alimentée par les deux sources majeures de la région : le fleuve Amazone et le fleuve Orénoque. Les sédiments du talus continental sont fortement affectés par des déstabilisations de pente massive et fréquentes probablement associées à la très forte pente observée.

### ► Bathymétrie et géomorphologie

La profondeur du plateau continental de la Guyane est comprise entre 0 et 200 m de hauteur d'eau. Le plateau s'étend depuis les côtes sur une largeur comprise entre 120 et 170 km. Le plateau continental est essentiellement constitué de substrats meubles envasés.

Des zones de substrats durs induisant un léger relief sont observées sur le rebord du plateau. Ces formations seraient associées à des roches carbonatées.

Le plateau s'interrompt par un talus très pentu pour atteindre 3000 m de profondeur et entaillé de canyons sous-marins sauf au niveau du Plateau de Démérara qui se caractérise par une pente beaucoup plus douce. Les fonds montrent ensuite une pente plus faible, pour rejoindre la plaine abyssale de Démérara, part 5000 m de profondeur.

### ► Nature des fonds

Les fonds littoraux sont constitués majoritairement de vases argileuses. Les sédiments superficiels rencontrés sur le plateau continental montrent une augmentation globale de leur granulométrie depuis le rivage vers le large avec un passage progressif de sédiments vaseux à des sables.

Il existe un large récif mésophotique carbonaté en bordure du plateau continental. Ce sont des structures récifales biogéniques avec parfois la présence de zones à rhodolithes, qui se développent le long de l'isobathe des 100 mètres entre 70 et 200 mètres de profondeur environ, et s'étendent de manière plus ou moins discontinue le long des côtes brésiliennes et du plateau guyanais.

Plus au large l'évolution des sédiments s'inverse avec l'observation de sable vaseux à vases sableuses puis vases pures depuis le talus continental jusqu'à la plaine abyssale.

### ► Transport sédimentaire

Les sédiments sur le plateau sont les détritiques et les carbonates. Les premiers sont issus des continents et apportés par les fleuves tandis que les seconds résultent de la production biologique.

Le talus continental est une zone de transition stratégique entre le plateau continental peu profond et les eaux du large. Il s'y déroule de nombreux processus relativement complexes dits dynamiques comme l'accélération des courants marins et des processus biologiques relatifs à des échanges de nutriments et de biomasse. Le talus est entaillé par des canyons sous-marins plus ou moins profonds par lesquels transitent le matériel sédimentaire qui est épandu sur le glacis et la plaine abyssale.

Sur la zone du talus tout déséquilibre déclenche des déplacements gravitaires depuis le plateau vers le glacis et produisent une érosion plus ou moins notable du talus. Les matériaux s'accumulent en bas du talus pour former un éventail sous-marin : le cône bathyal ("deep sea fan").

## 2.2. La colonne d'eau

### 2.2.1. Caractéristiques physiques

#### 2.2.1.1. Température de l'eau

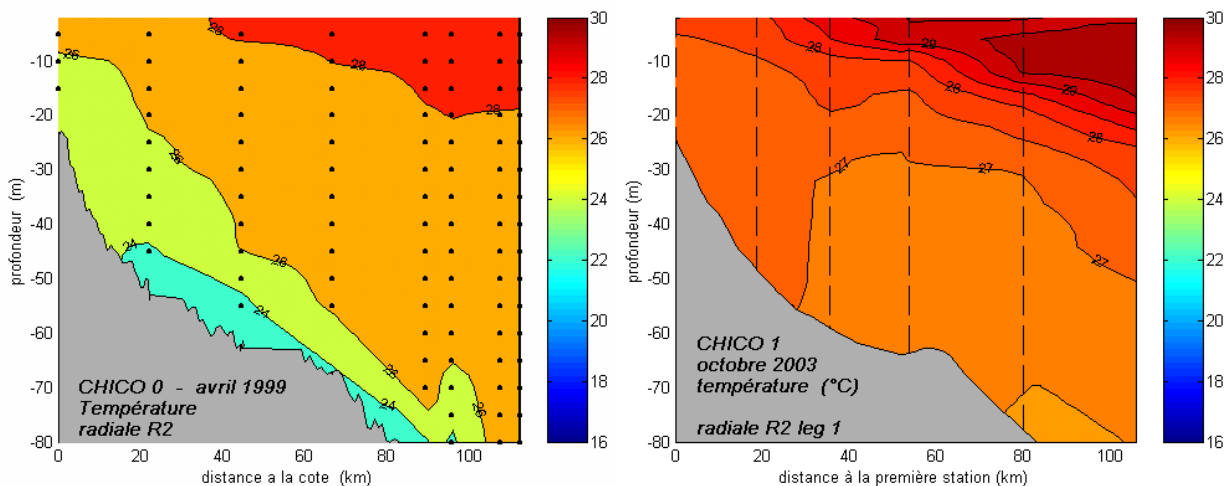
Plusieurs campagnes océanographiques au large de la Guyane ont été menées entre 2002 et 2009, procurant des relevés de la température de l'eau :

**Tableau 3. Sources bibliographiques principales de la température de l'eau de mer au large de la Guyane**

Site	Domaine	Valeurs	Auteur(s)
Large Guyane	Plateau continental	24 à 28°C	Chevalier et Lerat, 2002
Large Guyane	Côtier et plateau continental	26 à 30°C	Renaud, 2004
Large Est Guyane	Plateau et talus continentaux	Moyenne en surface : 28,0°C en avril, 29,7°C en octobre	Ternon <i>et al.</i> , 2004
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	3°C au fond à 28°C en surface	Créocéan, 2006 a et b
Large Est Guyane	Plateau continental	27 à 28°C	Créocéan, 2011
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	4°C au fond à 30°C en surface	Créocéan, 2013

#### ► Des variations saisonnières de température

Ternon *et al.*, (2004) ont mis en évidence une variation saisonnière de la température dans les 80 premiers mètres de la colonne d'eau (Figure 32).



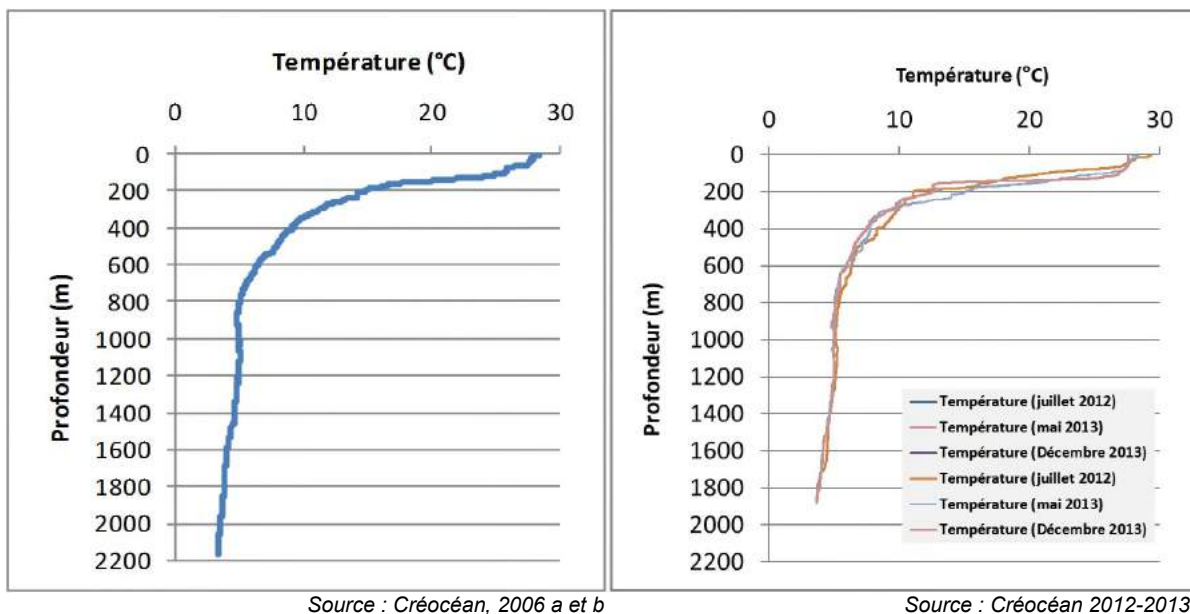
Source : Ternon *et al.*, 2004

**Figure 32. Profils de température en mer**

En avril, les températures près du fond au-delà des 40 m de profondeur sont inférieures à 22°C. En octobre, on observe une homogénéité des températures jusqu'à 80 m de profondeur.

► **Des températures qui varient fortement en fonction de la profondeur**

Les profils de température réalisés par Créocéan en 2006 et 2012-2013 sur plusieurs stations profondes (supérieures à 2000 m) montrent des écarts de température très élevés entre la surface et le fond :



**Figure 33. Exemples de profils de températures obtenus en 2006 et 2012-2013 à plus de 100 km au large de la Guyane**

Les profils diffèrent peu entre les dates ou les années. La couche d'eau de surface présente des valeurs de température élevées (28 °C). Elle décroît rapidement jusqu'à 15 °C vers 200 m de profondeur. La température chute ensuite plus lentement, pour atteindre 5 °C environ à 800 m de profondeur, et 4 à 3 °C au niveau du fond.

### 2.2.1.2. Salinité

La salinité des eaux côtières et des eaux du large de la Guyane a été mesurée à plusieurs reprises dans le cadre de travaux scientifiques. Le tableau 4 présente les résultats des principales contributions :

**Tableau 4. Sources bibliographiques principales de la salinité au large de la Guyane**

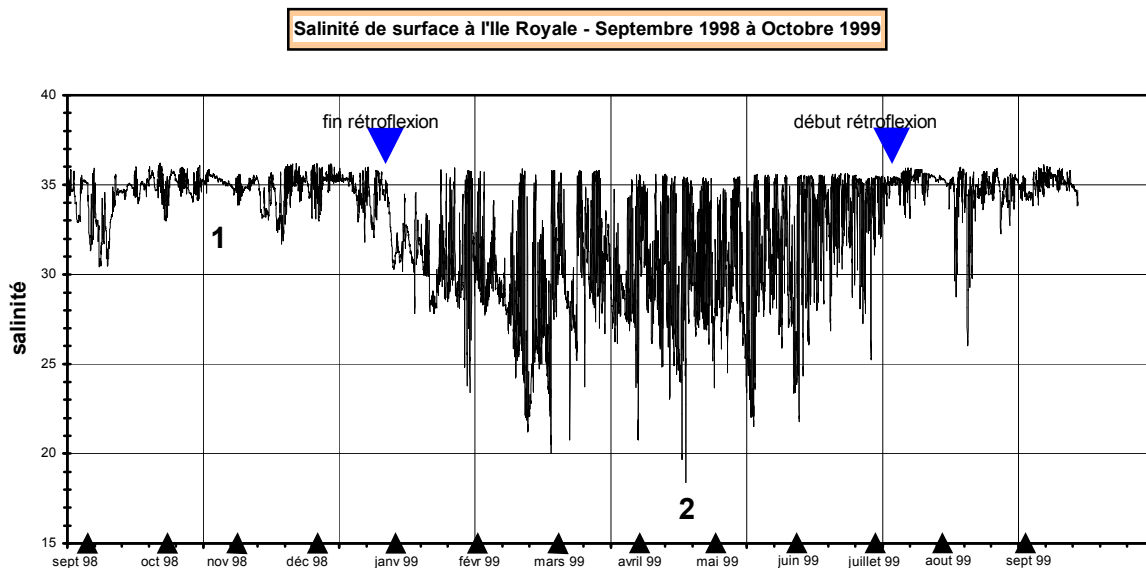
Site	Domaine	Valeurs	Auteur(s)
Embouchure Mahury	Domaine côtier	12 à 33 PSU	Artigas et Guiral, 2002
Estuaire Kaw	Domaine côtier	1 à 30 PSU	Artigas et Guiral, 2002
Large Mahury	Plateau continental	12 à 35 PSU 2004 (moyenne 30 PSU)	Artigas et Guiral, 2002
Large Cayenne	Côtier et plateau continental	9 à 23 PSU	Do Rosario Marinho <i>et al.</i> , 2004
Large Guyane	Plateau continental	20 à 36 PSU	Chevalier et Lerat, 2002
Littoral Guyanais	Côtier et plateau continental	10 à 32 PSU (moyenne 23 PSU)	Renaud, 2004
Iles du Salut	Plateau continental	18 à 36 PSU (moyenne 33 PSU)	Ternon <i>et al.</i> , 2001
Large Est Guyane	Plateau et talus continentaux	25 à 35 PSU	Ternon <i>et al.</i> , 2002
Large Est Guyane	Plateau et talus continentaux	14 à 34 PSU	Ternon <i>et al.</i> , 2004
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	20 à 35 PSU	Créocéan, 2006 a et b
Large Est Guyane	Plateau continental	30 à 35 PSU	Créocéan, 2009
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	23 à 35 PSU	Créocéan, 2013

Ces données mettent en évidence une variabilité parfois importante de la salinité des eaux marines, y compris des eaux du large. Cette variabilité de la salinité des eaux est due principalement aux apports d'eau douce de l'Amazone et des fleuves guyanais, aux variations de la circulation océanique de surface à grande échelle et au déplacement de la zone intertropicale de convergence (ZIC) auquel correspondent deux régimes de vents distincts.

#### ► Une variabilité saisonnière

Ternon *et al.* (2001) ont mis en évidence la variabilité saisonnière de la salinité grâce à une station d'enregistrement permanente située aux Iles du Salut (à 20 km des côtes de Guyane).





Source : Ternon et al., 2001

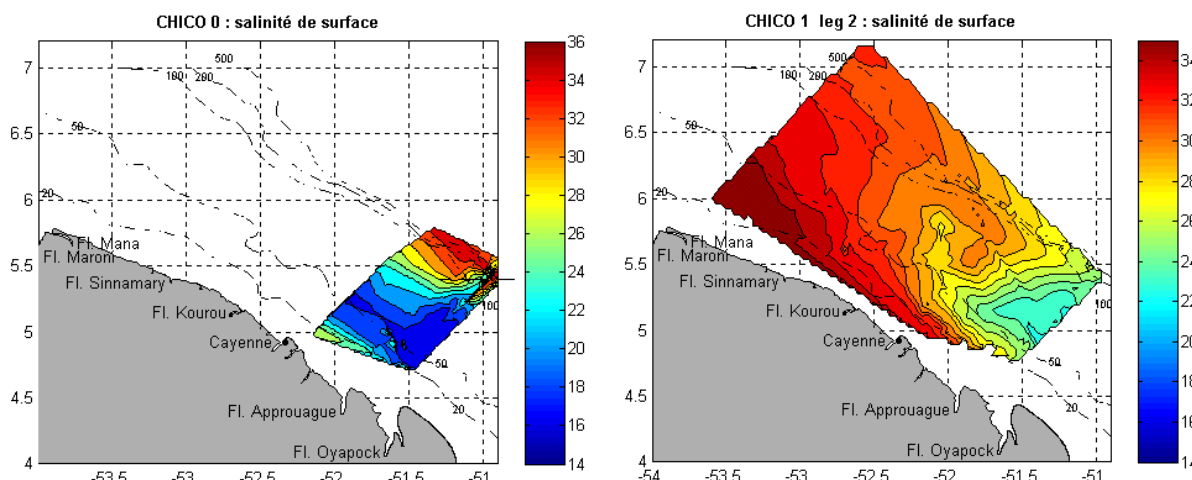
Figure 34. Salinité de surface à l'île Royale - Septembre 1998 à Octobre 1999

Cet enregistrement met en évidence deux périodes distinctes. L'une entre juillet et janvier (1) présentant des valeurs hautes de salinité, la seconde, entre janvier et juillet (2) présentant des valeurs plus basses de salinité.

Le changement de régime entre les périodes 1 et 2 correspond à la disparition puis au rétablissement de la rétroflexion du courant Nord Brésil, au sud-est du plateau continental de la Guyane, faisant varier les apports en eau douce en provenance de l'Amazonie. En effet, la rétroflexion, dirigée vers l'Est, transporte les eaux dessalées de l'Amazonie vers le centre de l'Atlantique, et non plus vers les côtes Guyanaises. La salinité moyenne sur l'année d'enregistrement est voisine de 32,8 PSU pour cette station.

► Une variabilité spatiale

L'influence en surface des eaux amazoniennes a été mise en évidence par Ternon et al., (2004). L'extension en surface des eaux dessalées provenant de l'Amazonie a été observée à deux périodes bien particulières : avril et octobre (Figure 35).

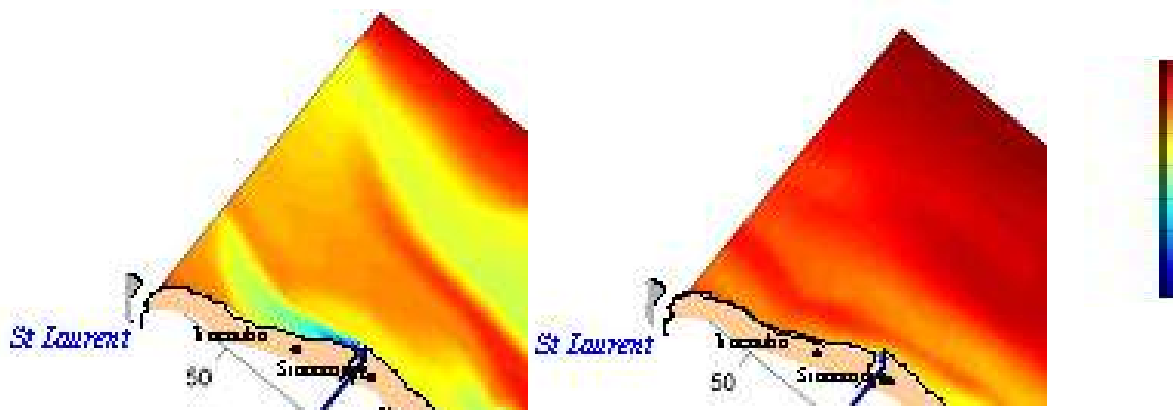


Source : Ternon et al., 2004

Figure 35. Salinité de surface (PSU) : avril et octobre

L'influence des eaux douces de l'Amazone apparaît plus marquée en avril, hors réflexion.

Des simulations hydrodynamiques (Nikiéma et Bourret, 2004) ont mis en évidence le rôle du vent sur la distribution de la salinité de surface (Figure 36).



Source : Nikiéma et Bourret, 2004

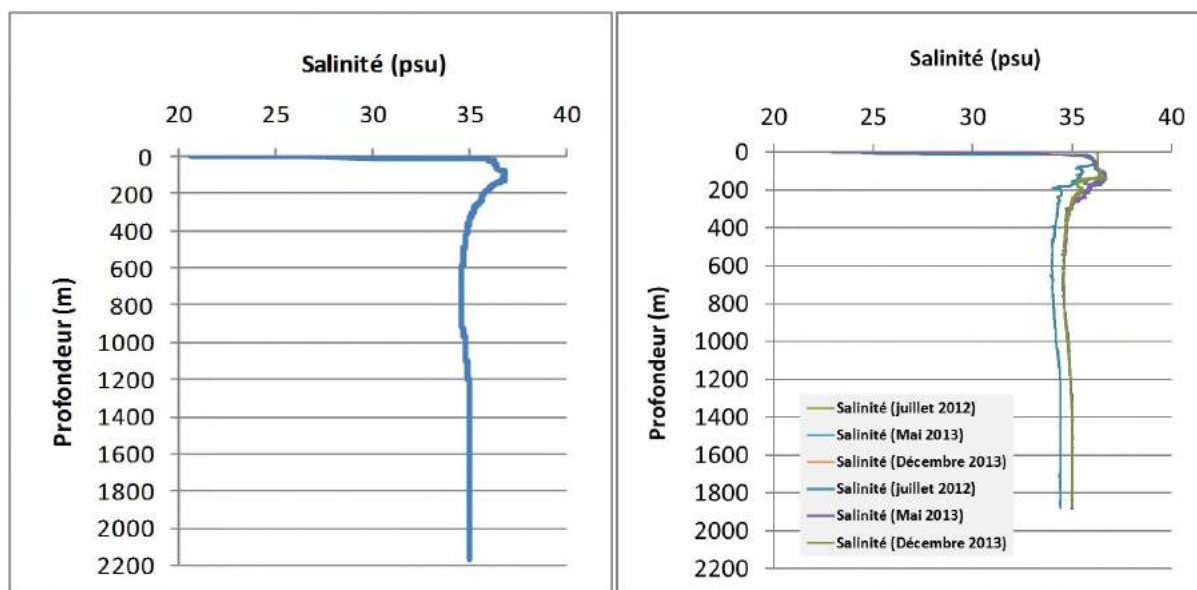
Figure 36. Influence du vent sur la salinité de surface (à gauche situation sans vent, à droite avec du vent)

La carte de gauche montre une situation sans vent, où l'on observe l'influence à la côte des apports d'eau douce des fleuves guyanais et, plus au large, influence de l'Amazone (bande jaune et verte représentant une salinité comprise entre 20 et 24 PSU).

A droite, on observe que l'influence du vent ramène vers la côte des eaux du large, plus salées. Les apports des fleuves Guyanais ont une extension beaucoup plus réduite et l'influence de l'Amazone est fortement limitée.

► Une forte variabilité en fonction de la profondeur

Les profils de salinité réalisés en 2006 et 2013 par Créocéan sur toute la hauteur d'eau montre des eaux superficielles dessalées sur des stations à plus de 150 km de distance de la côte sur des fonds de 2000 m de profondeur :



Source : Créocéan, 2006

Source : Créocéan 2012-2013

Figure 37. Exemples de profils de salinité obtenus en 2006 et 2012-2013 à plus de 100 km au large de la Guyane

Les profils de salinité sur l'ensemble de la colonne d'eau diffèrent peu entre les dates ou les années.

Une couche d'eau superficielle de 10 à 20 mètres d'épaisseur présente une désalinisation forte (diminution jusqu'à 21 PSU). Sous cette couche superficielle, la salinité atteint des valeurs de l'ordre de 37 PSU jusqu'à 100 à 200 m de profondeur, puis la salinité présente une légère diminution et une stabilisation à 35 PSU entre 400 m de profondeur et le fond.

### 2.2.1.3. Transparence, turbidité et teneur en matières en suspension

Les fleuves de Guyane et l'Amazone déversent en mer des panaches turbides qui restent très longtemps en suspension dans l'eau, s'étendent au large des côtes et donnent une coloration brune aux eaux de surface. Cette turbidité a des conséquences potentielles importantes sur la vie marine, en empêchant notamment la lumière de pénétrer et d'alimenter l'activité chlorophyllienne. Ces apports fluviaux conduisent aussi à des processus importants de sédimentation sur le fond qui limitent le développement de la vie fixée.

La charge en particules fines de la colonne d'eau est généralement mesurée au travers de deux paramètres correspondant à des caractéristiques différentes : la turbidité est une évaluation de la capacité de l'eau à laisser passer la lumière. Elle est évaluée par une cellule photosensible et elle est mesurée en NTU. Elle peut être également évaluée par un disque de Secchi, mesure visuelle de la transparence. Cette turbidité est généralement visible en surface en colorant l'eau en marron. Il est possible de mesurer également la quantité de particules fines présentes dans l'eau par des techniques de filtration. On parle alors de matières en suspension (MES).

D'autres facteurs viennent influencer les apports turbides des fleuves. Il s'agit principalement des courants et des houles qui participent au déplacement et à la remobilisation des matières et sédiments en suspension.

- ▶ Les images satellites montrent une turbidité moindre pour les eaux plus au large, hors de l'aire d'influence des panaches des cours d'eau (Figure 38).

Des teneurs en MES ont été mesurées au cours de différentes études et sont reportées dans le tableau 5 :

**Tableau 5. Sources bibliographiques principales des teneurs en matières en suspension au large de la Guyane**

Site	Domaine	Valeurs (mg/l)	Auteur(s)
Estuaire Kaw	Domaine côtier	5 à 2050	Artigas et Guiral, 2002
Large Mahury	Plateau continental	10 à 200	Artigas et Guiral, 2002
Large rivière Cayenne	Domaine côtier	40 à 450	Froidefond <i>et al.</i> , 2002
Large Mahury	Domaine côtier	30 à 450	Froidefond <i>et al.</i> , 2002
Large Approuague	Domaine côtier	60 à 450	Froidefond <i>et al.</i> , 2002
Est Guyane	Côtier et plateau continental	60 à 350	Lahet <i>et al.</i> , 2002
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	2 à 8	Créocéan, 2006
Large Est Guyane	Plateau continental	10 à 50	Créocéan, 2009
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	entre 0 et 43 selon les stations	Créocéan, 2013

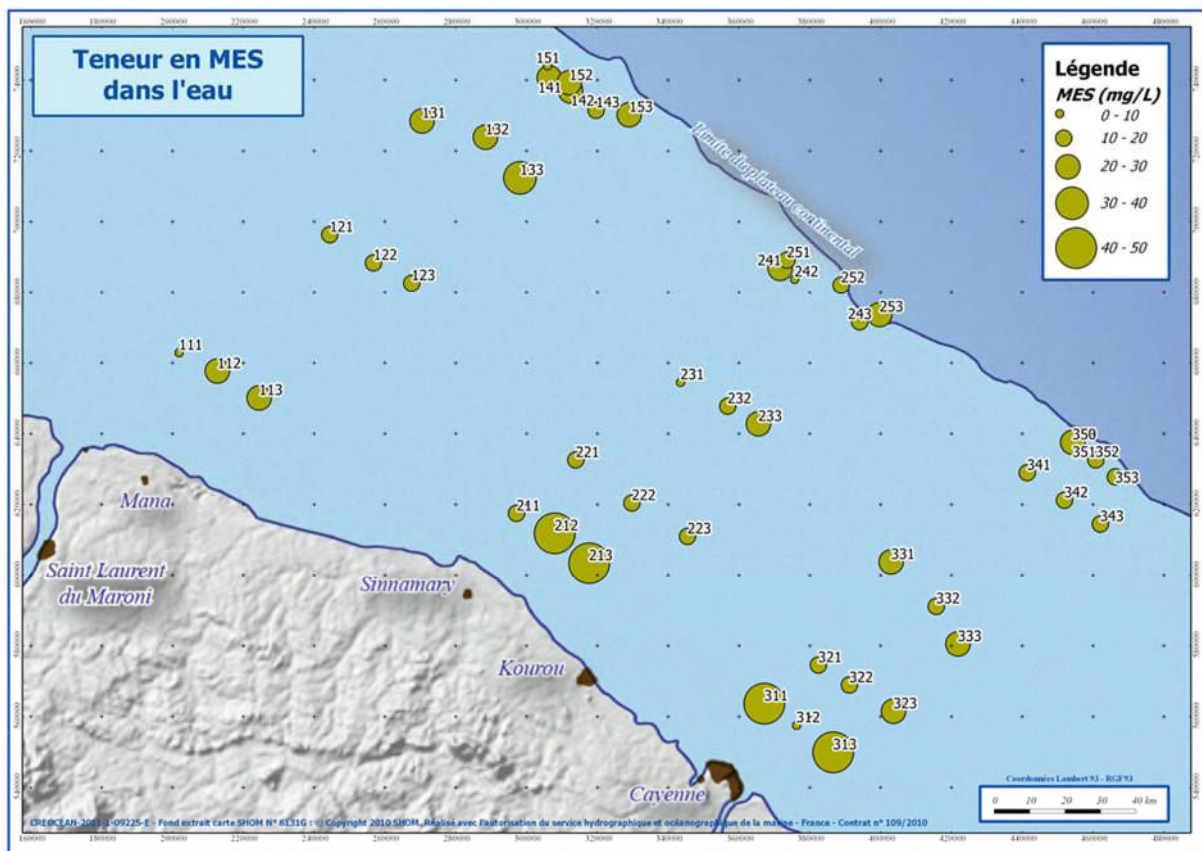
#### ▶ Des gradients importants sur le plateau continental

La teneur en matières en suspension est très variable, avec des maxima près des fleuves.

Des mesures de transparence ont été réalisées le long du littoral guyanais lors de la campagne EPAULARD au moment de la principale saison humide (mai-juin 1994) (Renaud, 2004). L'essentiel de la zone étudiée (à l'aide d'un disque de Secchi) a montré des transparences faibles, avec disparition du disque avant le premier mètre de profondeur. La zone la plus transparente se situait à l'ouest, entre les panaches du Maroni et de

l'Iracoubo.

Lors de la campagne menée en 2009 par Créocéan sur le plateau continental de la Guyane (Créocéan, 2011), les teneurs en matières en suspension (MES) ont été mesurées à 1 m au-dessus du fond. Les valeurs varient de quelques mg/l à des pics à plus de 40 mg/l avec un fort gradient décroissant de la côte vers le large.

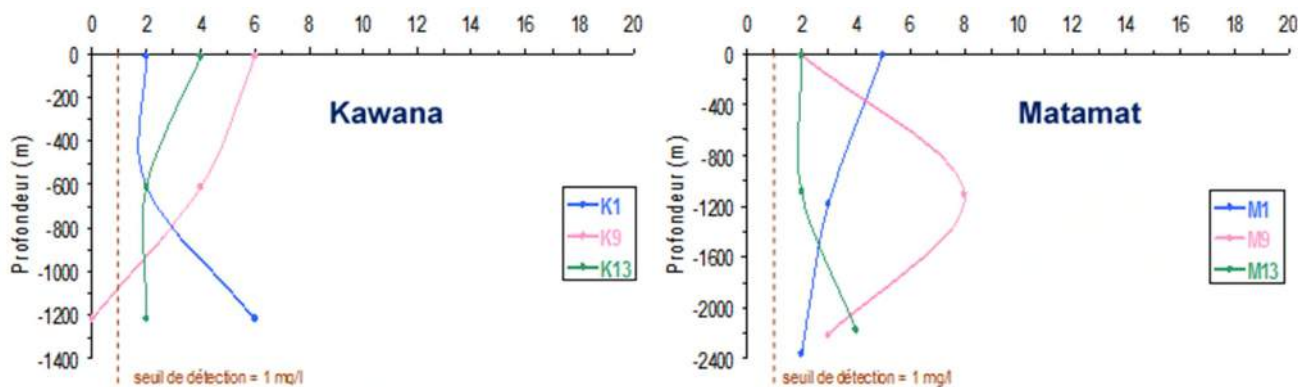


Source : Créocéan, 2011

Figure 38. Mesure de MES dans les eaux du fond sur le plateau continental

► Des eaux moins chargées au large et en profondeur mais avec des disparités

Des concentrations en matières en suspension dans l'eau du site dans les secteurs de Matamata et Kawana (Figure 39) ont été mesurées à différentes profondeurs (Créocéan, 2006). La teneur en matières en suspension varie entre 2 et 8 mg/l sur plus de 2 000 m de hauteur d'eau, avec une évolution en fonction de la profondeur différente d'une station à l'autre. Ces valeurs sont faibles ce qui est logique à une telle distance de la côte.



Source : Créocéan 2006 a et b

Figure 39. Matières en suspension (mg/l) dans les secteurs de Kawana et Matamata à plus de 100 km de la côte

En 2013, 25 stations réparties **dans la zone du permis** entre le talus continental et la plaine abyssale ont été échantillonnées à profondeurs différentes (surface, mi-profondeur et fond) :

**Tableau 6. Concentration en matières en suspension et turbidité dans les eaux du permis**

		Eaux superficielles	Eaux intermédiaires	Eaux profondes
MES (mg/l)	Moyenne	14,8 ± 13,3	15,2 ± 12,9	17,8 ± 14,4
	Maximale	38,8	37,2	43,2
	Minimale	< 0,5	1,2	2,4
Turbidité (NTU)	Moyenne	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2
	Maximale	0,8	0,6	0,6
	Minimale	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Les valeurs de MES dans les eaux de la zone du permis sont très faibles à fortes. Elles sont très hétérogènes entre les stations et selon la profondeur. Les trois quarts des échantillons sont des eaux peu chargées en MES (< 25mg.l<sup>-1</sup>) ce qui est typique des eaux océaniques du large. Le reste des échantillons d'eaux sont turbides témoignant une influence des eaux de l'Amazonie et des autres fleuves Guyanais qui atteignent le talus continental.

En revanche les valeurs de turbidité restent faibles (en dessous de 0,75 NTU). La plupart sont en deçà du seuil de détection des appareils de mesure du laboratoire d'analyse (0,20 NTU). La turbidité moyenne est de 0,2 ± 0,2 NTU sur l'ensemble de la zone du permis et ce, aux trois profondeurs de prélèvement. Il s'agit de valeurs très faibles qui correspondent aux valeurs des masses d'eaux océaniques qui sont particulièrement oligotrophes et caractérisées par une couleur bleu.

#### 2.2.1.4. Teneur en oxygène

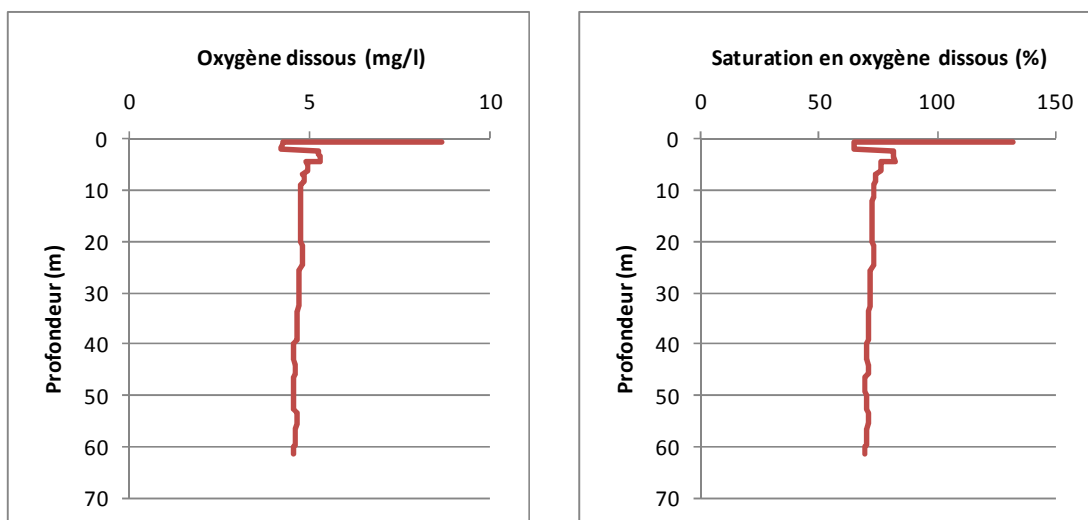
##### ► Dans le panache des fleuves

D'après Ternon *et al.*, (2004), la distribution de l'oxygène dissous est étroitement associée à la présence des eaux dessalées en surface. Celles-ci, riches en nutriments, améliorent la production primaire (développement du phytoplancton) qui, par le processus de photosynthèse, produit de l'oxygène. Il existe donc un contraste entre les eaux dessalées sous influence fluviale où la teneur en oxygène est supérieure à 5 mg/l et les eaux marines où les concentrations en oxygène dissous sont inférieures à 4 mg/l.



► **Sur le plateau continental**

Une évaluation des teneurs en oxygène sur le plateau continental a été réalisée en 2009 (Créocéan, 2011). Les résultats sont présentés sur les figures suivantes :



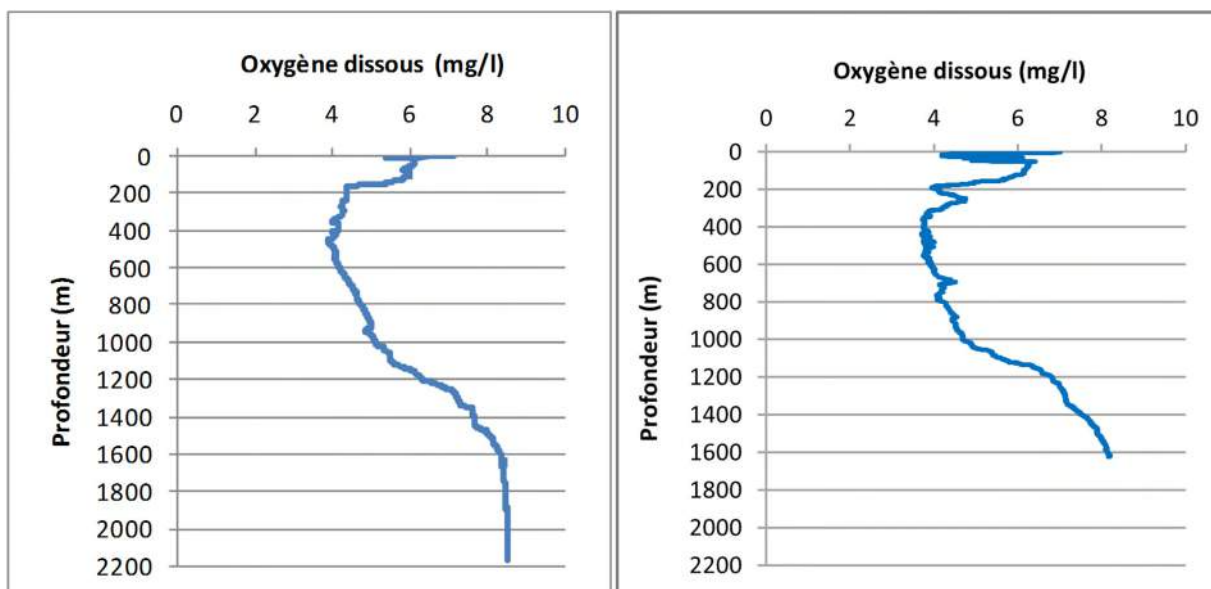
Source : Créocéan, 2011

**Figure 40. Profils d'oxygène dissous au large de la côte de Guyane**

Hormis une couche de surface, de 2,5 m d'épaisseur, qui présente des variations importantes (de 4,2 à 8,7 mg/l), les teneurs en oxygène dissous décroissent graduellement avec la profondeur, de 5,0 mg/l à 3 m jusqu'à 4,6 mg/l à 61 m.

► **Au large du plateau continental**

Au niveau de la plaine abyssale, des mesures ont été également réalisées de la surface jusqu'au fond au Sud-Ouest du permis (Créocéan, 2006) et à une station du talus continental (Créocéan, 2013). Les résultats obtenus sont représentés ci-dessous :



Source : Créocéan, 2006 a et b

Source : Créocéan 2013

**Figure 41. Profils d'oxygène dissous au Sud-Ouest du permis (gauche) et sur le talus continental (droite)**

La couche d'eau de surface située dans les 15 à 20 premiers mètres présente des valeurs élevées d'oxygène dissous (entre 5,2 et 7,2 mg/l). Ces valeurs restent assez élevées jusqu'à 100 m de profondeur (6 mg/l). Entre 100 et 160 à 200 m de profondeur, l'oxygène dissous chute rapidement, passant de 6 à 4 mg/l.

Entre 200 m et 1000 m de profondeur, l'oxygène dissous reste stable ou augmente légèrement.

Entre 1000 et 1600 m environ l'oxygène augmente plus rapidement avec la profondeur jusqu'à atteindre 8 mg/l puis reste stable jusqu'au fond.

## 2.2.2. Eléments chimiques

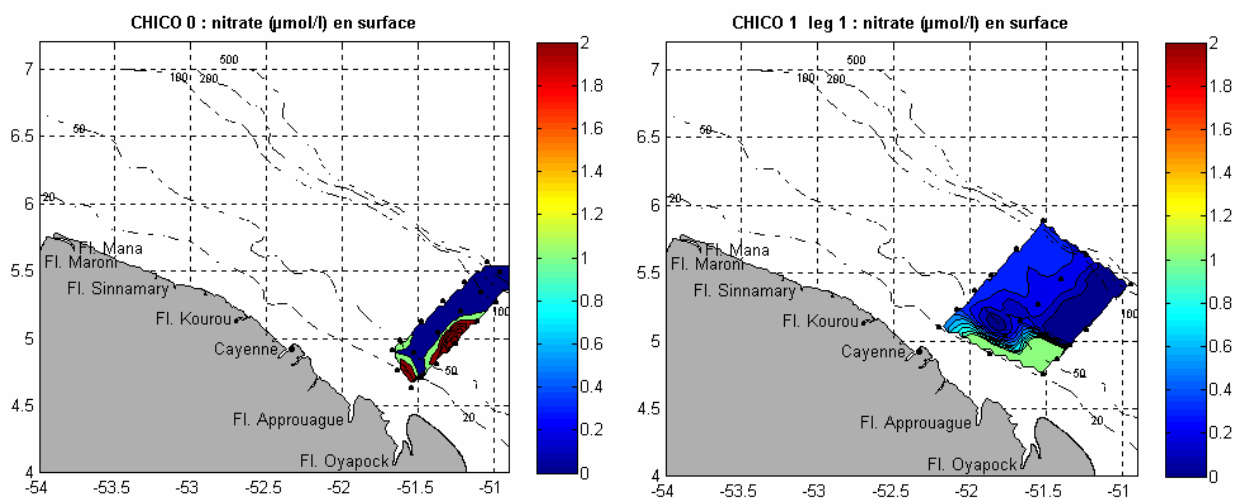
### 2.2.2.1. Eléments nutritifs

Les données relatives aux concentrations en nutriments dans les eaux marines Guyanaises proviennent principalement de deux campagnes océanographiques (CHICO 0 et CHICO 1) organisées par l'IRD pour la caractérisation physico-chimique des eaux du plateau continental de Guyane dont les résultats sont présentés dans Ternon *et al.*, (2002).

#### ► Des teneurs en nutriments liées aux apports côtiers

D'après Ternon *et al.* (2002), des teneurs en nitrates entre 3,5 et 5,0 mg/l sont observées dans la zone côtière au large de l'Est de la Guyane. On observe un gradient de la côte vers le large : les teneurs en surface sont inférieures à 0,5 mg/l à 40 km de la côte. Ceci traduit une origine continentale, probablement véhiculée par les fleuves Guyanais.

Ternon *et al.* (2004) confirment les diverses sources de nitrates. La figure 42 représente les concentrations en nitrates des eaux marines Guyanaises en avril (CHICO 0) et en octobre (CHICO 1).



Source : Ternon *et al.*, 2004

**Figure 42. Teneur en nitrates dans les eaux de surface**

La campagne CHICO 0 a mis en évidence deux sources de nitrates en surface : l'une est liée au signal des eaux sous influence amazonienne alors que l'autre a probablement une origine locale (fleuve Oyapock). Lors de la campagne CHICO 1, en période de rétroflexion, des teneurs moindres sont observées, mais l'influence des apports locaux est confirmée.

Dans Ternon *et al.* (2001), des teneurs en phosphate entre 1,5 et 4,5 mg/l sont observées dans la zone côtière au large de l'est de la Guyane. Une diminution des concentrations vers le large traduit un apport continental. Les eaux sous influence amazonienne montrent des teneurs en phosphates inférieures aux eaux marines (Ternon *et al.*, 2004).

Ternon *et al.* (2002) rapportent des teneurs en silicate (SiOH) entre 0,2 et 3,0 mg/l au large de l'est de la Guyane. Les teneurs supérieures à 10 mg/l sont associées à des eaux peu salées, en provenance de l'embouchure de l'Amazonie. Cela confirme le rôle de l'Amazonie dans l'apport de certains nutriments le long de la côte Guyanaise. Des valeurs plus faibles sont mentionnées dans les eaux du large par Ternon *et al.* (2004), avec un gradient de l'est (1,9 mg/l) vers l'ouest (<0,5 mg/l).

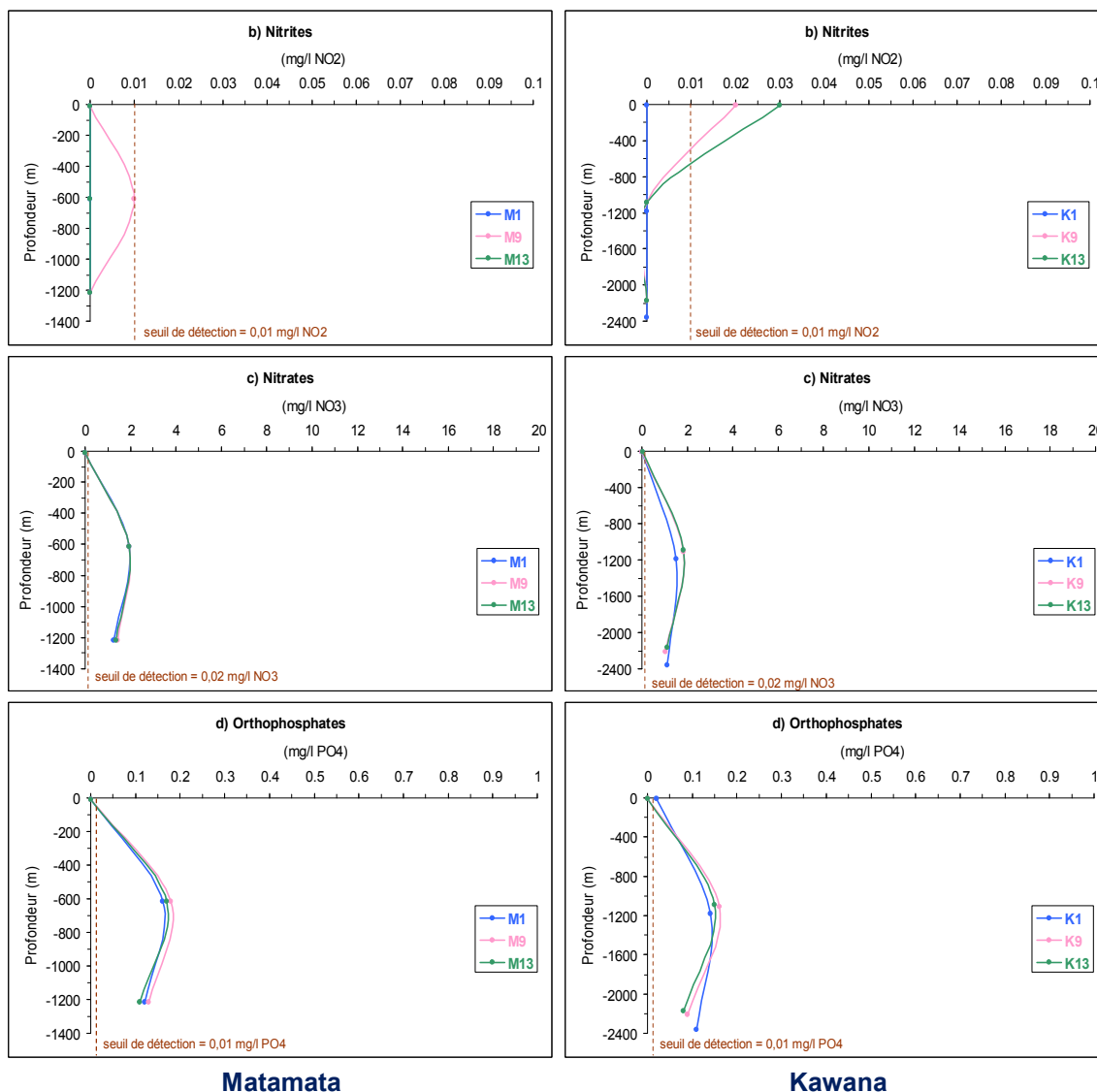
► **Les nutriments dans les secteurs de Matamata et Kawana**

Les nitrites, nitrates et orthophosphates ont été analysés dans des échantillons d'eau prélevés à trois profondeurs sur trois stations dans chacun des secteurs de Matamata et Kawana (Créocéan, 2006). Les figures suivantes illustrent les résultats obtenus.

Les teneurs en nitrites, forme très fugace de l'azote, sont inférieures ou égales à la limite de détection (0,01 mg/l NO<sub>2</sub>) sur le secteur de Matamata et légèrement supérieures en surface sur Kawana.

Pour les nitrates et les orthophosphates les profils sont assez similaires sur les deux secteurs, avec des concentrations inférieures à la limite de détection en surface, des maximums à mi-profondeur et des valeurs intermédiaires au fond.

Les concentrations en éléments nutritifs sont toutes faibles à très faibles. Les très faibles valeurs mesurées en surface proviennent, au moins en partie, de leur consommation par le phytoplancton, absent plus en profondeur.



**Matamata**

**Kawana**

Source : Créocéan, 2006

**Figure 43. Teneurs en nutriments (N, P) dans les eaux du permis**

► **Les nutriments dans la zone du permis de Shell**

En 2013, 25 stations réparties entre le talus continental et la plaine abyssale ont été échantillonnées à profondeurs différentes (surface, mi-profondeur et fond) par Créocéan (2013):

**Tableau 7. Valeurs moyennes en nutriments (N, P) dans les eaux du permis (Créocéan, 2013)**

		Nitrite (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)
Eaux	Superficielles	0,001 ± 0,004	< 0,009	0,74 ± 0,24	0,05 ± 0,04
	Intermédiaires	0,004 ± 0,006	< 0,009	1,54 ± 0,65	0,14 ± 0,07
	Profondes	0,004 ± 0,008	< 0,009	1,14 ± 0,66	0,12 ± 0,06

*Source : Créocéan, 2013*

Les valeurs en nitrites et en ammonium sont très faibles aux trois profondeurs. Ce résultat est en accord avec la littérature, en effet il s'agit de formes labiles de l'azote (facilement échangeable et disponible pour la production primaire) qui sont généralement présentes en quantité à peine mesurables (<0,1 µmol/l).

Les concentrations en nitrates et en orthophosphates sont également faibles.

Il existe une grande différence entre les teneurs des eaux de surface qui sont très appauvries en azote et phosphore et les eaux intermédiaires et profondes, un peu plus riches.

### 2.2.2.2. Contaminants chimiques

Des mesures de contamination chimique des masses d'eau ont été réalisées en 2006 et 2013 sur l'ensemble du permis.

Les résultats concernent les teneurs en métaux et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Trois profondeurs différentes ont été échantillonnées : dans les eaux superficielles (10 m), à mi-profondeur et 10 m au-dessus du fond.

Compte tenu de l'homogénéité des eaux marines du large et de l'absence de sources polluantes à proximité, ces résultats peuvent probablement être extrapolés à une zone plus élargie.

#### 2.2.2.2.1. Mesures faites en 2006

► **Métaux lourds**

Les résultats mettent en évidence, pour neuf métaux, des teneurs inférieures aux limites de détection : aluminium (<50 µg/l), cadmium (<0,1 µg/l), chrome (<0,4 µg/l), cobalt (<10 µg/l), de l'étain/sélénium (<2 µg/l), mercure (<0,05 µg/l), nickel (<20 µg/l), plomb (<1 µg/l), vanadium (<50 µg/l) et baryum (<10 µg/l). Les concentrations en métaux lourds sont donc naturellement très faibles.

La teneur en arsenic varie entre 1 et 2 µg/l. Ces valeurs sont faibles en comparaison du bruit de fond océanique habituellement d'environ 3-4 µg/l.

Les teneurs en cuivre, bien que majoritairement supérieures à la limite de détection, restent toutes comparables au bruit de fond des océans (3 à 10 µg/l).

Pour le zinc, trois valeurs supérieures à la limite de détection ont été mesurées. Il s'agit cependant de deux valeurs faibles (6 µg/l), identiques au bruit de fond des océans. Seule une valeur est plus élevée : 12 µg/l en surface.

Les teneurs en métaux disponibles sur le site d'étude mettent en évidence des niveaux de contamination qui sont faibles, inférieurs ou égaux au bruit de fond des océans, hormis une teneur en surface pour le zinc.

Les différences observées entre les profondeurs sont généralement de l'ordre de grandeur de la variabilité naturelle et ne traduisent pas de gradient d'augmentation ou au contraire de diminution du niveau de contamination en fonction de la profondeur.

### ► Hydrocarbures

Les contaminants mesurés sont les hydrocarbures totaux et 16 composés d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Les teneurs en hydrocarbures totaux sont inférieures à la limite de détection (< 0,25 mg/l). Les teneurs de la somme des 16 HAP sont inférieures à la limite de détection, c'est-à-dire inférieures à 0,18 µg/l.

Il n'y a donc pas de traces décelables de contamination par des hydrocarbures dans la colonne d'eau en 2006.

#### 2.2.2.2.2. Mesures faites en 2013

### ► Métaux lourds

Trois éléments métalliques sont présents sur l'ensemble des stations et des profondeurs : l'aluminium, le vanadium et l'arsenic. Les valeurs en arsenic sont plus faibles que celles généralement mesurées dans les océans, par contre l'aluminium et le vanadium peuvent être considérées comme normales.

Le cadmium est détecté dans environ un tiers des échantillons, à des concentrations normales et sans qu'il soit possible de mettre en évidence des variations en fonction de la profondeur.

Le nickel et le mercure présentent des valeurs moyennes qui sont dans les gammes de valeurs généralement rencontrées dans les océans et sans effet de profondeur.

Le plomb et l'étain présentent des valeurs supérieures à la normale.

A noter que le baryum présente des valeurs faibles par rapport aux valeurs généralement rencontrées dans les océans.

**Tableau 8. Concentrations moyennes en éléments traces métalliques dans les eaux du permis en 2013**

	Eaux			% de détection dans l'ensemble des échantillons	Valeurs observées dans les océans* 7
	Superficielles	Intermédiaires	Profondes		
Aluminium (µg/l)	19,48 ± 6,25	19,04 ± 5,93	21,09 ± 12,36	100	0,013 - 50
Arsenic (µg/l)	1,56 ± 0,65	1,88 ± 0,45	1,82 ± 0,59	97	3 - 4
Baryum (µg/l)	1,84 ± 4,31	0,46 ± 2,25	Non détecté	7	4 - 21
Cadmium (µg/l)	0,01 ± 0,03	0,07 ± 0,06	0,02 ± 0,04	31	0,0001 - 0,11
Chrome (µg/l)	0,20 ± 1,00	0,05 ± 0,24	Non détecté	3	0,16 - 0,26
Cobalt (µg/l)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0	0,012
Cuivre (µg/l)	0,47 ± 1,86	0,16 ± 0,40	0,21 ± 0,76	14	3 - 10
Étain (µg/l)	0,04 ± 0,08	0,10 ± 0,28	0,03 ± 0,07	21	0,0001 - 0,0023
Mercure (µg/l)	0,002 ± 0,004	0,001 ± 0,003	0,001 ± 0,003	15	0,00004 - 0,03
Nickel (µg/l)	0,31 ± 0,73	0,37 ± 0,79	0,37 ± 0,81	18	0,15 - 0,7
Plomb (µg/l)	0,06 ± 0,20	0,06 ± 0,16	0,11 ± 0,31	15	0,001 - 0,03
Sélénium (µg/l)	0,04 ± 0,20	0,08 ± 0,28	0,18 ± 0,39	10	0,04 - 0,2
Vanadium (µg/l)	1,44 ± 0,25	1,62 ± 0,18	1,55 ± 0,25	100	1,5 - 1,8
Zinc (µg/l)	0,52 ± 1,81	1,88 ± 3,39	0,77 ± 2,00	15	1 - 10

7 Concentrations mesurées dans les océans, données mondiales revues dans la littérature (Donat & Bruland 1995 ; Bruland & Lohan 2003)



► **Hydrocarbures totaux et aromatiques**

**Hydrocarbures totaux**

Les concentrations mesurées en hydrocarbures totaux sont majoritairement en dessous du seuil de détection de la méthode d'analyse (0,10 mg/l).

Sur 69 mesures, seules quatre dépassent légèrement la limite de quantification. Elles ont été mesurées dans la partie Est du permis dans les eaux profondes pour l'une (2NE100) et de subsurface pour l'autre (3SW100). Il s'agit de valeurs marginales et peu élevées.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Seuls les 3 HAP suivants ont été détectés et uniquement dans la partie Est du permis :

- Fluoranthène,
- Phénanthrène,
- Benzo (b) fluoranthène.

Ces valeurs en HAP restent faibles.

## 2.2.3. Plancton (zooplancton et phytoplancton)

Le plancton est constitué d'organismes généralement microscopiques ou de très petite taille dérivant au grès des courants. Ils ont des capacités de mouvement propres très limitées. Ainsi le plancton observé en un lieu peut provenir de zones potentiellement éloignées. Il est composé d'espèces végétales (phytoplancton) et animales (zooplancton).

L'analyse des pigments chlorophylliens est une analyse indirecte de la biomasse phytoplanctonique présente dans le milieu.

Parmi les espèces animales certaines sont des larves d'organismes benthiques (vivant fixés sur le fond) et d'autres passent la totalité de leur cycle de vie à l'état planctonique.

### 2.2.3.1. Phytoplancton

Le phytoplancton est composé d'organismes végétaux qui vivent dans les premiers mètres d'eau, là où la lumière peut pénétrer, permettant la photosynthèse.

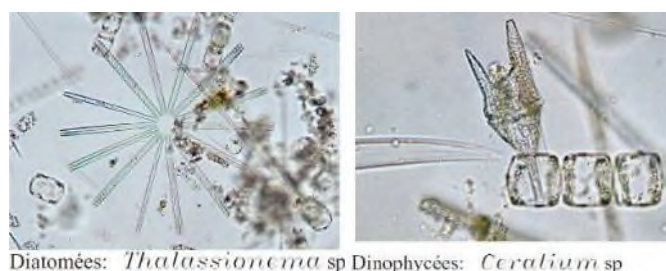
#### 2.2.3.1.1. Peuplements phytoplanctoniques

Les eaux littorales et côtières abritent des Diatomées et des Dinophycées. Les abondances au niveau du genre et de l'espèce sont variables selon la saison et la localisation géographique. Certaines espèces ont été identifiées toute l'année : *Skeletonema tropicum*, *Coscinodiscus jonesianus*, *Lauderia annulata*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudonitzschia pungens*, *Odontella mobiliensis*, *Ceratium lineatum* (Do Rosario Marinho et al., 2004).



**Photos 2. Exemples de diatomées observées en Guyane dans les eaux littorales**

Plus au large, sur le plateau continental, la diatomée *Thalassionema nitzschioides* et une cyanobactérie, *Oscillatoria* cf. *thebaudii* prédominent. Les genres pélagiques *Rhizosolenia*, *Pseudosolenia*, *Hemialus* et *Climacodium* sont de moindre importance. On note la présence de dinoflagellés, principalement du genre *Ceratium* (Artigas et al., 2003).



**Photos 3. Exemples de diatomées observées en Guyane dans les eaux du plateau continental**

Les eaux océaniques sont dominées par la présence de diatomée *Nitzschia pungens* et le genre *Rhizosolenia*, espèces que l'on retrouve couramment dans les eaux tropicales atlantiques.

### 2.2.3.1.2. Biomasse chlorophyllienne

Les données bibliographiques sont réunies dans le tableau 9.

**Tableau 9. Sources bibliographiques principales des concentrations en chlorophylle au large de la Guyane**

Site	Domaine	Concentrations en chlorophylle (µg/l)	Concentrations en chlorophylle (µg/l)
Large Mahury	Côtier et plateau continental	214 à 1 324 (en moyenne)	Artigas et Guiral, 2002
Large Guyane	Côtier et plateau continental	2 à 52	Do Rosario Marinho <i>et al.</i> , 2004
Large Est Guyane	Plateau continental	1 à 23 (avril)	Ternon <i>et al.</i> , 2004
Large Guyane	Plateau continental	1 à 13 (octobre)	Ternon <i>et al.</i> , 2004
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	Entre 0,12 et 0,50	Créocéan, 2006 a et b
Large Est Guyane	Plateau continental	0,001 à 1,968	Créocéan, 2009
Large Guyane	Talus et plaine abyssale	Entre 0 et 0,5	Créocéan, 2013

#### ► Sur le plateau continental

Au large de la Guyane, plusieurs facteurs influencent la concentration ainsi que la répartition géographique des peuplements phytoplanctoniques : les apports de nutriments par les fleuves, la circulation océanique, le vent, la turbidité des eaux, etc.

La variabilité spatiale des concentrations en chlorophylle-a sur le plateau continental peut être schématisée comme suit (Do Rosario Marinho *et al.*, 2004) :

- Les eaux littorales, de faible salinité, chargées de matières en suspension, et généralement riches en sels nutritifs, affichent les plus fortes concentrations en chlorophylle-a (l'abondance phytoplanctonique y est cependant moyenne en raison de la turbidité des eaux).
- Les eaux intermédiaires, de salinité variable, sont peu chargées en MES et présentent une diminution des concentrations en chlorophylle-a ;
- Les eaux du reste du plateau continental, de salinité plus élevée (mais pouvant subir l'influence de la dessalure amazonienne) sont plus claires et généralement plus pauvres en nutriments. Elles présentent des concentrations variables de chlorophylle-a (et d'abondance phytoplanctonique), mais globalement faibles.

L'importance des apports en nutriments des fleuves a été mise en évidence par Ternon *et al.* (2004) lors des campagnes océanographiques CHICO 0 et CHICO 1.

Des mesures de chlorophylle ont été réalisées en 2012 par Créocéan au large du plateau continental dans le sud de la Guyane. Les concentrations mesurées sont à très faibles, variant de 0,001 à 1,968 µg/l. Les teneurs maximales en chlorophylle-a sont observées en surface alors que vers le fond ce sont les concentrations en phéophytine qui sont les plus importantes.

Ce schéma classique s'explique aisément par le fait que la chlorophylle-a est produite par les algues en surface et qu'une fois dégradée (et transformée en phéophytine), elle sédimente vers le fond.

#### ► Une extrême pauvreté au large du plateau continental

Des mesures de concentration en chlorophylle-a, b et c et en phéophytine ont été réalisées par Créocéan suite à des prélèvements d'eau de mer en juin 2006 sur la zone située au-delà du plateau continental (Zone sud du PGM). Il apparaît que le peuplement phytoplanctonique est très peu abondant sur les deux sites, indiquant le caractère oligotrophe (une masse d'eau où la concentration en éléments nutritifs est faible) de la totalité de la colonne d'eau. Cette extrême pauvreté en phytoplancton s'explique par les très faibles teneurs en

éléments nutritifs présentent dans l'eau.

► **Une variabilité saisonnière**

Une étude saisonnière des données satellitaires concernant les biomasses phytoplanctoniques a été réalisée par Créocéan en 2012 (Créocéan, 2012b). Les images obtenues pour les quatre saisons principales sont illustrées sur la figure 44. Ces images confirment les observations mentionnées ci-dessus.

D'une manière générale, ces images satellites mettent en évidence l'influence des apports en nutriments des fleuves, et notamment de l'Amazone, sur la production de phytoplancton. Cette production s'étend vers le large et/ou le long des côtes guyanaises avec une variabilité saisonnière. Cette variabilité provient de l'évolution saisonnière de la circulation des masses d'eau.

Entre mars et juin, le débit de l'Amazone est à son maximum. La zone d'influence des eaux amazoniennes (concentration en chlorophylle-a > 0,1 µg/l) est contenue dans une bande s'étendant jusqu'à 250-300 km au large et jusqu'à 10°N. La superficie ainsi couverte dépasse le million de kilomètres carrés. A cette période, les courants sont dirigés vers le nord-ouest, entraînant avec eux les apports de l'Amazone et la production chlorophyllienne sur le plateau continental (figures suivantes).

De juin à septembre, les apports de l'Amazone sont encore très importants. La surface des eaux riches en chlorophylle-a est très étendue, notamment au large de la Guyane, où l'on observe une inflexion vers l'est du panache chlorophyllien, due à un début de réflexion du Courant Nord-Brésil.

De septembre à décembre, les apports de l'Amazone sont minimaux et la circulation des eaux marines est affectée par le phénomène de réflexion vers l'est, comme le montre l'évolution du panache chlorophyllien. Durant cette période, la superficie des eaux riches en chlorophylle est faible.

Entre décembre et mars, les apports amazoniens sont faibles et la réflexion a disparu. Les concentrations importantes en chlorophylle-a sont situées à proximité des côtes. Les eaux du large apparaissent quasiment exemptes de chlorophylle-a.

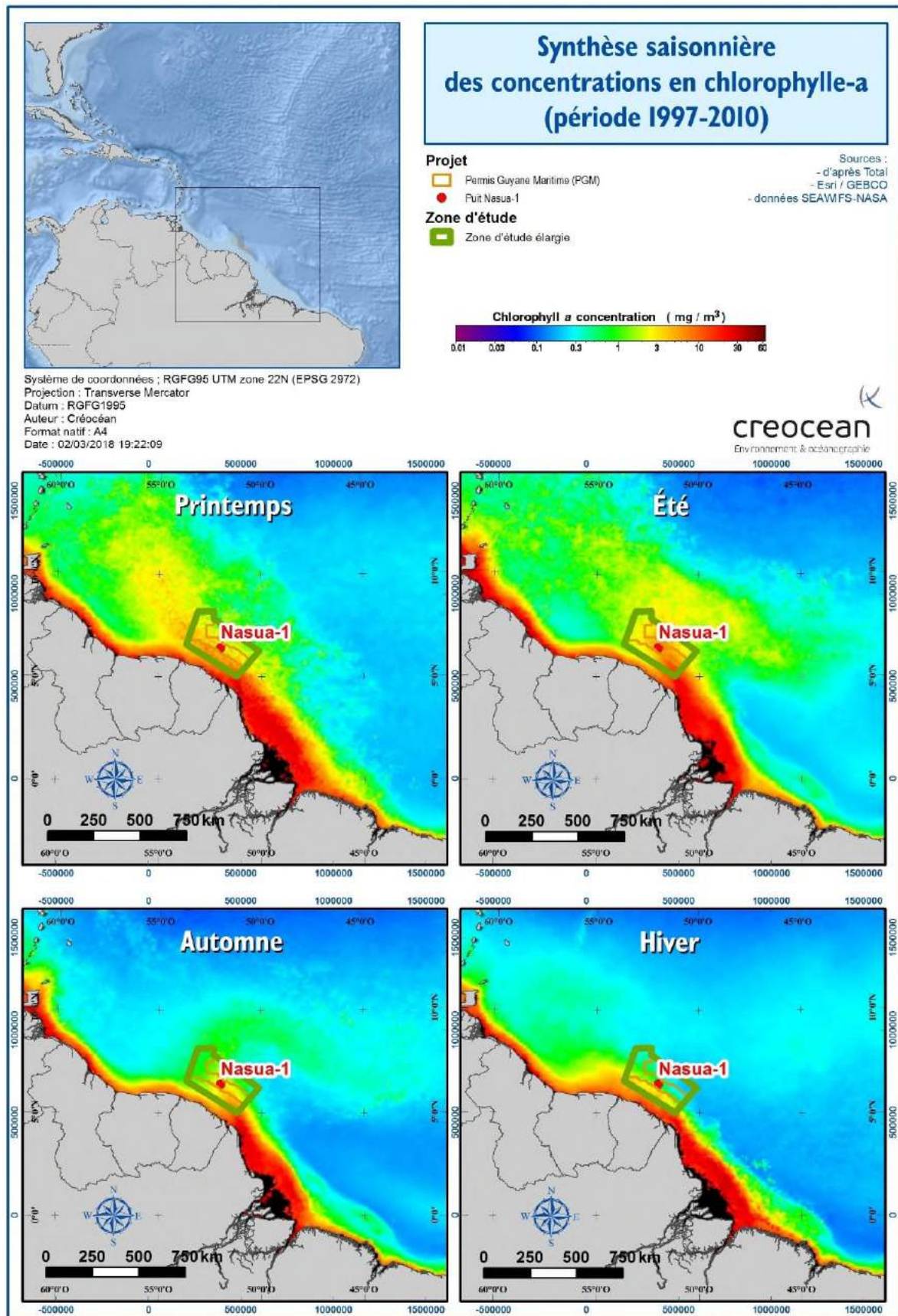


Figure 44. Synthèse saisonnière des concentrations en chlorophylle-a (période 1997-2010)



► **Des mesures ponctuelles réalisées en 2006 au large du plateau continental**

Les teneurs en chlorophylle-a sont significatives que dans la couche d'eau de surface où elles atteignent respectivement 0,12-0,15 µg/l Chla sur le secteur de Matamata et 0,35 à 0,50 µg/l sur le secteur de Kawata (Figure 45).

Les teneurs en chlorophylles b et c sont toujours extrêmement faibles.

La teneur en phéophytine-a, forme dégradée de la chlorophylle-a, est très faible également. Elle représente 8 à 15% et 20 à 30% de la chlorophylle-a respectivement sur les secteurs de Matamata et de Kawata, ce qui correspond à un taux un peu élevé, signe que le peuplement planctonique, très peu abondant, n'est pas en très bonne santé.

Les résultats indiquent le caractère oligotrophe de la totalité de la colonne d'eau. Cette extrême pauvreté en plancton peut s'expliquer par les très faibles teneurs en éléments nutritifs mesurées dans l'eau.

► **Des mesures ponctuelles réalisées en 2013 au large du plateau continental**

Les concentrations en chlorophylle-a dans les eaux superficielles présentent une moyenne de  $0,41 \pm 0,48$  µgChla.l<sup>-1</sup> sur l'ensemble du permis. Les concentrations sont relativement homogènes.

Les concentrations en Chl-a diminuent dans les eaux intermédiaires et profondes pour atteindre une concentration moyenne de  $0,01 \pm 0,05$  µg/l Chla ce qui est une observation classique compte tenu du fait que le phytoplancton se développe dans la zone photique.

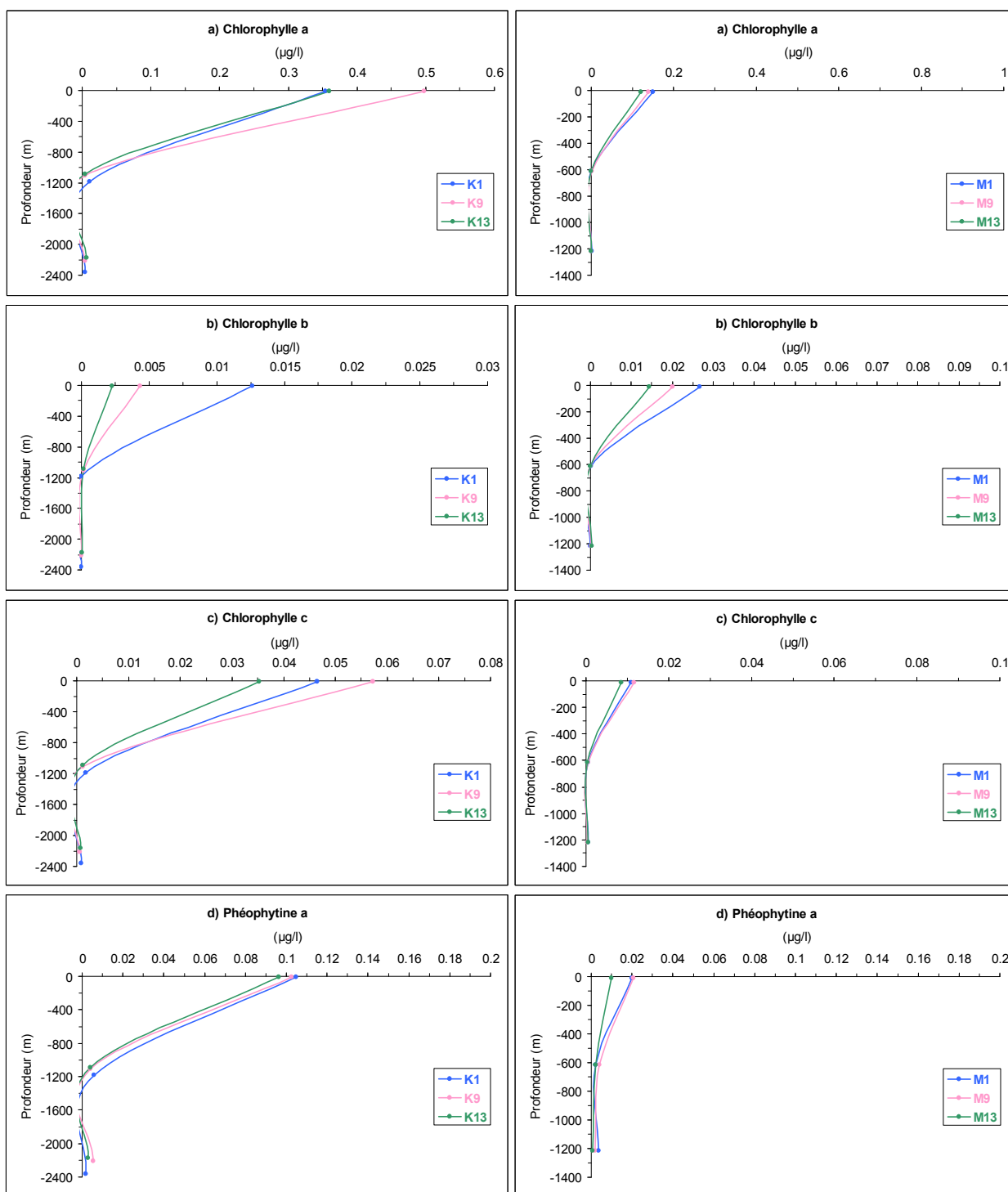
Les concentrations en chlorophylle b ( $0,005 \pm 0,009$  µg/l) sont plus faibles que celles enregistrées en chlorophylle c ( $0,02 \pm 0,05$  µg/l) pour l'ensemble des stations du permis, suggérant une dominance des algues brunes par rapport aux algues vertes. Les valeurs maximales sont enregistrées en surface, avec des moyennes de  $0,01 \pm 0,01$  µg/l Chlc et  $0,05 \pm 0,08$  µg/l Chlc.

Le pourcentage de phéophytine-a, produit de dégradation de la Chl-a, varie de 0% à 20% en surface et est compris entre 7,6% et 100% au fond où les taux sont les plus importants. Dans les eaux intermédiaires les taux mesurés sont également élevés avec une moyenne de  $52\% \pm 21\%$ .

La chlorophylle est abondante en surface alors que la phéophytine domine au fond. En effet la chlorophylle est produite en surface par les algues puis, lorsque celles-ci meurent elle se dégrade et sédimente vers le fond.

**Tableau 10. Valeurs moyennes en pigments chlorophylliens dans les eaux du permis**

		Chl a (µg/l)	Chl b (µg/l)	Chl c (µg/l)	Phéophytine a (µg/l)
Eaux	Superficielles	0,401 ± 0,443	0,015 ± 0,013	0,051 ± 0,074	0,073 ± 0,103
	Intermédiaires	0,013 ± 0,019	0,001 ± 0,004	0,001 ± 0,003	0,009 ± 0,007
	Profondes	0,019 ± 0,066	0,002 ± 0,006	0,003 ± 0,011	0,007 ± 0,006



Source : Créocéan 2006 a et b

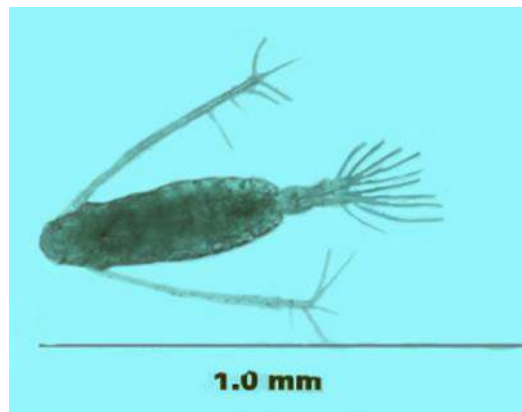
**Figure 45. Concentrations en pigments chlorophylliens dans les eaux du permis (2006, secteurs de Matamata et Kawana)**

### 2.2.3.2. Zooplancton

Les peuplements zooplanctoniques côtiers de Guyane sont relativement homogènes de la côte jusqu'à des fonds de 50-60 m de profondeur. Les espèces les plus fréquentes sont *Oithona sp.*, *Acartia tonsa*, *Tintinnopsis sp.*, ainsi que des larves de nombreux crustacés copépodes.



*Oithona similis* et *Oithona atlantica*  
Source : <http://www.iopan.gda.pl/projects/biodaff/EMBS-0601.html>



*Acartia tonsa*  
Source : <http://zpkonline.com> (Collected and identified by Barbara Sullivan, University of Rhode Island)

**Photos 4. Exemple d'espèces de plancton fréquentes en Guyane**

Au-delà de cette zone côtière, les peuplements de zooplancton sont beaucoup plus diversifiés et comprennent des mollusques pélagiques (Artigas *et al.*, 2003). Sur le plateau continental au-delà des profondeurs de 40 à 50 m, les groupes zooplanctoniques sont variés et riches en genre notamment les copépodes et les tintinnides avec également des mollusques pélagiques (Thécosomes et Gymnosomes).

Les espèces présentes en zone océanique sont *Rhabdonella sp.*, *Epiplocypris spp* and *Eutintinnus spp.*

### 2.2.4. Synthèse sur la colonne d'eau

#### ► Généralités

Les eaux superficielles de la Guyane sont largement influencées par les apports fluviaux et tout particulièrement par l'Amazone. Ainsi, en fonction des saisons et de l'intensité du courant Nord Brésil, elles peuvent présenter une pellicule d'eau chaude, très dessalée, plus riche en matière organique et nutriments.

Au large, avec une hauteur d'eau atteignant 2 500 m, les principales caractéristiques de la colonne d'eau sont celles d'un océan tropical c'est à dire des eaux superficielles chaudes (28°C), salées (35 PSU) et relativement peu productives.

#### ► Hydrologie

##### Température

Ternon *et al.* (2004) a mis en évidence une variation saisonnière de la température dans les 80 premiers mètres de la colonne d'eau. Les profils de température réalisés par Créocéan entre 2006 et 2013 indiquent une décroissance de la température jusqu'à 200 m de profondeur ; La température chute ensuite plus lentement, pour atteindre 5°C environ à 800 m de profondeur, et 4 à 3°C au niveau du fond.

##### Salinité

Les eaux marines présentent une forte variabilité de la salinité, y compris au large de la Guyane.

La variabilité est saisonnière : les valeurs hautes de salinité apparaissent préférentiellement entre juillet et janvier, et les valeurs plus faibles entre janvier et juillet. Elle est aussi spatiale en fonction des courants et en particulier de la réflexion du courant Nord Brésil qui agit sur le transport des eaux dessalées de l'Amazone.

Les profils de salinité réalisés en 2006 et 2013 par Créocéan sur toute la hauteur d'eau montre la présence d'eaux superficielles dessalées sur des stations à plus de 150 km de distance de la côte sur des fonds de 2000 m de profondeur. Sous cette couche d'eau superficielle de 10m à 200 m d'épaisseur la salinité se stabilise à des valeurs proches de 35 psu.

### **Turbidité, couleur et charge particulaire**

Les eaux océaniques généralement d'un bleu profond à 100 à 150 km au large de la Guyane changent de couleur pour devenir plus sombres à l'approche des côtes.

La charge particulaire décroît fortement de la côte vers le large. Au large les valeurs de MES sont globalement plus faibles mais il reste des disparités relativement fortes en fonction des secteurs et des périodes, suggérant un influence des fleuves jusqu'à des distances importantes de la côte et même parfois jusque, voire delà du talus continental.

### **Teneur en oxygène**

D'après Ternon *et al.* (2004), la distribution de l'oxygène dissous est étroitement associée à la présence des eaux dessalées en surface : les eaux dessalées sous influence fluviale présentent des teneurs en oxygène supérieures à 5 mg/l et les eaux marines présentent des concentrations en oxygène dissous inférieures à 4 mg/l.

Des profils de concentrations en oxygène sur toute la colonne d'eau sur le plateau continental (Créocéan, 2011) et des stations plus au large (Créocéan, 2006 (a et b) et Créocéan, 2013) obtiennent des résultats relativement similaires, avec un taux d'oxygène de l'ordre de 5 mg/l sur le plateau et des teneurs variant entre 6 et 8mg/l selon la profondeur sur les stations au large.

### **Nutriments**

Dans Ternon *et al.* (2001, 2002), on observe un gradient de la côte vers le large des concentrations en nitrates, en phosphates et en silicate, traduisant une origine continentale des nutriments, probablement véhiculée par les fleuves Guyanais.

Au large, les concentrations en éléments nutritifs sont toutes faibles à très faibles (Créocéan, 2006 et Créocéan, 2013). Les très faibles valeurs mesurées en surface proviennent, au moins en partie, de leur consommation par le phytoplancton, absent plus en profondeur.

### **Contamination en métaux et en hydrocarbures**

Ces apports fluviaux de matière organique et de nutriments peuvent être associés à des apports de polluants. Cependant, les campagnes de Créocéan en 2006 et 2013 au large de la Guyane ne détectent pas de niveau de contamination notable de la colonne d'eau. Les teneurs en métaux sont globalement faibles, inférieures ou de l'ordre du bruit de fond des océans.

La campagne de 2013 indique toutefois que trois éléments métalliques sont présents sur l'ensemble des stations et des profondeurs échantillonnées : l'aluminium, le vanadium et l'arsenic.

Il n'y a pas de contamination des eaux en hydrocarbure totaux ou en HAP : les concentrations sont majoritairement en dessous du seuil de détection. Les détections d'hydrocarbures sont marginales.

#### **► Phytoplancton**

Les apports en nutriments provenant des fleuves, la circulation océanique, les vents, la turbidité des eaux influencent la concentration et la répartition géographique des peuplements phytoplanctoniques.

Une étude des données satellitaires concernant les biomasses phytoplanctoniques (Créocéan, 2012) confirment l'influence des apports en nutriments des fleuves, et notamment de l'Amazone, sur la production de phytoplancton. Cette production s'étend vers le large et/ou le long des côtes guyanaises avec une variabilité saisonnière en lien avec les variations de la circulation des masses d'eau.

La variabilité dans le temps et dans l'espace des concentrations en chlorophylle-a est très importante. Elle peut être schématisée comme suit (Do Rosario Marinho *et al.*, 2004) :

- Les eaux littorales, de faible salinité, généralement riches en sels nutritifs, affichent les plus fortes concentrations en chlorophylle-a.
- Les eaux intermédiaires du plateau continental, de salinité variable montrent des concentrations en chlorophylle-a plus faibles.
- Les eaux du reste du plateau continental, de salinité plus constante sont plus claires et généralement

plus pauvres en nutriments. Elles présentent des concentrations variables de chlorophylle-a mais globalement faibles.

Les concentrations en chlorophylle-a dans les eaux superficielles du large (ensemble du permis, Créocéan, 2013) présentent une moyenne de  $0,41 \pm 0,48 \mu\text{g/l Chla}$ .

Les eaux littorales et côtières abritent des Diatomées et des Dinophycées. Les abondances au niveau du genre et de l'espèce sont variables selon la saison et la localisation géographique. Plus au large, sur le plateau continental, la diatomée *Thalassionema nitzschioides* et une cyanobactérie, *Oscillatoria cf. thebaudii* prédominent.

#### ► Zooplancton

Les données disponibles, bien que limitées, tendent à montrer que les peuplements zooplanctoniques sont relativement riches et diversifiés dans tout le domaine maritime guyanais (plateau et domaine profond).

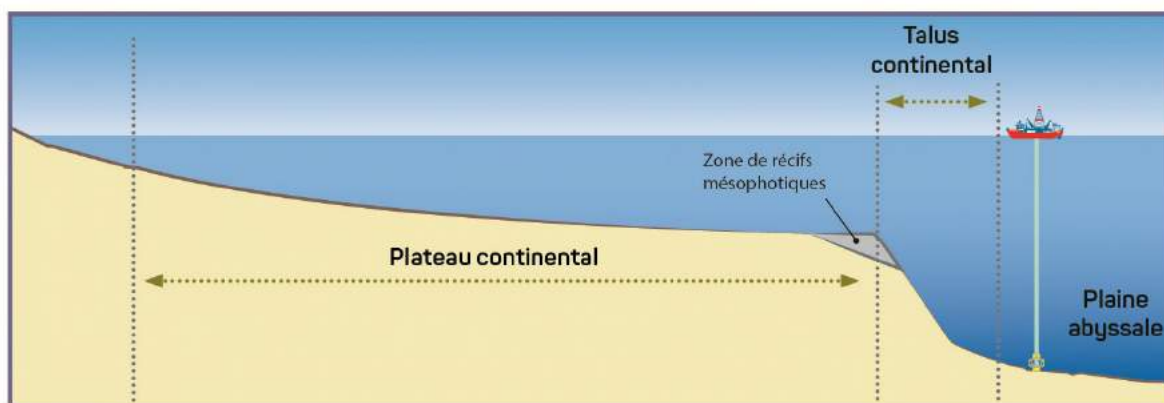
Les peuplements zooplanctoniques côtiers de Guyane sont relativement homogènes de la côte jusqu'à des fonds de 50-60 m de profondeur. Les espèces les plus fréquentes sont *Oithona sp.*, *Acartia tonsa*, *Tintinnopsis sp.*, ainsi que des larves de nombreux crustacés copépodes. Au-delà de cette zone côtière, les peuplements de zooplancton sont beaucoup plus diversifiés et comprennent des mollusques pélagiques (Artigas *et al.*, 2003).

## 2.3. Les fonds marins

Les fonds marins au large de la Guyane peuvent être classés en plusieurs entités bio-géomorphologiques :

- les substrats meubles du plateau continental,
- les substrats durs du plateau continental (essentiellement situés à sa limite extérieure,
- le talus qui marque la fin du plateau,
- et enfin la plaine abyssale qui débute au pied du talus.

Le schéma suivant illustre la localisation de ces différentes entités.



L'emplacement du bateau symbolise le point de forage

**Figure 46. Différentes entités morphologiques étudiées**

Les données caractérisant les sédiments au large de la Guyane sont toutes issues de campagnes océanographiques réalisées par Créocéan entre 2006 et 2014.

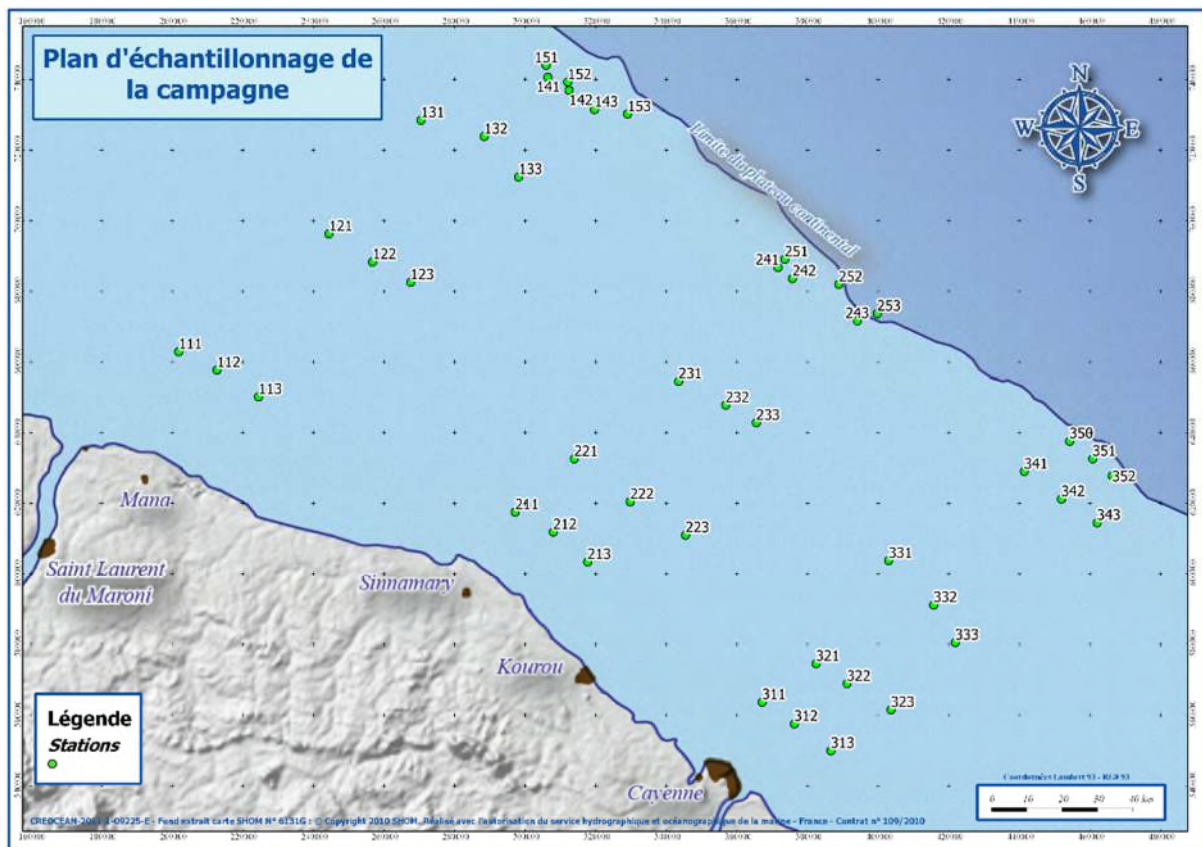


### 2.3.1. Le plateau continental

Une campagne bio-sédimentaire de prélèvements et d'analyse des sédiments a été menée en 2009 par Créocéan pour la DEAL sur l'ensemble du plateau continental de Guyane. 45 stations ont été échantillonnées entre 20 m et 100 m de profondeur, donc de la côte à la limite du plateau.

Des données en bordure de littoral ont aussi été récoltées aux sorties des estuaires du Mahury (chenal d'accès au port de Dégrad des Cannes) et du Maroni (Banc français) (Créocéan, 2004a, 2004b) ou sur la plage de Yalimapo (légèrement au-dessus de la limite des plus hautes mers) à l'Ouest de la Guyane dans l'estuaire du Maroni (Créocéan, 2006). Ces données sont considérées comme étant hors champ d'étude.

Les sections suivantes présentent les données issues de la campagne de 2009.

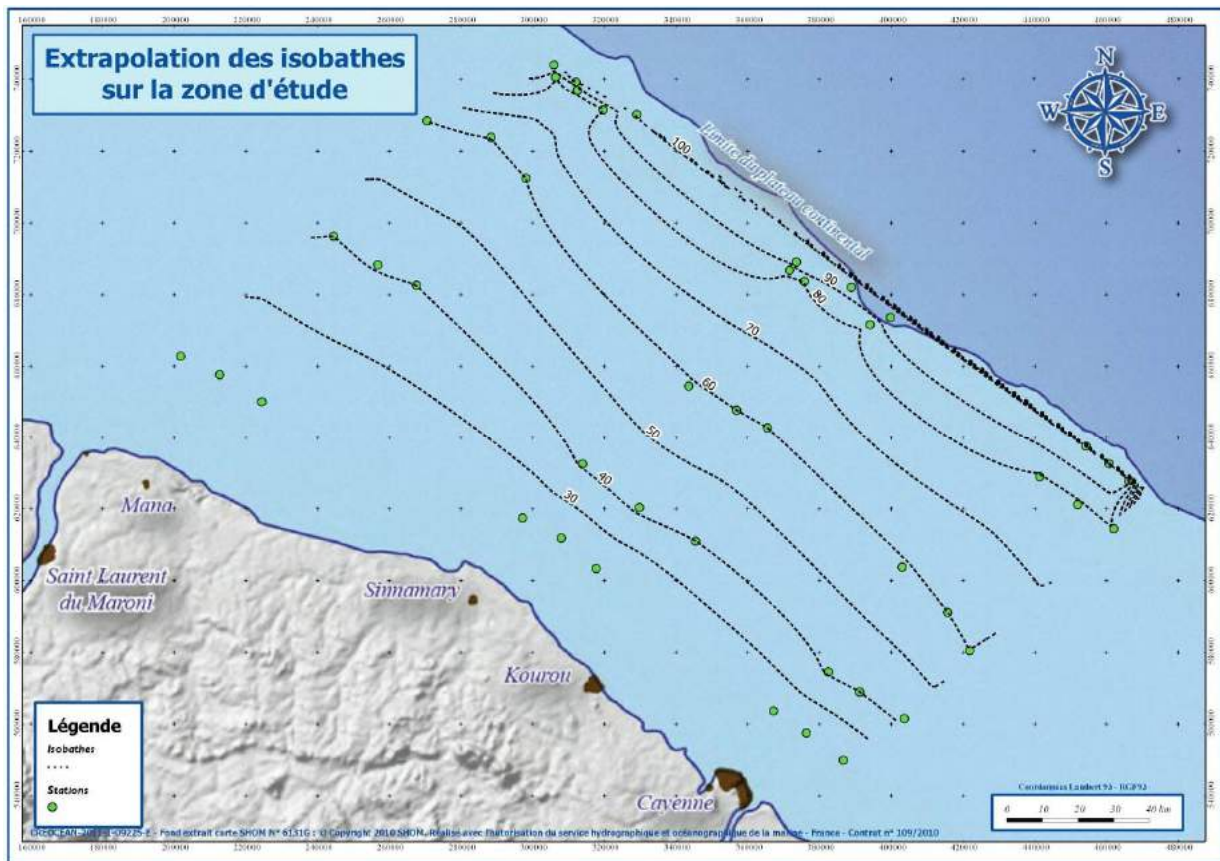


Source : Créocéan, 2009

**Figure 47. Plan d'échantillonnage de la campagne de prélèvements de sédiment sur le plateau continental en 2009**

### 2.3.1.2. Bathymétrie

Une évaluation sommaire de la bathymétrie de l'ensemble a été réalisée sur l'ensemble du plateau continental à partir des profondeurs mesurées à chaque station. La figure 48 illustre le résultat de cette interpolation (méthode de kriegage avec le logiciel Quantum GIS). Elle met en évidence la pente régulière des fonds marins de la côte vers le large, pente qui semble s'infléchir vers 80 m de profondeur. Ceci préfigure la fin du plateau continental. Cette carte doit cependant être considérée comme indicative. Seul un quadrillage plus précis de la zone pourrait permettre de réaliser un véritable document bathymétrique pouvant être considéré comme une mise à jour de la bathymétrie du plateau guyanais.



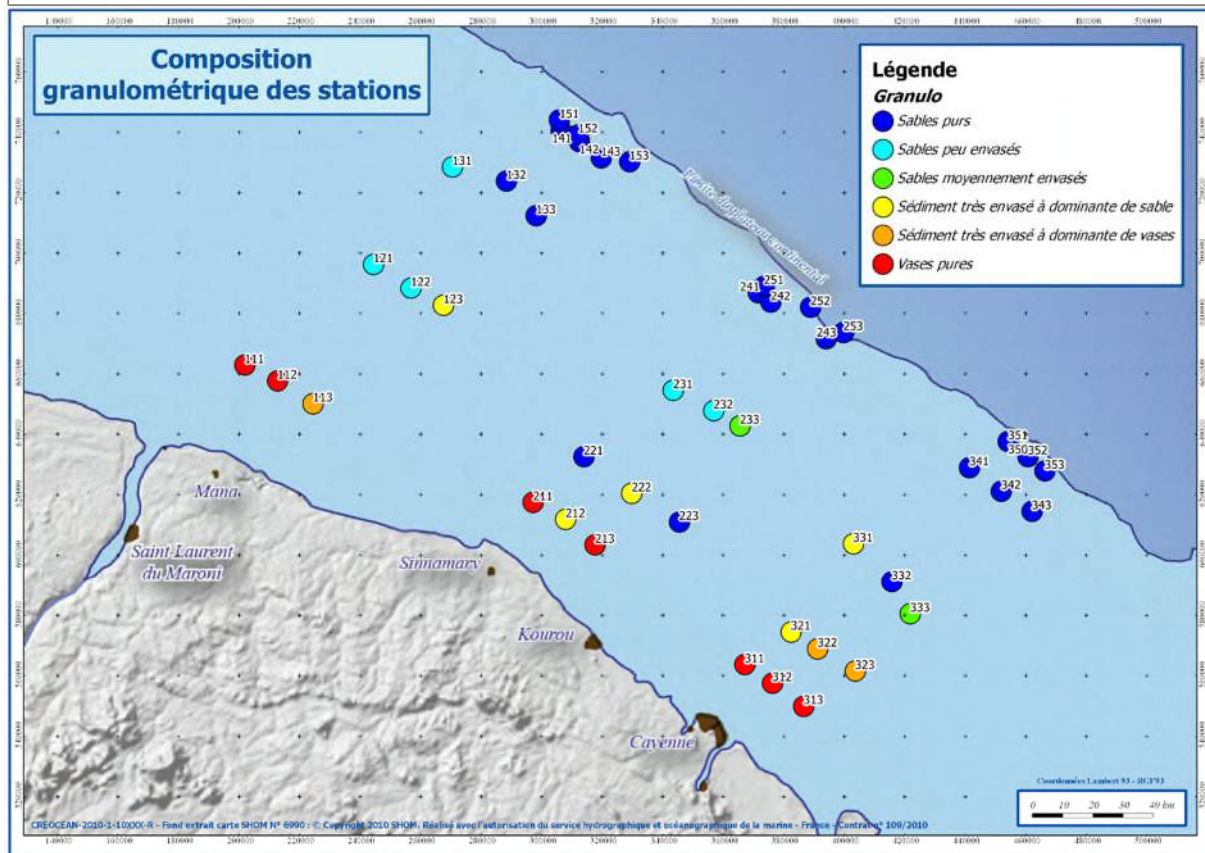
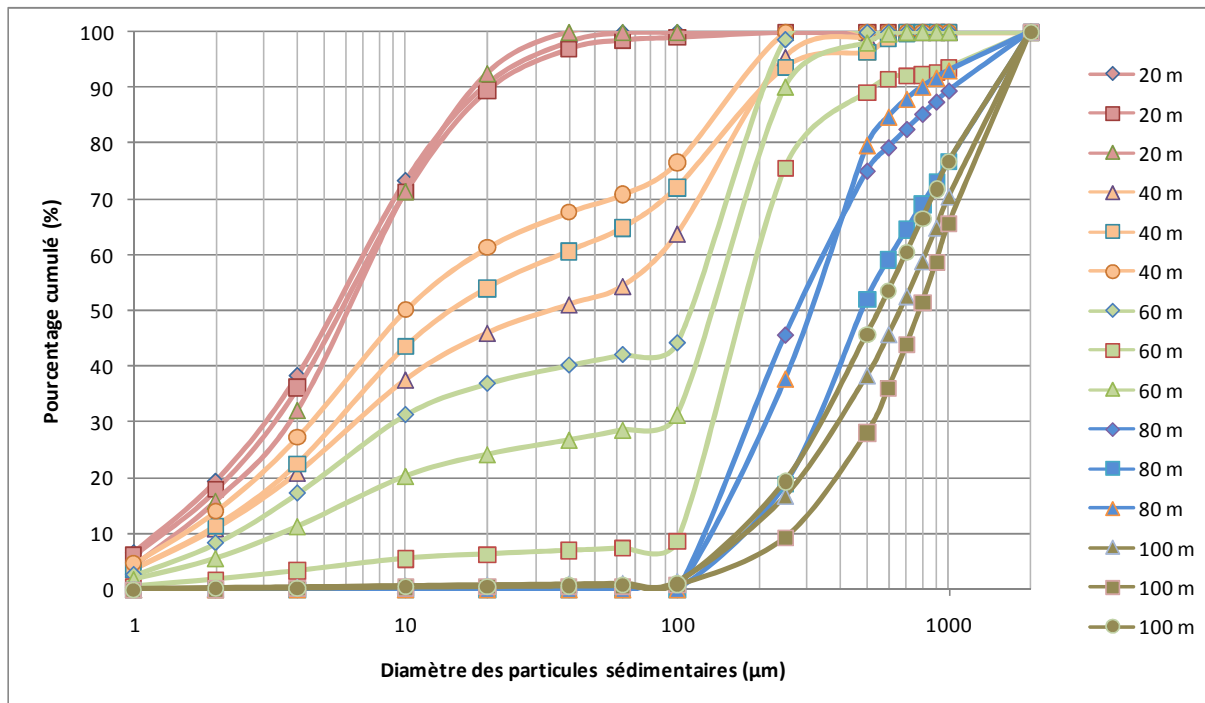
Source : Créocéan, 2009

Figure 48. Bathymétrie du plateau continental par extrapolation des profondeurs mesurées

### 2.3.1.4. Compartiment sédimentaire

#### 2.3.1.4.1. Granulométrie

La campagne d'octobre 2009 a consisté à prélever des sédiments superficiels à 20, 40, 60, 80 et 100 m de profondeur. Les courbes granulométriques sont présentées en ci-dessous.



Source : Créocéan, 2009

Figure 49. Granulométrie des sédiments le long du plateau continental Guyanais

Les courbes indiquent un accroissement de la fraction sableuse depuis la côte vers la limite du plateau :

- A 20 m de fond, la classe granulométrique dominante est celle des limons, probablement en lien avec les apports fluviaux,
- A 40 m, les limons ont une fraction plus sableuse,
- A 60 m de profondeur, les sables limoneux dominent,
- A 80 et 100 m de fond, les sables purs sont dominants avec une taille des grains qui augmente en fonction de la profondeur.

A l'échelle de l'ensemble du plateau continental, la fraction la plus représentée est celle des limons fins qui forment entre 52 et 67% des particules totales. Les limons grossiers arrivent en deuxième position avec 15 à 22% du total et les argiles en troisième position avec 12 à 19% des particules. Au final, la fraction fine représente en moyenne 95,2% des particules. La fraction grossière du sédiment, correspondant à des sables, est peu représentée et confinée à la limite du plateau, avec des teneurs oscillants entre 0,5 et 14,8% selon les stations. Seuls les sables fins y sont représentés, avec des tailles de grains n'excédant pas 200 µm.

#### 2.3.1.4.2. Enrichissement en éléments organiques et nutritifs

D'une manière générale, les teneurs de matière organique et de carbone organique, ainsi que la teneur d'azote total d'un sédiment sont d'autant plus importantes que le sédiment est fin.

Les niveaux de chaque paramètre sont évalués à partir des valeurs seuils existantes dans la bibliographie (Licari, 1998).

**Tableau 11. Seuils de qualité pour les nutriments dans les sédiments**

Paramètres	Valeur faible	Valeur moyenne	Valeur élevée	Valeur très élevée
<b>Matière organique (% sec)</b>	< 6,95	6,95 à 10,30	10,30 à 13,00	≥ 13,00
<b>Carbone organique (% sec)</b>	< 0,75	0,75 à 1,33	1,33 à 5,00	≥ 5,00
<b>Azote total (% sec)</b>	< 0,04	0,04 à 0,09	0,09 à 0,18	≥ 0,18

*Source : Licari, 1998*

##### ► Carbone organique total

On observe un gradient net entre la côte et le large, avec des teneurs moyennes (ou normales) jusqu'à 40 m de hauteur d'eau, puis des valeurs faibles (Figure 50). Ce gradient est cohérent avec une origine terrigène du carbone, et avec le fait que les sédiments de plus en plus grossiers retiennent moins les nutriments.

##### ► Azote total

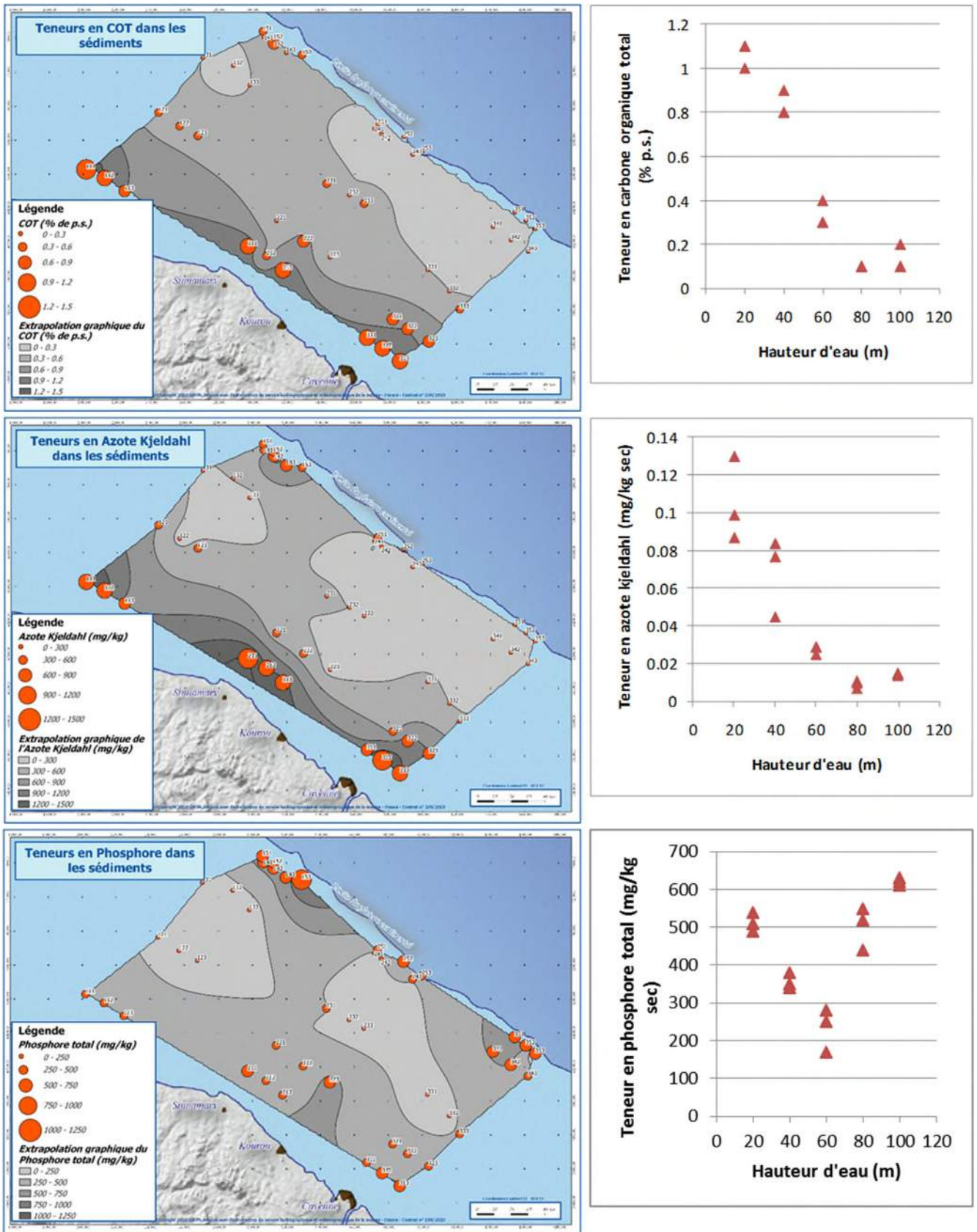
Un gradient décroissant avec l'éloignement à la côte d'appauvrissement des teneurs en azote est également visible. Il va de pair avec la diminution de la fraction fine des sédiments (Figure 50).

Comme précédemment, la teneur en azote total apparaît fortement corrélée avec la proportion de particules fines des sédiments superficiels et diminue avec la profondeur d'eau.

##### ► Phosphore total

Pour les données de phosphore total, aucun gradient côte-large ou en lien avec la granulométrie n'est visible (Figure 50).





Source : Créocéan, 2009

Figure 50. Teneur en nutriments



#### 2.3.1.4.3. Contaminations chimiques des sédiments

L'étude de 2009 pour la DEAL n'a pas fait l'objet d'analyse de la contamination chimique des sédiments.

#### 2.3.1.5. Compartiment biologique

##### 2.3.1.5.1. Macroalgues et phanérogames

De manière générale, la forte turbidité naturelle des eaux littorales guyanaises n'est pas propice au bon développement de la végétation aquatique marine. L'opacité des eaux empêche la pénétration de la lumière, indispensable à la photosynthèse des plantes sous-marines.

Les **végétaux « supérieurs »** ou **phanérogames** sont peu représentés dans les eaux du littoral guyanais et sont cantonnés à la côte dans les fonds peu profonds (hors zone d'étude).

L'IRD (2006) mentionne la présence d'herbiers de Ruppie (*Ruppia maritima*) et qualifie la Ruppie d'espèce « rare en Guyane, localisée dans des habitats ou des sites menacés ». Des travaux plus récents, (IFREMER, 2011), ne révèlent pas la présence de phanérogames, ce qui peut être expliqué par l'extrême turbidité des eaux côtières, associée à une dynamique sédimentaire défavorable et à une salinité très variable. L'ASR<sup>8</sup> de l'AAMP<sup>9</sup> (2009a) et l'étude du bureau d'études Semantic/Seneao (Foulquier, 2010) n'indiquent pas la présence de phanérogames marines en Guyane et qu'elles ne constituent pas un enjeu écologique pour le milieu marin, ni au niveau du plateau continental ni au niveau océanique.

Les **macroalgues** de Guyane ont fait l'objet de très peu de travaux d'inventaire. Néanmoins, l'étude menée par le groupement Semantic/Seneao (Foulquier, 2012) a effectué des observations et des échantillonnages directs en plongée, ainsi que des photos sous-marines. Les sites prospectés étaient les îlets de Rémire, le secteur des Battures du Connétable et du Grand Connétable. Ces sites ne font pas partie de la zone d'étude. Par ailleurs aucune espèce d'algue n'est citée dans les inventaires obtenus.

En revanche, des échouages de sargasses, algues brunes dérivantes, sont observés depuis 2011<sup>10</sup>. Elles sont probablement charriées par des courants marins et ne se développent pas sur place.

Sur la zone d'étude élargie, les seules mentions de présence d'algues sont dues aux résultats de l'expédition « La Planète Revisitée » du MNHN en 2014 qui signale des encroûtements d'algues corallines sur le rebord du plateau continental entre 110 et 130 mètres de profondeur mais qui n'ont pas été observés lors de la mission « Guyane 2017 ».

##### 2.3.1.5.2. Macrofaune benthique du plateau continental

###### ► Etudes antérieures à la campagne 2009 de Créocéan

Le benthos du plateau continental au large de la Guyane a fait l'objet de plusieurs campagnes d'études en Guyane depuis les années 50, principalement dans le but de mieux connaître la biologie des espèces exploitées par les pêcheries locales.

La majorité des biotas<sup>11</sup> visés par les campagnes réalisées par le passé concernait surtout des espèces d'intérêt commercial : poissons et crevettes. Une synthèse de ces études a ainsi pu être dressée (Tableau 12).

---

<sup>8</sup> ASR : Analyse Stratégique Régionale

<sup>9</sup> AAMP : Agence des Aires Marines Protégées (l'AAMP fait partie de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB))

<sup>10</sup> <https://la1ere.francetvinfo.fr/guyane/2015/05/19/l-impact-des-algues-sargasses-en-guyane-257159.html>

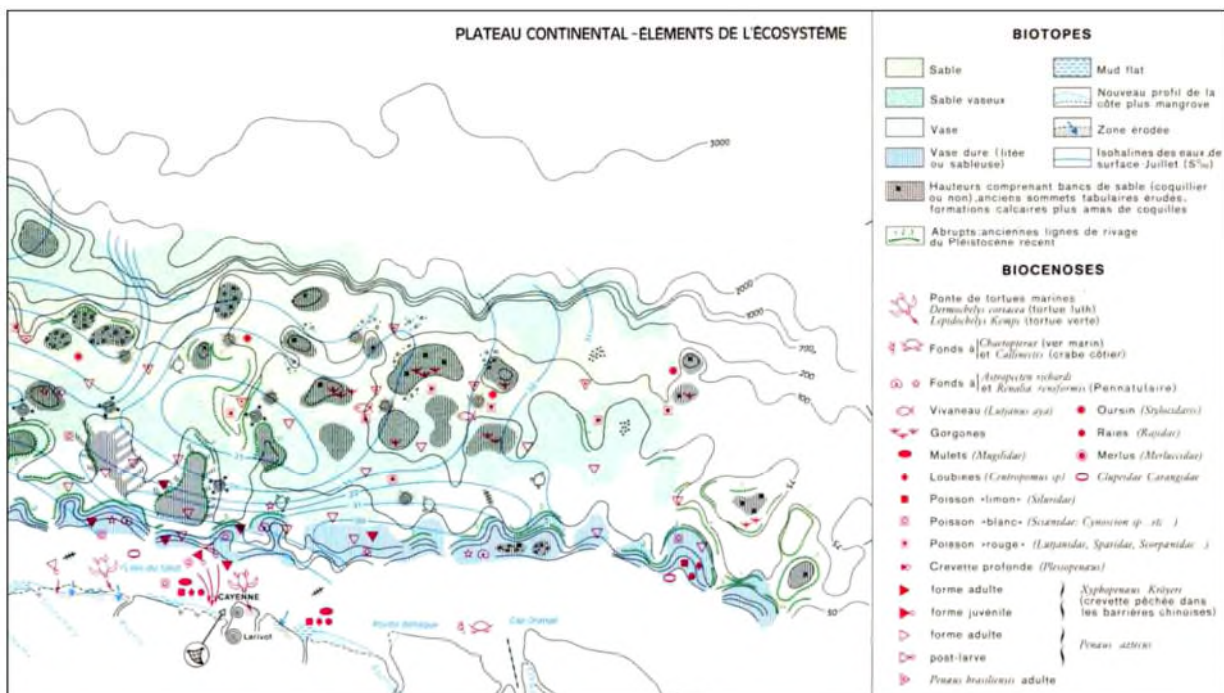
[http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/cgedd/010345-01\\_rapport.pdf](http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/cgedd/010345-01_rapport.pdf)

<sup>11</sup> Biota (ou biote) définit, en écologie l'ensemble des organismes vivants

**Tableau 12. Sources bibliographiques relatives à la macrofaune benthique sur le plateau continental Guyanais**

Profondeur	Objectifs	Source
15 à 100 m	Faune démersale <sup>12</sup> et benthique <sup>13</sup>	Durand, 1959
0 à 100 m	Espèces et biocénoses	Rossignol, 1979
10 à 1 000 m	Poissons démersaux et espèces benthiques épigées : intérêt pour espèces commerciales	Takeda et Okutani, 1983 (campagne JAMARC)
0 à 60 m	Peuplements démersaux	Nerini, 1994
0 à 60 m	Crevettes ou vivaneaux	Moguedet <i>et al.</i> , 1995
2 à 15 m	Crevettes et poissons (notamment les juvéniles)	Vendeville 1995
0 à 80 m	Macrofaune benthique épigée et endogée	Le Loeuff et Cosel, 2000 (campagne GREEN)
0 à 60 m	Poissons démersaux et quelques organismes benthiques marins	Guéguen, 2000
0 à 60 m	Invertébrés en poissons (traits de chaluts)	Renaud, 2004 Blanchard <i>et al.</i> , 2007
20 à 100 m	Faune benthique (endogée et épigée) et démersale	Créocéan, 2011 (campagne fin 2009)
0 à 80 m	Faune benthique (endogée et épigée) et démersale	Foulquier, 2012
40 à 200 m	Pêches expérimentales crevettes et poissons	Créocéan, 2012 à 2014

Une carte des biotopes et des biocénoses a été élaborée dès 1979 par Rossignol (Figure 51).



Source : Rossignol, 1979

**Figure 51. Carte du plateau continental guyanais datant de 1979**

12 Démersal : qualifie une espèce vivant libre à proximité du fond, c'est-à-dire sans être véritablement lié à celui-ci de façon permanente.

13 Benthique : qualifie une espèce ayant un lien étroit et permanent avec le fond marin.

Cette carte montre dès 1979 qu'au-delà de la stricte bande côtière, la surface du plateau continental est hétérogène. Même si une grande partie du plateau est sédimentaire (sable ou vases), les zones qui apparaissent en gris sur la carte sont constituées d'affleurements calcaires et de sables coquillers. Par ailleurs il est également noté plusieurs « abrupts » correspondant à des microfalaises dont l'origine est probablement liée aux anciens niveaux marins.

Guegen (2000) décrit l'existence de trois assemblages faunistiques distincts au large de la Guyane :

- Un peuplement littoral (0–30 m) distribué au niveau des eaux côtières saumâtres caractérisées par des fonds vaseux,
- Un peuplement caractéristique du milieu du plateau continental (30–50 m),
- Un peuplement profond (fonds > 50 m) distribué au niveau des eaux marines caractérisées par des fonds sableux.

**Tableau 13. Synthèse des taxons identifiés sur le plateau continental guyanais**

Profondeur	Taxons identifiés	Nombre d'espèces identifiées / taxon	Source
0 à 15 m	Crustacés	5	Vendeville, 1995
	Echinodermes	21	
15 à 100 m	Crustacés	3	Durand, 1959
	Mollusques	34	
	Ostéichthyens	133	
10 à 1000 m	Crustacés	146	Aizawa <i>et al.</i> , 1983 Takeda et Okutani, 1983
	Mollusques	143	
0 à 80 m	Cnidaires	3	Le Loeuff et Cosel, 2000
	Polychètes	4	
	Crustacés	57	
	Mollusques	27	
	Echinodermes	5	

*Source : Foulquier, 2012 - d'après ASR Guyane*

Les inventaires de Le Loeuff et Von Cosel (2000) permettent de dresser une liste d'espèces appartenant à quatre taxons différents (crustacés, mollusques, échinodermes et cnidaires), caractéristiques des fonds meubles (Tableau ci-dessous, issu de l'étude Foulquier, 2012).

**Tableau 14. Espèces caractéristiques des fonds meubles guyanais ()**

Milieux	Profondeur	Taxons	Espèces
Fonds de vase molle	0-20m	Crustacés	<i>Exhippolysmata aplohoroides, Xiphopenaeus kroyeri</i>
Sable vaseux - Vase sableuse	30-50m	Cnidaires	<i>Renilla Reniformis</i>
		Crustacés	<i>Callinectes ornatu, Penaeus subtils, Calappa sulcata, Sicyonia dorsalis, Callictes bocourti, Parapenaeus politus, Persephona lichteinsteini, Squilla lijdingi</i>
		Echinodermes	<i>Astropecten richardi</i>
		Mollusques	<i>Tonna galea</i>
Fonds sableux	60-80m	Crustacés	<i>Dardanus fucosus, Hepatus scaber, Iliancantha intermedia, spinicarpus, Solenocera geijskesi, Paguristes depressus, Petrochirus diogenes, Portunus anceps, Anasimus latus, Calappa nitida, Iliancantha liodactylus, Parthenope agonus, Penaeus brasiliensis</i>
		Echinodermes	<i>Astropecten brasiliensis, Astrophyton muricatum, Luidia clathrata, Ophioleptis elegas, Tropiometra carinat, Eucidaris tribuloides, Luidia senegalensis, Tethyaster vestitus</i>
		Mollusques	<i>Polystira vipex, Bursa bufo, Conus austini, Fusinus closter, Oliva reticularis, Turbinella laevigata, Amusium papyraceum, Distorsio clathrata</i>

*Source : Foulquier, 2012 - d'après ASR Guyane*

Ces données ont été complétées entre 2004 et 2007, et notamment dans le cadre du projet CHALOUPE<sup>14</sup> mené par l'Ifremer. Blanchard *et al.* (2007), et Renaud (2004) établissent un nouvel inventaire à partir de traits de chaluts réalisés entre 0 et 60 m de profondeur, et dénombrent plus de 150 espèces différentes d'invertébrés.

► **Campagne Créocéan 2009 pour le compte de la DEAL (Créocéan, 2011)**

Une campagne d'inventaire des peuplements benthiques (épigés et endogés) et démersaux a été menée par Créocéan en 2009 à la demande de la DEAL de Guyane. Elle apporte de nombreuses informations sur la faune vivant dans ou sur le fond marin du plateau continental guyanais.

Au total, 45 stations ont été échantillonnées. Elles étaient réparties de manière à couvrir l'ensemble du plateau continental guyanais, de 20 à 100 m de profondeur.

591 taxons ont été inventoriés lors de cette campagne dont seulement 88 ont été identifiés jusqu'à l'espèce. Les analyses statistiques permettent d'estimer le nombre théorique d'espèces sur la zone entre 639 et 740. Ces chiffres mettent bien en évidence le manque de connaissance de la biodiversité de cette région.

<sup>14</sup> CHALOUPE : CHAngement gLObal, dynamiqUe de la biodiversité marine exploitée et viabilité des PEcheries

**Tableau 15. Indicateurs caractérisant les peuplements benthiques du plateau continental**

	Profondeur (hauteur d'eau)				
	20 m	40 m	60 m	80m	100 m
<b>Richesse spécifique</b> (nb.sp/station)	43,5	81,1	103,3	93	132,2
<b>Densité</b> (ind/m <sup>2</sup> )	578,3	909,6	1381,6	1374,2	3344
<b>Biomasse</b> (g/m <sup>2</sup> )	5,9	5,9	7,4	12,8	16,1
<b>Indice de Shannon</b> (bits)	2,8	3,7	3,9	3,7	3,6
<b>Indice trophique</b> (%)	65,8	62,6	61,5	68,2	63,7

*Valeurs moyennes par profondeur considérée, Source : Campagne Creoccean, 2009 ; rapport 2011*

Les définitions et les méthodes de calculs des variables biologiques sont données dans le chapitre « Matériel et Méthode » (§ 3.3.4.2.4).

Le nombre d'espèces est important (22 à 152 espèces par stations) ce qui confère aux fonds marins du plateau continental guyanais une valeur patrimoniale importante (forte biodiversité).

Les valeurs de densité pour les stations les plus profondes sont très élevées, ce qui est rare à une telle distance de la côte et à ces profondeurs (Figure 53). Cette zone de début de talus continental apparaît donc comme très productive avec une importance écologique.

Le groupe de détritivores est dominant sur l'ensemble des secteurs. Les groupes des suspensivores et des dépositivores se partagent le reste de la densité relative dans des proportions plus ou moins équivalentes. La quasi-absence d'espèces caractéristiques de milieux eutrophisés<sup>15</sup> contribue à démontrer la bonne santé et l'équilibre des peuplements benthiques du plateau continental guyanais.

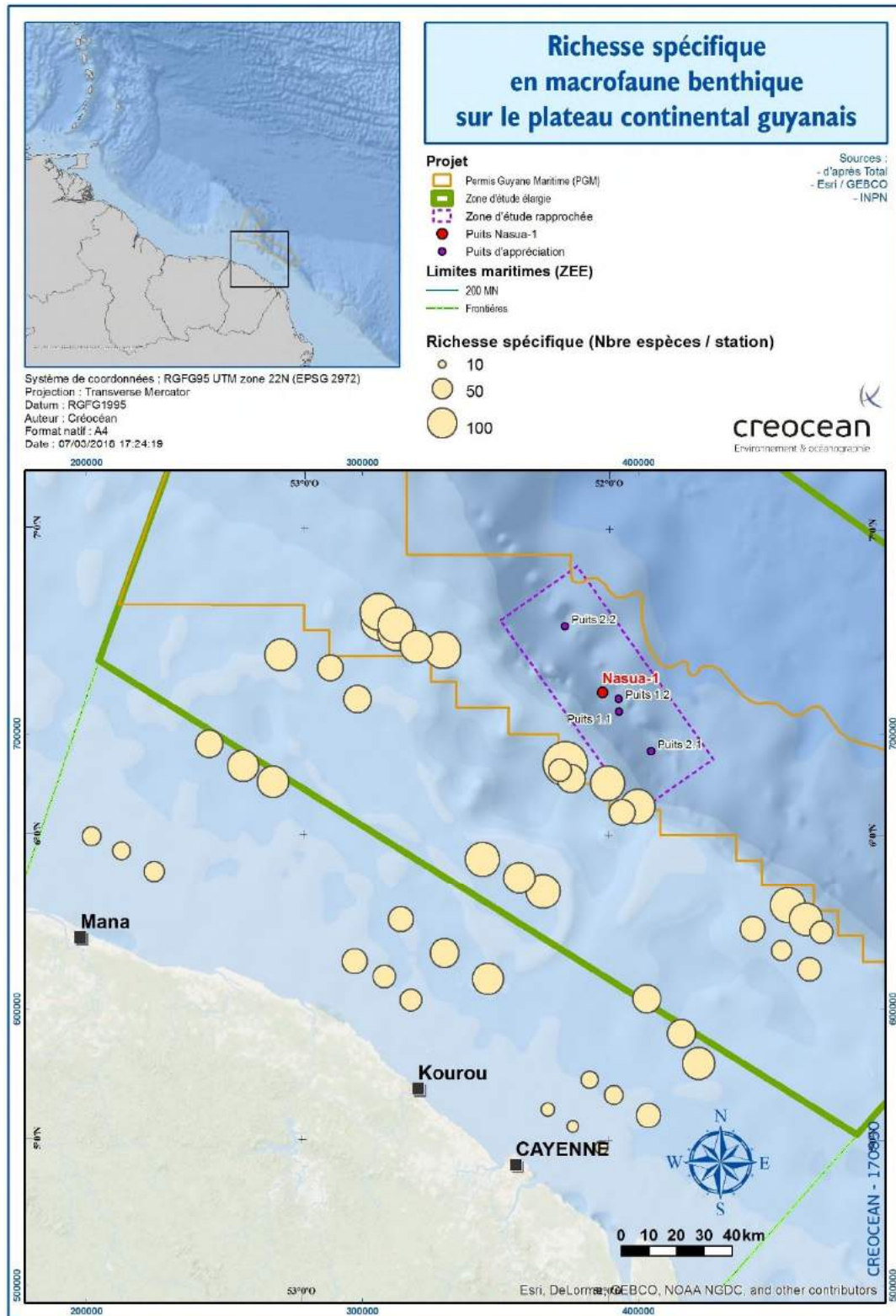
La richesse spécifique, la densité et l'indice de diversité de Shannon suivent un gradient croissant avec la profondeur (Figure 52). Les peuplements sont aussi organisés selon ce même gradient. Les petits fonds, plus vaseux, sont dominés par les annélides polychètes et sont remplacés progressivement par les crustacés qui dominent les peuplements les stations les plus profondes. A toutes les profondeurs, les mollusques sont toujours bien représentés en termes de richesse spécifique.

Ces espèces ne sont pas réparties de manière homogène sur l'ensemble de la zone. C'est au large, à la limite du plateau continental, entre 80 et 100 mètres de profondeur, que la richesse est la plus importante. Elle se traduit par une forte diversité spécifique, des densités et des biomasses importantes ainsi que par une bonne représentation de l'ensemble des groupes taxonomiques. Cette richesse est probablement due à la conjonction de plusieurs facteurs : l'éloignement de la côte limite les apports de particules fines et donc le dépôt excessif de vases. Le milieu sableux, voire graveleux par endroits, permet à toute une faune diversifiée de se développer. Par ailleurs, cette zone est soumise aux courants apportant des ressources trophiques importantes, comme peuvent le montrer les valeurs de biomasses élevées. Un dernier facteur pourrait également intervenir dans cette richesse : il s'agit de la présence probable de substrats durs le long de la pente qui pourraient abriter d'autres types de biocénoses.

Les résultats de cet inventaire (Créocéen, 2011) confirment les données antérieures acquises dans ce secteur, à savoir un étagement des espèces selon la bathymétrie, des peuplements dominés par les crustacés et des échinodermes qui participent grandement à la biomasse.

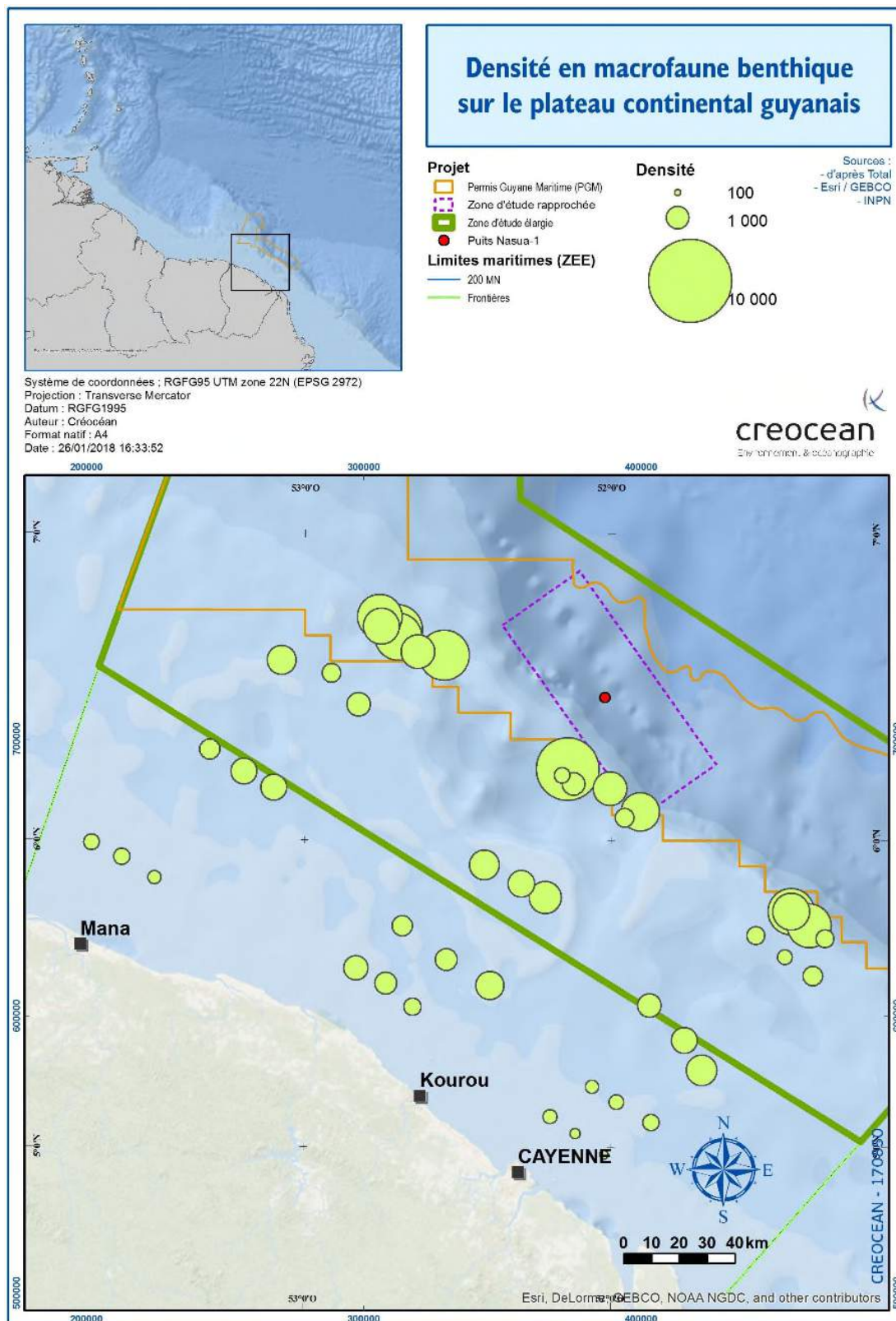
<sup>15</sup> L'eutrophisation fait référence à l'enrichissement du milieu en éléments nutritifs (principalement azote et phosphore). L'eutrophisation se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène. Il s'en suit, entre autres, une diversité animale et végétale amoindrie et des usages perturbés.





Source : Créocéan, 2011

Figure 52. Richesse spécifique en macrofaune benthique sur le plateau continental guyanais



Source : Créocéan, 2011

Figure 53. Densité en macrofaune benthique sur le plateau continental guyanais

### 2.3.1.5.3. Poissons démersaux et autres espèces halieutiques du plateau continental

La faune piscicole du plateau continental a fait l'objet d'études diverses menées dans le cadre du suivi et de l'évaluation de la pêche artisanale et professionnelle Guyanaise (Ifremer depuis 1954 ; Takeda et Okutani, 1983 ; Guéguen, 2000 ; Leopold, 2004).

Les études les plus récentes ont été menées par Créocéan dans le cadre d'une d'étude d'impact des projets de prospection pétrolière au large de la Guyane (Créocéan 2012c, d, 2013b, 2014), ainsi que par l'Ifremer en 2016 (Etude Study<sup>16</sup>). Les résultats présentés ci-dessous sont issus de ces investigations.

**Tableau 16. Sources bibliographiques des espèces halieutiques sur le plateau continental**

Domaine	Méthode	Auteur(s)
Plateau continental	Recensement	Guéguen, 2000
Plateau continental	Recensement	Leopold, 2004
Espace côtier	Pêches au filet trémail	Foulquier, 2012
Plateau continental	3 Campagnes de pêche - Chalutiers et ligneurs	Créocéan, 2012c, 2012d et 2013
Plateau continental	Campagnes de pêche focalisée sur l'Acoupa	Créocéan, 2014
Plateau continental	Etude Study (Hauturier et Large)	Ton <i>et al.</i> 2016 (Ifremer)

#### ► Etudes de Guéguen (2000) et Leopold (2004)

En 2000, Guéguen établit une première liste exhaustive avec 110 espèces recensées. En 2004, Léopold actualise l'inventaire et dresse une liste de 126 espèces.

Les prospections sont réalisées sur l'ensemble du plateau continental majoritairement sur des zones rocheuses mais aussi sur des fonds sédimentaires entre 30 et 180 m de profondeur.

Des données plus récentes sont présentées dans le rapport Semantic et Seaneo (Foulquier, 2012), mais les secteurs prospectés sont cantonnés aux sites de Mère-Mamelles, Père, Malingre, Grand Connétable et Petit Connétable, et ne sont pas décrites ici.

L'essentiel de la production halieutique est constituée de crevettes péneïdes (*Paeneus brasiliensis* et *Paeneus subtilis*), pour environ 2500 tonnes, réparties sur le plateau continental entre 30 et 80 m de profondeur sur des fonds meubles vaseux. Cette pêche est pratiquée par des chalutiers crevettiers à tangon de type américain, et la ressource est exportée vers l'Europe.

Concernant les poissons, les principales espèces exploitées sont les lutjanidés (Vivaneaux rouges *Lutjanus purpureus* notamment), pour environ 700 tonnes débarquées chaque année. Ces poissons sont pêchés avec des lignes à main ou des casiers (pêcheurs de Guadeloupe et de Martinique), ou bien encore à la dérive sur des fonds rocheux allant de 40 à 200 mètres de profondeur. Selon Léopold (2004), cette ressource est en surexploitation, ce qui se traduit par une diminution très importante de la taille moyenne des captures.

Les requins sont exploités par les pêcheurs des pays voisins, notamment le Venezuela, dans la zone du plateau continental. Les techniques de pêche sont le filet maillant dérivant mais surtout la palangre dérivante (longline) de plusieurs kilomètres de long.

Le reste de la pêcherie dans les eaux guyanaises est constituée par les espèces côtières exploitées par des embarcations moyennes (tapouilles de 12 m) et par des unités légères telles que les canots créoles et les pirogues. La pêche est pratiquée généralement avec de petits filets dérivants (la folette) en raison des courants violents, et très près de la côte par des pièges fixes (barrières chinoises). Ces techniques fournissent l'essentiel du marché local et n'alimentent pas les filières d'exportation.

<sup>16</sup> Etude STUDY : « Structure et Dynamique de la biodiversité halieutique dans les eaux guyanaises » financé par les fonds européens FEDER et les fonds d'un opérateur pétrolier a pour objectif de récolter des données pour comprendre la structure spatiale et la dynamique des peuplements marins dans les eaux guyanaises.



**Tableau 17. Espèces de poissons inféodés aux substrats durs**

Familles	Espèces	Habitats préférentiels
Muraenidae	<i>Gymnothorax funebris</i>	Zones rocheuses jusqu'à 30 m
Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i>	Zones rocheuses entre 50 et 90 m
	<i>Ostichthys trachypoma</i>	
	<i>Corniger spinosus</i>	
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>	Eaux claires, fonds de débris de coquilles ou sableux entre 30 et 100m
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	Pélagiques, aux abords des îles
Ophidiidae	<i>Lepophidium profundorum</i>	Fonds sableux et débris coquilliers sur le bord du plateau et du talus au-delà de 30 m
Carangidae	<i>Trachinotus cayennensis</i>	Zones sableuses, îlets, estuaires, jusqu'à 10 m
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Affleurements rocheux surtout récifs fossiles entre 30 et 100 m à la limite Ouest
	<i>Chaetodon sedentarius</i>	
	<i>Chaetodon guyanensis</i>	
Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i>	Fonds sableux et zones accidentées, eaux peu turbides, abords des îles et des pointes jusqu'à 60 m
	<i>Haemulon plumieri</i>	Proximité des pointes rocheuses entre 40 et 70 m
	<i>Haemulon striatum</i>	Zones rocheuses entre 40 et 80 m
	<i>Haemulon aurolineatum</i>	
Sparidae	<i>Calamus penna</i>	Zones accidentées entre 30 et 90 mètres
	<i>Calamus pennatula</i>	
Lutjanidae	<i>Lutjanus jocu</i>	Fonds rocheux, eaux claires jusqu'à 40 m
	<i>Lutjanus griseus</i>	Fonds rocheux
	<i>Lutjanus analis</i>	
	<i>Lutjanus apodus</i>	
	<i>Lutjanus purpureus</i>	Fonds rocheux au large, de 40 m à 100 m
	<i>Lutjanus vivanus</i>	Fonds rocheux au large, fonds sableux, de 40 m à 200
	<i>Lutjanus buccanella</i>	Fonds rocheux au large, de 40 m à 200 m
	<i>Lutjanus mahogoni</i>	Fonds grossiers de 40 m à 50 m
	<i>Lutjanus synagris</i>	Zones accidentées, fonds vaseux et sableux, eaux claires et turbides, au-delà de 30 m
	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	Fonds rocheux au large, dès 25 m jusqu'à 300 m
	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Fonds rocheux de 40 m à 180 m
	<i>Pristipomoides aquilonaris</i>	Fonds rocheux au large
	<i>Pristipomoides macrophthalmus</i>	
<i>Pristipomoides freemani</i>		
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Affleurements rocheux en eaux claires jusqu'à 60 m
	<i>Pomacanthus paru</i>	
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenathus</i>	Eaux claires, zones rocheuses, à partir de 30 m
Scaridae	<i>Sparisoma chrysopterygum</i>	Zones accidentées des 30 m
Sciaenidae	<i>Aquetus acuminatus</i>	Eaux claires, zones accidentées au-delà de 50 m
Serranidae	<i>Epinephelus itajara</i>	Eaux saumâtres, eaux claires, fonds sableux, zones rocheuses
	<i>Epinephelus flavolimbatus</i>	Zones rocheuses profondes au-delà de 60 m
	<i>Epinephelus morio</i>	
	<i>Epinephelus niveatus</i>	Zones rocheuses
	<i>Epinephelus striatus</i>	
	<i>Epinephelus adscensionis</i>	
Loricariidae	<i>Hypostomus watwata</i>	Estuaires, amas de roches, épaves, débris
Diodontidae	<i>Chilomycterus antillarum</i>	Zones rocheuses, récifs coralliens fossiles, entre 40 et 60 m en moyenne
Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i>	Zones rocheuses entre 35 et 70 m

► **Campagnes de pêches scientifiques, Créocéan (2012-2013)**

Entre 2012 et 2013, 40 stations ont été échantillonnées au chalut à crevette (à bord de chalutiers-crevettier de type américains à tangons) et à la ligne à main (à bord d'un ligneur vénézuélien). Ces 40 stations ont été échantillonnées 3 fois (août 2012, décembre 2012 et août 2013), soit un effort de pêche total de 120 traits de chaluts de 30 minutes et 120 points d'échantillonnage à la ligne à main de 30 minutes. La zone d'échantillonnage comprenait des stations situées sur des fonds compris entre 50 et 275 m de profondeur.

Deux sous-zones ont été déterminées : la zone adjacente à la zone de prospection sismique (au large) et la zone éloignée (voir les cartes ci-après).

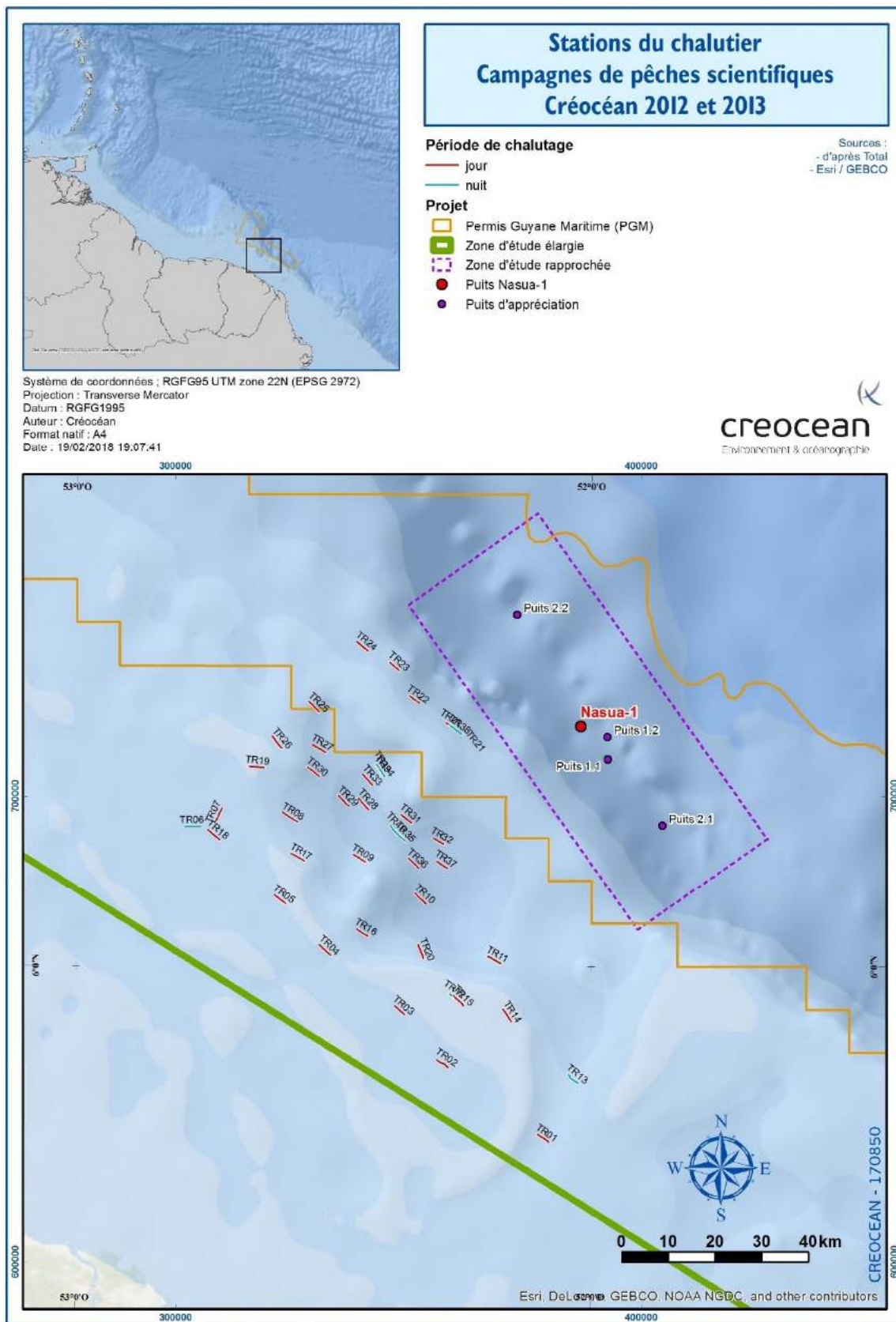
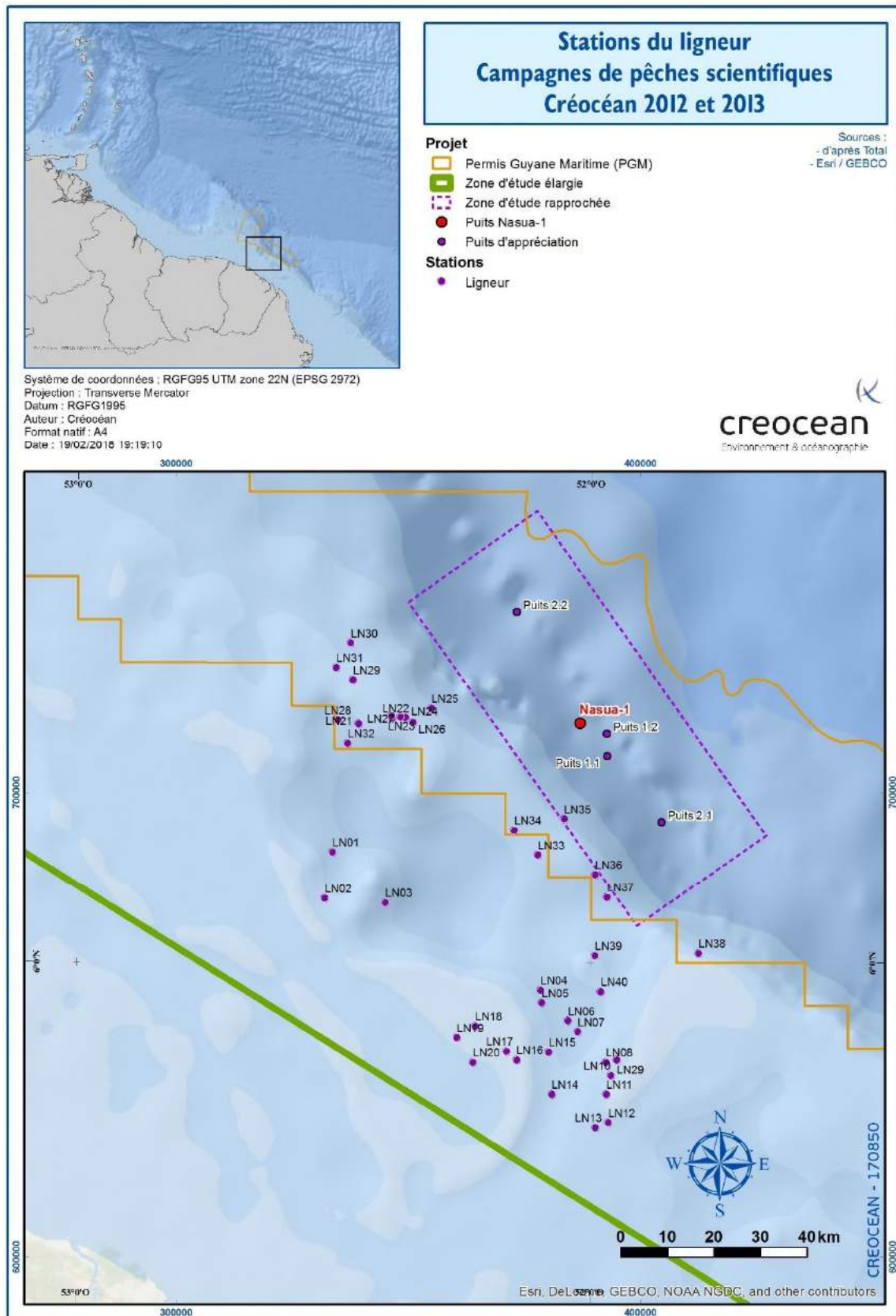


Figure 54. Stations du chalutier lors des campagnes de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012 et 2013)





**Figure 55. Stations du ligneur lors des campagnes de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012 et 2013)**

## Biodiversité

**146 espèces** de poissons appartenant à **73 familles** ont été échantillonnées à l'aide des deux techniques de pêche confondues. La famille des Serranidae est la plus représentée avec 13 espèces. Le statut UICN de ces espèces (Liste rouge mondiale) est le suivant :

- 1 espèce est classée « En danger critique d'extinction » (CR) : raie torpille de Bancroft,
- 1 espèce est classée « En danger » (ED) : requin marteau halicorne,
- 6 espèces sont classées « Vulnérable » (VU) : requin soyeux, vivaneau ti-yeux, baliste cabri, raie torpille, mérrou aile jaune et mérrou neige,
- 6 espèces sont classées « Quasi-menacé » (NT) : banane de mer, requin tigre, vivaneau rayé, raie-guitare, mérrou marbré et hippocampe long nez,
- 117 espèces sont classées en « préoccupation mineure » (LC),
- 4 espèces sont classées en « données insuffisantes » (DD) : raie pastenague américaine, requin nourrice, raie torpille brésilienne et ange de mer,
- 14 espèces ne disposent pas de statut UICN.

Ces espèces sont présentées dans le tableau ci-dessous. On retrouve des espèces qui affectionnent les fonds meubles, les fonds rocheux, les récifs ou bien qui évoluent en pleine eau.

**Tableau 18. Liste des espèces de poissons identifiées sur le plateau continental Guyanais lors de la campagne de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012 et 2013)**

Nom commun	Nom binominal	Famille	Auteurs	Substrat	Nom commun	Nom binominal	Famille	Auteurs	Substrat
Sole nue	<i>Gymnarchius nudus</i>	Achiridae	Kaup, 1858	Meuble	Congre-sarsier	<i>Hoplunnis macrura</i>	Nettastomatidae	Ginsburg, 1951	Meuble
Synagrops	<i>Synagrops spinosus</i>	Acropomatidae	Schultz, 1940	Meuble	Chauve souris à trois zémes	<i>Zalaeus mcgintyi</i>	Ogcocephalidae	Fowler, 1952	Meuble
Banane de mer	<i>Albula vulpes</i>	Albulidae	Linnaeus, 1759	Rocheux	Chauve souris de louisiane	<i>Halleutichthys intermedius</i>	Ogcocephalidae	Ho, Chakrabarty & Sparks, 2010	Meuble
Antennaire	<i>Antennarius striatus</i>	Antennariidae	Shaw, 1794	Rocheux	Chauve-souris de mer	<i>Halleutichthys aculeatus</i>	Ogcocephalidae	Mitchill, 1818	Meuble
Apogon	<i>Apogon quadrifasciatus</i>	Apogonidae	Longley, 1934	Rocheux	Poisson chauve souris	<i>Ogcocephalus nosutus</i>	Ogcocephalidae	Cuvier, 1829	Rocheux
Trompette tachetée	<i>Aulostomus maculatus</i>	Aulostomidae	Valenciennes, 1841	Rocheux	Poisson chauve souris brésilien	<i>Ogcocephalus vesperitius</i>	Ogcocephalidae	Linnaeus, 1758	Rocheux
Poisson crapaud enchaîné	<i>Parichthys plectrodon</i>	Batrachoididae	Jordan & Gilbert, 1882	Meuble	Poisson serpent	<i>Ophichthus cylindrosteus</i>	Ophichthidae	Ranzani, 1839	Meuble
Pourreau à tache dorsale	<i>Bodianus pulchellus</i>	Bodianinae	Poey, 1860	Rocheux	Serpent blanc	<i>Ophichthus puncticeps</i>	Ophichthinae	Ophichthinae	Meuble
Perpère des caraïbes	<i>Trichopsetta caribbaea</i>	Bothidae	Anderson & Gutherz, 1967	Meuble	Broton à 2 tâches	<i>Neobythites gilli</i>	Ophidiidae	Goode & Bean, 1885	Meuble
Rombou ocellée	<i>Bothus ocellatus</i>	Bothidae	Agassiz, 1831	Meuble	Brotonle barbiche	<i>Lepophidium brevibarbe</i>	Ophidiidae	Cuvier, 1829	Meuble
Dragonnet	<i>Foetorepus dagmarae</i>	Callionymidae	Fricke, 1985	Meuble	Brotonle barbue	<i>Bratula barbata</i>	Ophidiidae	Bloch & Schneider, 1801	Meuble
Poisson sanglier	<i>Antigonia capros</i>	Caproidae	Lowe, 1843	Meuble	Brotonle lisérée	<i>Lepophidium profundorum</i>	Ophidiidae	Gill, 1863	Meuble
Carangue coubali	<i>Caranx crysos</i>	Carangidae	Mitchill, 1815	Pélagique	Brotonle tachetée	<i>Lepophidium pheromystax</i>	Ophidiidae	Robins, 1960	Meuble
Chinchard	<i>Selar crumenophthalmus</i>	Carangidae	Bloch, 1793	Pélagique	Poisson coffre polygone	<i>Acanthostracion polygonum</i>	Ostraciidae	Poey, 1876	Rocheux
Condorier	<i>Alectis ciliaris</i>	Carangidae	Bloch, 1787	Pélagique	Poisson coffre-taureau	<i>Acanthostracion quadricornis</i>	Ostraciidae	Linnaeus, 1758	Rocheux
Maquereau comète	<i>Decapterus macarellus</i>	Carangidae	Cuvier, 1833	Pélagique	Fausse-limande sombre	<i>Syacium papillosum</i>	Paralichthyidae	Linnaeus, 1758	Meuble
Sapater	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	Carangidae	Linnaeus, 1766	Pélagique	Perpère	<i>Cyclosetta chittendeni</i>	Paralichthyidae	Bean, 1895	Meuble
Seriote limon	<i>Seriola rivoliana</i>	Carangidae	Valenciennes, 1833	Pélagique	Perpère à queue tachetée	<i>Cyclosetta fimbriata</i>	Paralichthyidae	Goode & Bean, 1885	Meuble
Requin soyeux	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Carcharhinidae	Müller & Henle, 1839	Meuble	Pile à corne	<i>Citharichthys cornutus</i>	Paralichthyidae	Günther, 1880	Meuble
Requins aiguilles	<i>Rhizoprionodon parous</i>	Carcharhinidae	Poey, 1861	Rocheux	Rombou cyclope	<i>Ancylorsetta cyclolepis</i>	Paralichthyidae	Tyler, 1959	Meuble
Requin tigre	<i>Galeocerda cuvier</i>	Carcharhinidae	Péron & Lesieur, 1822	Pélagique	Crevette brasiéro	<i>Penaeus brasiliensis</i>	Penaeidae	Fabricius, 1798	Meuble
Poisson papillon ocellé	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Chaetodontidae	Bloch, 1787	Rocheux	Crevette brune	<i>Penaeus subtilis</i>	Penaeidae	(Pérez Farfante, 1967)	Meuble
Poisson papillon sédentaire	<i>Chaetodon sedentarius</i>	Chaetodontidae	Poey, 1860	Rocheux	Crevette sebaô	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Penaeidae	(Heller, 1862)	Meuble
Chardin fil	<i>Opisthonema oglinum</i>	Clupeidae	Lesueur, 1818	Rocheux	Bec de canard	<i>Bembrops onatirostris</i>	Percophidae	Ginsburg, 1955	Meuble
Congre des baléares	<i>Ariosoma balearicum</i>	Congridae	Delaroche, 1809	Rocheux	Grondin brevirostre	<i>Peristedion brevirostre</i>	Peristediidae	Günther, 1880	Meuble
Whiptail conger	<i>Rhynchoconger gracilar</i>	Congridae	Ginsburg, 1951	Meuble	Grondin longstre	<i>Peristedion gracile</i>	Peristediidae	Goode & Bean, 1896	Meuble
Langue joue tendre	<i>Symphurus plagusia</i>	Cynoglossidae	Linnaeus, 1758	Meuble	Poisson chèvre	<i>Polymixia lowei</i>	Pleuronectidae	Günther, 1859	Meuble
Poule des mers	<i>Dactylopterus volitans</i>	Dactylopteridae	Linnaeus, 1758	Meuble	Sole des caraïbes du large	<i>Paecligsetta inermis</i>	Paecligsettidae	Breder, 1927	Meuble
Raie pastenague à queue épaisse	<i>Dasyatis centroura</i>	Dasyatidae	Mitchill, 1815	Meuble	Sole des profondeurs	<i>Paecligsetta beanii</i>	Paecligsettidae	Goode, 1881	Meuble
Raie pastenague américaine	<i>Dasyatis americana</i>	Dasyatidae	Hildebrand & Schroeder, 1928	Meuble	Demoiselle beauté	<i>Holocanthus tricolor</i>	Pomacanthidae	Bloch, 1795	Rocheux
Poisson porc-épic	<i>Chilomycterus antillarum</i>	Diodontidae	Jordan & Rutter, 1897	Rocheux	Demoiselle blanche	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Pomacanthidae	Linnaeus, 1758	Rocheux
Poisson porc-épic ballon	<i>Diodon holocanthus</i>	Diodontidae	Linnaeus, 1758	Rocheux	Demoiselle chlririte	<i>Pomacanthus paru</i>	Pomacanthidae	Bloch, 1787	Rocheux
Porc-épic à nageoires tachetées	<i>Chilomycterus reticulatus</i>	Diodontidae	Linnaeus, 1758	Rocheux	Demoiselle royale	<i>Holocanthus ciliaris</i>	Pomacanthidae	Linnaeus, 1758	Rocheux
Porc-épic boubou	<i>Diodon hystrix</i>	Diodontidae	Linnaeus, 1758	Rocheux	Chromis pourpre	<i>Chromis scotti</i>	Pomacanthidae	Émery, 1968	Rocheux
Rémora commun	<i>Echeneis naucrates</i>	Echeneidae	Linnaeus, 1758	Pélagique	Beucaire soleil	<i>Priacanthus arenatus</i>	Priacanthidae	Cuvier, 1829	Rocheux
Disque portugais	<i>Chaetodipterus faber</i>	Ephippidae	Broussonet, 1782	Rocheux	Priacanthus indéterminé	<i>Priacanthus sp.</i>	Priacanthidae	/	Rocheux
Exocet hirondelle	<i>Hirundichthys affinis</i>	Exocoetidae	Günther, 1866	Pélagique	Cabo	<i>Rachycentron canadum</i>	Rachycentridae	Linnaeus, 1766	Pélagique
Comette à taches bleu	<i>Fistularia tabacaria</i>	Fistulariidae	Linnaeus, 1758	Rocheux	Raie-gultare	<i>Rhinobatos percellens</i>	Rhinobatidae	Walbaum, 1792	Meuble
Corvette rouge	<i>Fistularia petimba</i>	Fistulariidae	Lacépède, 1803	Rocheux	Poisson perroquet émeraude	<i>Nicholsia usta usta</i>	Scaridae	Valenciennes, 1840	Meuble
Escoller américain	<i>Neopinnula americana</i>	Gempylidae	Grey, 1953	Pélagique	Pierrot vert	<i>Sparisoma chrysopteron</i>	Scaridae	Bloch & Schneider, 1801	Rocheux
Poisson lapli argenté	<i>Eucinostomus argenteus</i>	Gerreidae	Baird & Girard, 1855	Rocheux	Acoupa tonquiche	<i>Cynoscion similis</i>	Sciaenidae	Randall & Cervigón, 1968	Pélagique
Requin -nourrice	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	Ginglymostomatidae	Bonnaterre, 1788	Meuble	Thazard tacheté	<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	Scombridae	(Cortés, Fuoso & Zavala-Camin, 1978)	Rocheux
Gorette chercheur	<i>Haemulon steindachneri</i>	Haemulidae	Jordan & Gilbert, 1882	Rocheux	Rascasse	<i>Scorpaena isthmensis</i>	Scorpaenidae	Meek & Hildebrand, 1928	Meuble
Gorette corocoro	<i>Orthopristis ruber</i>	Haemulidae	Cuvier, 1830	Meuble	Rascasse alle longue	<i>Scorpaena agassizii</i>	Scorpaenidae	Goode & Bean, 1896	Meuble
Gorette rui	<i>Haemulon boschmae</i>	Haemulidae	Metzelaar, 1919	Rocheux	Rascasse brésilienne	<i>Scorpaena brasiliensis</i>	Scorpaenidae	Cuvier, 1829	Rocheux
Gorette tomate	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Haemulidae	Cuvier, 1830	Rocheux	Rascasse épineuse	<i>Pontinus longispinis</i>	Scorpaenidae	Goode & Bean, 1896	Meuble
Marignan coq	<i>Holocentrus adscensionis</i>	Holocentridae	Osbeck, 1765	Rocheux	Badeche	<i>Mycteroperca phenax</i>	Serranidae	Jordan & Swain, 1884	Rocheux
Marignan Mombin	<i>Myripristis jacobus</i>	Holocentridae	Cuvier, 1829	Rocheux	Badeche creole	<i>Paranthias furcifer</i>	Serranidae	Valenciennes, 1828	Rocheux
Labre rouge	<i>Decodon puellaris</i>	Labridae	Poey, 1860	Rocheux	Coné doré	<i>Hemanthias aureorubens</i>	Serranidae	Langley, 1935	Meuble
Baudrole réticulée	<i>Lophiodes reticulatus</i>	Lophiidae	Caruso & Suttis, 1979	Meuble	Coné ouaté	<i>Cephalopholis fulva</i>	Serranidae	Linnaeus, 1758	Rocheux
Colas vorace	<i>Pristipomoides aquilonaris</i>	Lutjanidae	Goode & Bean, 1896	Meuble	Merou aile jaune	<i>Epinephelus flavoalbatus</i>	Serranidae	Poey, 1865	Rocheux
Vivaneau rayé	<i>Lutjanus synagris</i>	Lutjanidae	Linnaeus, 1758	Rocheux	Merou marbré	<i>Dermatolepis inermis</i>	Serranidae	Valenciennes, 1833	Rocheux
Vivaneau rouge	<i>Lutjanus purpureus</i>	Lutjanidae	Poey, 1866	Rocheux	Merou neige	<i>Hyporhamphus niveatus</i>	Serranidae	Valenciennes, 1828	Rocheux
Vivaneau ti-yeux	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	Lutjanidae	Cuvier, 1829	Rocheux	Merou savonnette plaine	<i>Rypticus randalli</i>	Serranidae	Courtenay, 1967	Rocheux
Grenadier atlantique commun	<i>Nezumia aequalis</i>	Macrouridae	Günther, 1878	Meuble	Merou savonnette tachée	<i>Rypticus bistrigatus</i>	Serranidae	Mitchill, 1818	Rocheux
Tile ligne noire	<i>Caulolatilus cyanops</i>	Malacanthidae	Poey, 1866	Rocheux	Serran de sable	<i>Diplacrum formosum</i>	Serranidae	Linnaeus, 1766	Meuble
Tile cell d'or	<i>Caulolatilus chrysops</i>	Malacanthidae	Valenciennes, 1833	Meuble	Serran des lagunes	<i>Diplacrum radiale</i>	Serranidae	Quoy & Gaimard, 1824	Meuble
Merlu lumineux	<i>Steindachneria argentea</i>	Merlucciidae	Goode & Bean, 1896	Pélagique	Serran onille noire	<i>Serranus atrabronchus</i>	Serranidae	Cuvier, 1829	Rocheux
Baliste cabri	<i>Balistes carolinensis</i>	Monacanthidae	Gmelin, 1789	Rocheux	Serran tatler	<i>Serranus phoebe</i>	Serranidae	Poey, 1851	Rocheux
Bourse fil	<i>Stephanolepis setifer</i>	Monacanthidae	Bennett, 1831	Rocheux	Bécune chandelle	<i>Sphyaena picudilla</i>	Sphyraenidae	Poey, 1860	Pélagique
Capucin jaune	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	Mullidae	Cuvier, 1829	Rocheux	Bécune guachanche	<i>Sphyaena guacharcho</i>	Sphyraenidae	Cuvier, 1829	Meuble
Rouget barbet tacheté	<i>Pseudupeneus maculatus</i>	Mullidae	Bloch, 1793	Meuble	Requin marteau halicorne	<i>Sphyma lewini</i>	Sphymidae	Griffith & Smith, 1834	Pélagique
Rouget-souris mignon	<i>Upeneus parvus</i>	Mullidae	Poey, 1852	Meuble	Angé de mer	<i>Squatina dumeril</i>	Squatinae	Lesueur, 1818	Meuble
Murène jaune	<i>Gymnothorax vicinus</i>	Muraenidae	Ranzani, 1840	Rocheux	Hippocampe long nez	<i>Hippocampus reidi</i>	Syngnathidae	Ginsburg, 1933	Rocheux
Murène ocellée	<i>Gymnothorax ocellatus</i>	Muraenidae	Agassiz, 1831	Meuble	Anoli de sable	<i>Synodus intermedius</i>	Synodontidae	Spix & Agassiz, 1829	Meuble
Murène sellée	<i>Gymnothorax conspersus</i>	Muraenidae	Poey, 1867	Meuble	Anoli des caraïbes	<i>Saurida caribbaea</i>	Synodontidae	Breder, 1927	Meuble
Raie torpille	<i>Dipllobatis pictus</i>	Narcinidae	Palmer, 1950	Meuble	Anoli normani	<i>Saurida normani</i>	Synodontidae	Langley, 1935	Meuble
Raie torpille brésilienne	<i>Narcine brasiliensis</i>	Narcinidae	Ölfers, 1831	Meuble	Anoli serpent	<i>Trachinocephalus myops</i>	Synodontidae	Forster, 1801	Meuble
Raie torpille de Bancroft	<i>Narcine bancroftii</i>	Narcinidae	von Ölfers, 1831	Meuble	Poisson-lezard	<i>Synodus foetens</i>	Synodontidae	Linnaeus, 1766	Rocheux
					Compère lisé	<i>Lagocephalus laevis</i>	Tetraodontidae	Linnaeus, 1766	Pélagique
					Compère marbré	<i>Sphaeroides danielsi</i>	Tetraodontidae	Langley, 1934	Pélagique
					Thonine	<i>Euthymus alletteratus</i>	Thonidae	Rafinesque, 1810	Pélagique
					Émissole ti-yeux	<i>Mustelus higmani</i>	Triakidae	Springer & Lowe, 1963	Meuble
					Sabre	<i>Trichurus lepturus</i>	Trichuridae	Linnaeus, 1758	Meuble
					Grondin aile-courte	<i>Prionotus steamsi</i>	Triglidae	Jordan & Swain, 1885	Meuble
					Grondin de Bean	<i>Prionotus beanii</i>	Triglidae	Goode, 1896	Meuble
					Grondin riberal	<i>Bellator riberalis</i>	Triglidae	Miller, 1965	Meuble
					Grondin shortfin searobin	<i>Bellator brachyhir</i>	Triglidae	Regan, 1914	Meuble
					Grondin-paule	<i>Prionotus punctatus</i>	Triglidae	Bloch, 1793	Meuble
					Saint-Pierre argente	<i>Zenopsis conchifer</i>	Zeidae	Lowe, 1850	Rocheux



La richesse spécifique relevée dans ces travaux réalisés sur le plateau continental guyanais semble être supérieure à la plupart des références bibliographiques. En effet, 120 espèces de poissons ont été inventoriées par Moguedet en 1994 (Moguedet *et al.*, 1994), 99 espèces par Guéguen en 2000 (Guéguen, 2000) et 126 espèces en 2004 par Léopold (Léopold, 2004). En 1954, 200 espèces avaient en revanche été recensées par Durand (Durand, 1959).

L'analyse des données de la richesse spécifique a montré une variabilité dans la structure des peuplements ichtyologiques entre les stations et les zones échantillonnées par le chalutier.

**Tableau 19. Synthèse des valeurs d'indices de diversité des peuplements de poissons lors de pêche au chalut**

	RS (Richesse spécifique)			Indice de Shannon H'			Equitabilité		
	Août 2012	Déc- 2012	Août 2013	Août 2012	Déc- 2012	Août 2013	Août 2012	Déc- 2012	Août 2013
<b>Total</b>	107	115	108	4,18	3,93	4,11	0,62	0,57	0,61

Les définitions et les méthodes de calculs des variables biologiques sont données dans le chapitre « Matériel et Méthode » (§ 3.3.4.2.4).

Le plateau continental présente une richesse spécifique importante. Les indices de diversités sont plutôt élevés et les indices d'équitabilité moyens. Cela témoigne d'un peuplement riche et plutôt équilibré avec toutefois la présence d'espèces majoritaires en termes d'effectifs et de biomasses.

### Classes d'occurrences

Ce descripteur permet d'identifier le nombre de fois où une espèce est observée dans l'échantillon global. Une fréquence d'occurrence élevée signifie qu'une espèce a été échantillonnée dans un maximum d'échantillons (ou de stations d'échantillonnage dans le cas de cette étude). Une fréquence d'occurrence faible signifie, à l'inverse, qu'une espèce a été observée dans un petit nombre d'échantillon. Les espèces sont alors catégorisées dans des classes d'occurrences. Si la fréquence d'occurrence est :

- supérieure ou égale à 75%, l'espèce est considérée comme fréquente,
- comprise entre 50% et 75%, l'espèce est dite commune,
- comprise entre 25% et 50%, l'espèce est dite occasionnelle,
- comprise entre 10% et 25%, l'espèce est dite rare,
- inférieure à 10%, l'espèce est considérée comme accidentelle.

**Tableau 20. Occurrences des espèces occasionnelles – recensées au moins une fois lors des 3 campagnes de pêches scientifiques réalisées par Créocéan (2012-2013)**

Nom commun	Nom binominal	août-12		déc-12		août-13		Moyenne
		FO%	Classe d'occurrence	FO%	Classe d'occurrence	FO%	Classe d'occurrence	M FO%
Fausse-limande sombre	<i>Syacium papillosum</i>	85	fréquente	85	fréquente	85	fréquente	85
Grondin de Bean	<i>Prionotus beanii</i>	85	fréquente	78	fréquente	85	fréquente	83
Murène ocellée	<i>Gymnothorax ocellatus</i>	73	commune	75	commune	78	fréquente	75
Rombou ocellée	<i>Bothus ocellatus</i>	63	commune	65	commune	75	commune	68
Rascasse aile longue	<i>Scorpaena agassizii</i>	55	commune	58	commune	58	commune	57
Poisson-lezard	<i>Synagrops spinosus</i>	53	commune	55	commune	35	occasionnelle	48
Rascasse	<i>Scorpaena isthmensis</i>	45	occasionnelle	53	commune	45	occasionnelle	48
Anoli serpent	<i>Trachinocephalus myops</i>	40	occasionnelle	58	commune	40	occasionnelle	46
Poisson coffre-taureau	<i>Acanthostracion quadricornis</i>	28	occasionnelle	58	commune	48	occasionnelle	44
Grondin-poule	<i>Prionotus punctatus</i>	15	rare	58	commune	55	commune	43
Vivaneau rouge	<i>Lutjanus purpureus</i>	28	occasionnelle	58	commune	35	occasionnelle	40
Vivaneau ti-yeux	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	28	occasionnelle	53	commune	40	occasionnelle	40
Compère marbré	<i>Sphoeroides dorsalis</i>	40	occasionnelle	20	rare	50	occasionnelle	37
Poisson porc-épic	<i>Chilomycterus antillarum</i>	30	occasionnelle	38	occasionnelle	33	occasionnelle	33
Poisson papillon sédentaire	<i>Chaetodon sedentarius</i>	28	occasionnelle	40	occasionnelle	30	occasionnelle	33
Chinchard	<i>Selar crumenophthalmus</i>	20	rare	43	occasionnelle	/	/	31
Chauve-souris de mer	<i>Haliutichthys aculeatus</i>	30	occasionnelle	25	rare	38	occasionnelle	31
Rouget-souris mignon	<i>Upeneus parvus</i>	15	rare	53	commune	23	rare	30
Bourse fil	<i>Stephanolepis setifer</i>	38	occasionnelle	30	occasionnelle	23	rare	30
Raie-guitare	<i>Rhinobatos percellens</i>	23	rare	35	occasionnelle	28	occasionnelle	28
Vivaneau rayé	<i>Lutjanus synagris</i>	30	occasionnelle	28	occasionnelle	28	occasionnelle	28
Serran de sable	<i>Diplectrum formosum</i>	25	rare	28	occasionnelle	33	occasionnelle	28
Serran des lagunes	<i>Diplectrum radiale</i>	18	rare	35	occasionnelle	25	rare	26
Baliste cabri	<i>Balistes carolinensis</i>	23	rare	28	occasionnelle	23	rare	24
Grondin riberoi	<i>Bellator riberoi</i>	20	rare	28	occasionnelle	23	rare	23
Beauclaire soleil	<i>Priacanthus arenatus</i>	18	rare	28	occasionnelle	20	rare	22
Cornette rouge	<i>Fistularia petimba</i>	28	occasionnelle	18	rare	20	rare	22
Poisson crapaud enchainé	<i>Porichthys plectrodon</i>	15	rare	28	occasionnelle	10	accidentelle	18
Anoli normani	<i>Saurida normani</i>	13	rare	13	rare	28	occasionnelle	18
Poisson lapli argenté	<i>Eucinostomus argenteus</i>	10	accidentelle	30	occasionnelle	5	accidentelle	15

Deux espèces sont classées fréquentes lors de toutes les campagnes, la fausse-limande sombre et le grondin de Bean. Cela signifie que ces espèces ont été observées dans quasiment tous les échantillons et sont réparties sur l'ensemble de la zone prospectée.

Trois espèces sont classées communes (ou fréquentes) lors des trois campagnes de pêches : la murène ocellée, le rombou ocellé et la rascasse aile-longue. Ces espèces ont été observées dans plus de la moitié des échantillons et présentent donc une large répartition sur le site d'étude.

18 espèces peuvent être considérées comme occasionnelles sur le secteur. Ce sont des espèces qui font partie du cortège d'espèces habituellement rencontré sur le secteur. Toutefois leur répartition est moins homogène et elles n'ont pas été observées sur la majorité des stations. Parmi ces espèces, on peut citer les vivaneaux (rouges, ti-yeux et rayés) qui ont une importante valeur commerciale en Guyane.

Les autres espèces sont classées comme rares ou accidentelles. La plupart ont été observée lors des trois campagnes mais sur un nombre faible de stations et souvent en faible abondance. Toutefois, parmi ces espèces, on peut citer deux espèces qui présentent les plus forts effectifs : *Anoli normani* et le grondin aile-courte. Ces deux espèces ont été échantillonnées exclusivement sur les stations profondes en limite de plateau continental.

La majorité des espèces citées dans le tableau ci-avant a un statut UICN « préoccupation mineure » (25 espèces). Une espèce n'est pas évaluée par l'UICN (vivaneau rouge). Deux espèces sont classées « vulnérables » : le vivaneau ti-yeux (40% d'occurrence en moyenne) et le baliste cabri (24% d'occurrence). Deux espèces sont classées « quasi-menacé » : la raie-guitare et le vivaneau rayé ; chacune présentant une occurrence moyenne sur les trois campagnes de 28%.



**Effectifs bruts et relatifs par espèce :**

- Sur l'ensemble de l'étude :

Les résultats présentés ci-dessous décrivent la composition globale du peuplement d'après les captures sur l'ensemble des campagnes et des deux zones prospectées (zone adjacente entre 70 et 250 m de fond et zone éloignée entre 50 et 70 m de fond).

**Tableau 21. Effectifs totaux des 14 espèces les plus abondantes échantillonnées lors des 3 campagnes de pêche scientifiques**

Nom vernaculaire	Nom scientifique	août-12	déc-12	août-13	Moyenne
<b>Anoli normani</b>	<i>Saurida normani</i>	1990	14120	4758	6956
<b>Grondin aile-courte</b>	<i>Prionotus stearnsi</i>	2452	8871	3074	4799
<b>Fausse limande sombre</b>	<i>Syacium papillosum</i>	3578	2138	3379	3032
<b>Poisson sanglier</b>	<i>Antigonia capros</i>	1455	2789	1707	1984
<b>Rombou ocellé</b>	<i>Bothus ocellatus</i>	2130	1167	1642	1646
<b>Poisson chèvre</b>	<i>Polymixia lowei</i>	1055	2060	2184	1766
<b>Synagrops</b>	<i>Synagrops spinosus</i>	35	2643	1285	1321
<b>Grondin slender searobin</b>	<i>Peristedion gracile</i>	1313	955	403	890
<b>Brotule à 2 tâches</b>	<i>Neobythites gilli</i>	411	943	1119	824
<b>Rascasse épineuse</b>	<i>Pontinus longispinis</i>	907	610	587	701
<b>Vivaneau ti-yeux</b>	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	297	686	666	550
<b>Grondin de Bean</b>	<i>Prionotus beanii</i>	511	440	363	438
<b>Rascasse</b>	<i>Scorpaena isthmensis</i>	350	568	357	425
<b>Plie à corne</b>	<i>Citharichthys cornutus</i>	171	145	505	274

Source : Créocéan, 2012 et 2013

On remarque donc que 14 espèces représentent plus de 80% de l'abondance globale. Parmi ces espèces, certaines sont considérées comme fréquentes ou communes (la fausse limande sombre, le grondin de Bean, le rombou ocellé) et sont donc également bien réparties sur l'ensemble du secteur. D'autres en revanche, montrent des effectifs importants mais ont été seulement observées sur quelques stations situées en zone profonde (*Anoli normani*, le grondin aile-courte).

Parmi les 14 espèces les plus abondantes, 12 ont le statut « préoccupation mineure » selon la liste rouge mondiale de l'UICN. Une espèce n'est pas évaluée (poisson chèvre) et le vivaneau ti-yeux est classé en « vulnérable ».

- Au sein de chaque zone :

La composition spécifique du peuplement par période d'échantillonnage a été étudiée pour les deux zones (zone adjacente entre 70 et 250 m de fond et zone éloignée entre 50 et 70 m de fond). Les résultats concernant le pourcentage de l'effectif total de la zone sont présentés dans le tableau 22 :

**Tableau 22. Extrait des abondances relatives (%) des espèces échantillonnées au chalut constituant la majorité de l'abondance en 2012 et 2013**

Abondance relative ZA (entre 70 et 250m de fond)		août-12	déc-12	août-13
Grondin aile-courte	<i>Prionotus stearnsi</i>	15,8	21,6	14,4
Anoli normani	<i>Saurida normani</i>	12,8	34,4	22,2
Rombou ocellé	<i>Bothus ocellatus</i>	11,3	2	4,6
Fausse-limande sombre	<i>Syacium papillosum</i>	9,8	2,7	5,7
Poisson sanglier	<i>Antigonia capros</i>	9,4	6,8	8
Grondin slender searobin	<i>Peristedion gracile</i>	8,5	2,3	1,9
Poisson chèvre	<i>Polymixia lowei</i>	6,8	5	10,2
Rascasse épineuse	<i>Pontinus longispinis</i>	5,8	1,5	2,7
Brotule à 2 tâches	<i>Neobythites gilli</i>	2,7	2,3	5,2
Vivaneau ti-yeux	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	1,7	1,1	2,3
Abondance relative ZE (entre 50 et 70 m de fond)		août-12	déc-12	août-13
Fausse-limande sombre	<i>Syacium papillosum</i>	51,8	18	48,8
Rombou ocellé	<i>Bothus ocellatus</i>	9,6	6	14,9
Grondin de Bean	<i>Prionotus Beanii</i>	9,4	5,5	4,9
Rascasse	<i>Scorpaena isthmensis</i>	6,8	8,5	5,9
Murène ocellée	<i>Gymnothorax ocellatus</i>	3,3	3,3	2,3
Rascasse aile longue	<i>Scorpaena agassizii</i>	2,6	1,2	1,8
Poisson lézard	<i>Synodus foetens</i>	1,8	2	0,5
Grondin-poule	<i>Prionotus punctatus</i>	1,6	2,5	1,9
Chauve-souris de mer	<i>Halieutichthys aculeatus</i>	1,5	0,5	1,3
Sapater	<i>Chloroscrombus chrysurus</i>	1,4	12,2	0
Vivaneau ti-yeux	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	0,9	3,7	3,9

ZA : Zone adjacente ; ZE : Zone éloignée.

Sur la partie du **plateau la plus profonde** (entre 70 et 250 m), à cheval sur le talus continental, il n'y a pas d'espèce qui domine largement les autres. Les 3 espèces les plus abondantes sont le grondin aile-courte, le poisson lézard *Anolis normani* et le Rombou ocellé (*Bothus ocellatus*) qui représentent toutes les 3 plus de 10% des effectifs. On trouve ensuite 5 espèces qui contribuent entre 5 et 10% des effectifs.

**Dans le secteur 50/70m**, la composition du peuplement diffère par une très nette dominance de la fausse-limande sombre (presque 52% des effectifs totaux). Les autres espèces pêchées font toutes moins de 10% des effectifs.

► **Campagne de pêches scientifiques - Focus sur l'Acoupa, Créocéan (2014)**

L'acoupa représente une ressource halieutique importante en Guyane. C'est pourquoi, en plus des trois campagnes de pêche décrites précédemment, une étude spécifique focalisée sur l'acoupa a été réalisée sur les zones potentielles de présence de ces espèces. Dans le cadre de cette mission réalisée en février 2014, l'évaluation de la présence des espèces d'acoupas au large de la Guyane d'une part et l'amélioration de la connaissance du peuplement piscicole d'autre part ont été appréhendées. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

**Méthodologie :**

Dans chacune des 4 strates définies, 5 traits de chalut (stations) ont été réalisés (20 au total). Les traits ont été réalisés pour couvrir la totalité de la zone d'étude (Figure 56).

Chaque trait a duré entre 28 et 35 minutes. Les stations ont été positionnées en fonction du plan prévisionnel d'échantillonnage, mais également de la topographie, de la nature des fonds et de la connaissance du capitaine du chalutier.

A la fin de chaque trait, le contenu du filet a été ramené sur le pont et son contenu récupéré.

La position de chaque trait de chalut a été tracé en temps réel sur le logiciel Global mapper® à l'aide d'un dispositif GPS spécifique et d'un ordinateur dédié à la navigation.

La zone d'échantillonnage est présentée dans la figure 56

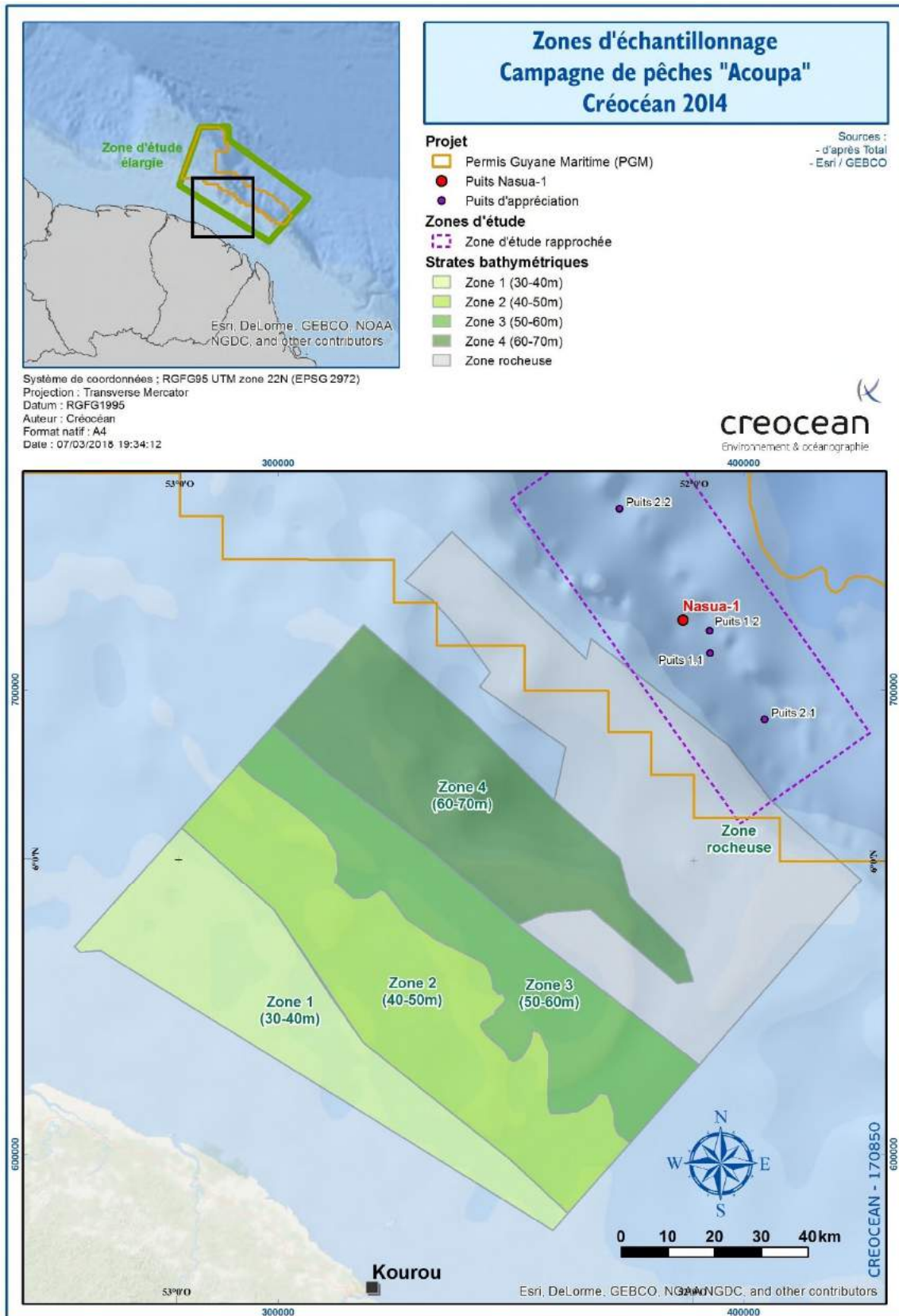


Figure 56. Zone d'échantillonnage lors de la campagne de pêches scientifiques Créocéan (2014)

## Synthèse des résultats :

### Structure du peuplement piscicole :

Le peuplement apparaît riche en espèces (65 espèces de poissons appartenant à 34 familles différentes), particulièrement dans le secteur s'étendant sur les fonds de 30 à 40 m. De manière générale les indices de diversité sont assez élevés et les indices d'équitabilité moyens. Ceci témoigne d'une certaine hétérogénéité de la répartition des effectifs entre les nombreuses espèces (dominance de la courbine maroto sur le secteur 30-40 m, du sapater sur la strate 40-50 m, du poisson-lapli argenté, du rouget souris-mignon et du sapater sur la strate 50-60 m et du rouget souris-mignon dans le secteur le plus profond).

Les effectifs sont majoritairement composés de 4 espèces qui représentent plus de 70% des individus observés (courbine maroto, sapater, acoupa mongolare, harengule jagane). 9 espèces contribuent à plus de 70% de la biomasse échantillonnée (courbine maroto vivaneau rayé, acoupa mongolare, sapater vivaneau rouge, grondeur gris, gorette corocoro, acoupa tonquiche, baliste cabri).

L'analyse par strate bathymétrique a révélé une hétérogénéité de la répartition des espèces sur l'ensemble du secteur. En effet, chaque strate possède son cortège d'espèce propre et les espèces dominantes y sont différentes. Un des facteurs structurant probablement la répartition de ces espèces est la nature diverse des fonds (fonds meubles, fonds rocheux, récifs).

Le secteur le plus productif est également le moins profond (Zone 1 strate 30-40 m) et ce grâce aux captures très importantes réalisées sur la station 03 (TGOV 03 : Trait à Grande Ouverture Verticale). Cette station est située plus près des côtes que les autres, à la limite de la strate 20-30 m (non explorée dans cette étude).

### Cas des acoupas :

5 espèces d'acoupas ont été recensées au cours de cette campagne :

- acoupa aiguille (*Cynoscion virescens*),
- acoupa aile-courte (*Isopisthus parvipinis*),
- acoupa chasseur (*Macrodon ancylodon*),
- acoupa mongolare (*Cynoscion jamaicensis*),
- acoupa tonquiche (*Cynoscion similis*).

La majorité des captures a été réalisée sur une seule station dans le secteur 30-40 m. Quelques individus d'acoupa mongolare ont été échantillonnés dans la strate suivante. Si l'on considère les biomasses et les effectifs, on constate que cette espèce domine largement. L'acoupa tonquiche constitue la deuxième espèce d'acoupa la plus importante dans nos échantillons ; les autres espèces ont été observées de manière plus anecdotique.

Ces résultats sont conformes avec la littérature existante. Ainsi les espèces qui fréquentent les eaux guyanaises du large sont l'acoupa tonquiche et l'acoupa mongolare. Ces deux espèces sont relativement proches d'un point de vue physiologique et éthologique. Elles sont considérées comme sténohalines d'origine marine, c'est-à-dire des espèces exclusivement marines supportant très mal les variations de salinité. Ce sont les deux espèces d'acoupa les plus marines de Guyane et elles ne font pas partie des poissons commercialement exploités localement.

Les autres espèces d'acoupas observées lors de cette campagne (acoupa aiguille, acoupa chasseur et acoupa aile courte) sont euryhalines marines (poissons marins mais qui supportent des variations de salinité leur permettant des incursions dans les eaux saumâtres voire douces). Elles ont été échantillonnées en faibles quantités car elles évoluent naturellement plus proche de la côte.





**Photos 5. Espèces d'acoupa pêchées (de haut en bas) *A. aile-courte*, *A. chasseur*, *A. mongolare*, *A. aiguille*, *A. tonquiche***

#### **Informations relatives aux navires de pêche**

Lors des campagnes de pêches réalisées pour les forages d'explorations de Shell, les pêcheurs travaillant sur le plateau Guyanais ont fait part de zones sur lesquelles ils ne pouvaient pas chaluter en raison de la présence de substrats rocheux. Une cartographie très approximative a été réalisée à partir de ces informations et elle semble indiquer que l'ensemble du plateau externe de la Guyane Française est composé de substrat rocheux, mais d'autres informations viennent contredire cette interprétation.

Il existe également des données indiquant les itinéraires de navigation des bateaux de pêche en fonction de leur activité (chalut, lignage, casier, etc.). Afin de circonscrire le périmètre de la zone d'intérêt, les données suivantes ont été utilisées :

- Les zones de pêches des vivaneaux. Il s'agit d'un poisson de récif pêché à la ligne essentiellement sur des zones de substrats durs,
- Les traces de navigation des crevettiers qui eux travaille sur des zones plates, pêche au chalut.

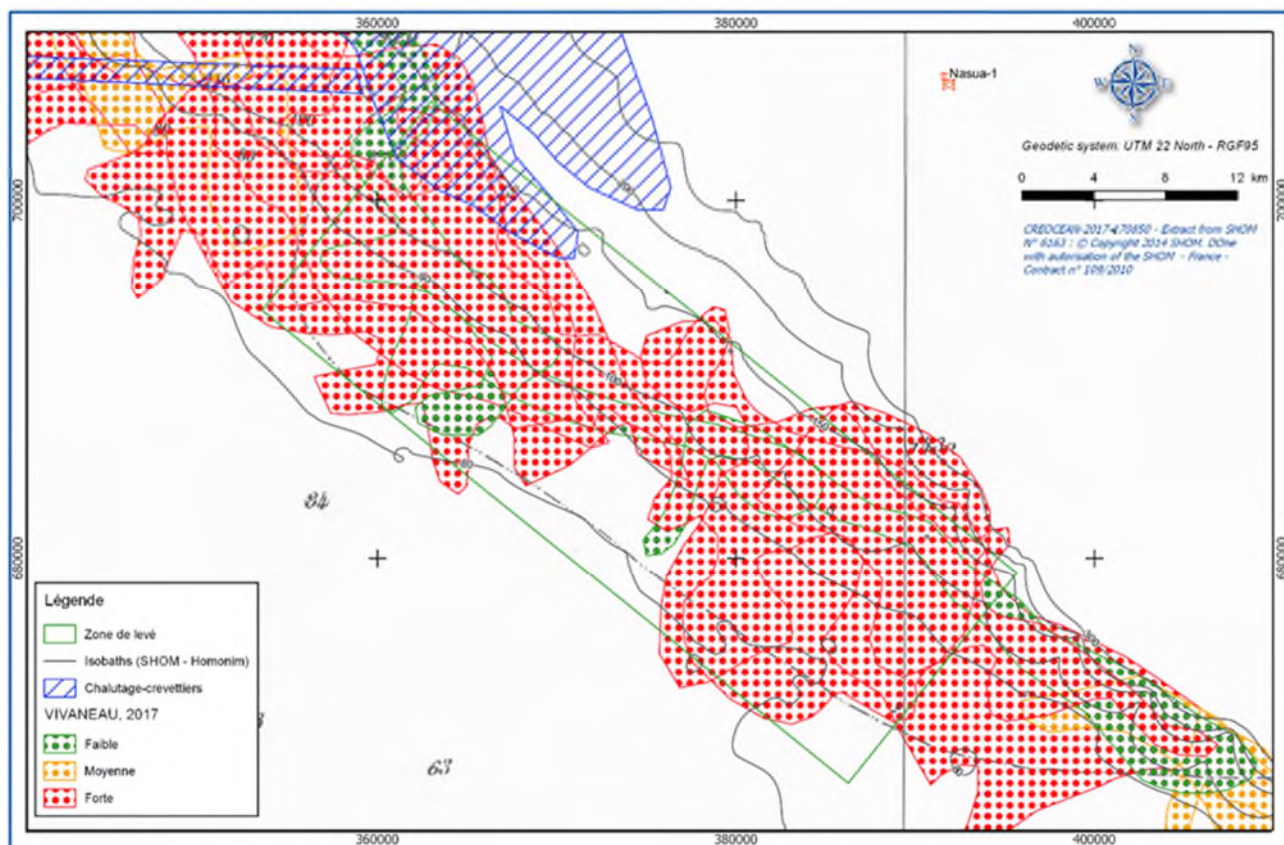


Figure 57. Localisation des zones de pêches de type chalutier (crevettiers) et ligneur (vivaneau)

► **Etude STUDY, Ifremer (2016)**

Le projet STUDY « STructure et DYnamique de la biodiversité halieutique dans les eaux guyanaises » était financé par les fonds européens FEDER et les fonds d'un opérateur pétrolier. L'étude avait pour objectif d'établir un diagnostic de l'état des stocks de poissons :

- récolter des données pour comprendre la structure spatiale et la dynamique des peuplements marins dans les eaux guyanaises,
- améliorer les connaissances écologiques des espèces,
- quantifier la résistance des peuplements face aux changements globaux et à la surpêche.

L'idée était d'assurer sur le long terme la préservation de la biodiversité marine, le bon fonctionnement des écosystèmes et une viabilité des pêcheries (Ton *et al.* 2016).

Cette section présente une synthèse des résultats acquis lors de l'étude de Ton *et al.* (2016).

**Méthodologie :**

Le projet STUDY est structuré en 3 volets :

- 1) campagne côtière,
- 2) campagne hauturière,
- 3) campagne du large.

Seuls sont présentés ici les volets 2 et 3 qui couvrent le plateau continental et le domaine du large où sont partiellement localisées les zones d'études du projet.

Les prospections du volet 2 se situent entre la côte et la zone élargie du projet Total. Certaines stations les plus au large sont en limite mais incluses dans la zone élargie, c'est pourquoi les résultats du volet 2 sont présentés ci-après.

Par ailleurs, la prise en compte de la zone hauturière (en plus du large) permet de mieux rendre compte des gradients biologiques côte-large.

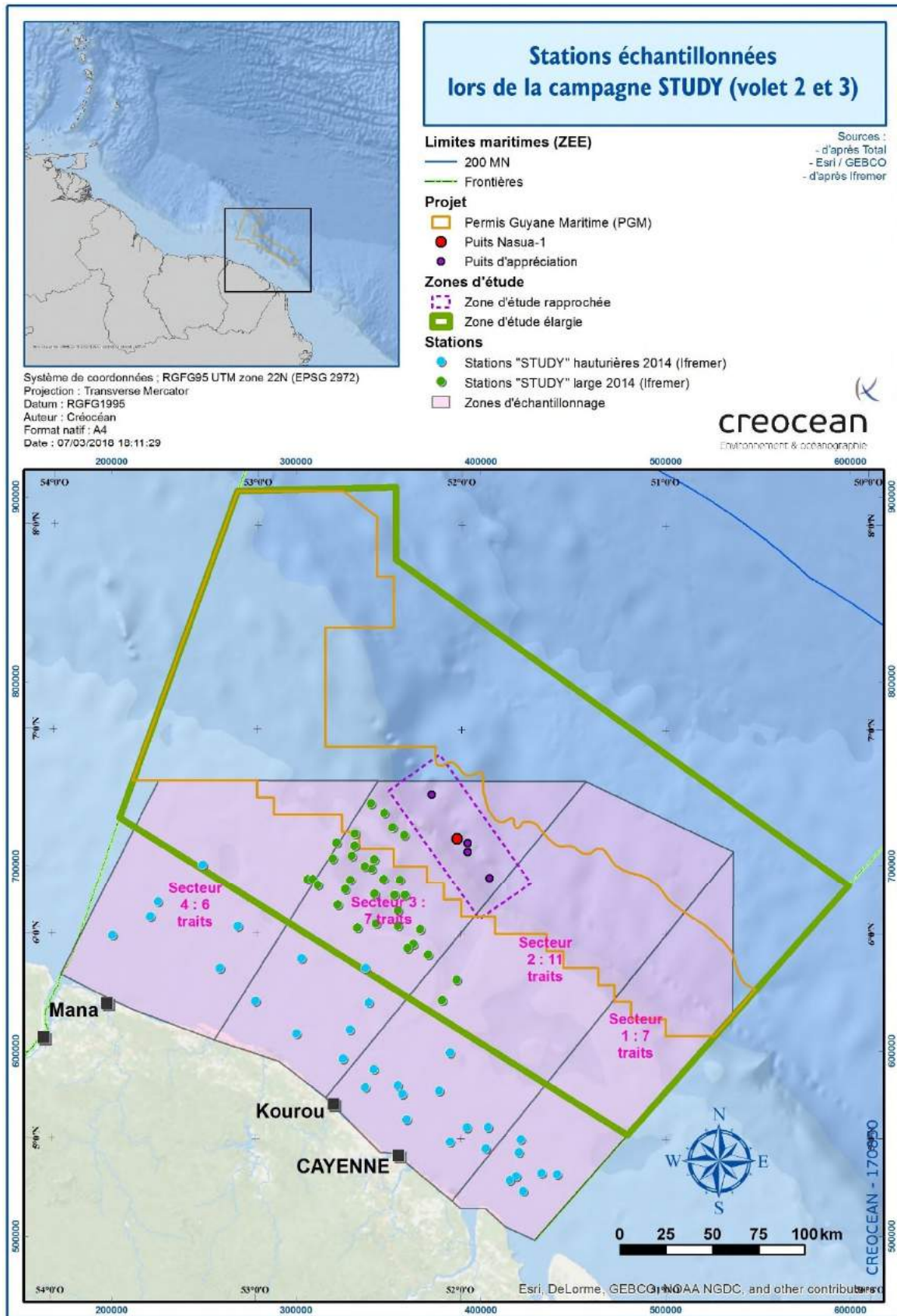
**Volet 2 : Campagne hauturière**

Ces campagnes sont réalisées de jour sur toute la côte selon un protocole comparable à celui des campagnes CHALOUPE en 2006 et 2007 et RESUBGUY en 1993 et 1994 (Ton *et al.*, 2016) L'échantillonnage est effectué sur l'ensemble des fonds de 10 à 60 m de profondeur (Figure 58).

Ces pêches scientifiques ont pour but de collecter des données pour une meilleure compréhension de la structuration spatiale des peuplements et un suivi à long terme de la biodiversité marine pour évaluer les changements éventuels au sein de l'écosystème marin via des indicateurs écologiques (comparaison avec les campagnes RESUBGUY et CHALOUPE).

Une première mission a été effectuée du 12 au 21 novembre 2014, à bord du chalutier « Le Mathieu ». C'est un crevettier à deux tangons, type floridien avec un maillage de 45 mm (maille étirée) dans le fond du chalut, une ouverture horizontale de 6,70 m et une ouverture verticale de 1 m.

Trente et un traits ont été réalisés d'une durée de 30 minutes. A chaque trait, toutes les espèces (poissons, crustacés et gastéropodes) sont identifiées, dénombrées puis pesées. Les différentes espèces de crevettes sont mesurées ainsi que certaines espèces de poissons. Ces dernières sont les plus abondantes ou présentent un intérêt commercial en Guyane.



Source : Ton et al., 2016

Figure 58. Position des stations échantillonnées lors de la campagne STUDY en 2014 (volet 2 et 3)



### Volet 3 : Campagne du large

Une campagne ponctuelle s'est déroulée du 2 au 8 décembre 2014 sur le même chalutier que la campagne hauturière « Le Mathieu ».

Afin de pouvoir comparer les données, la zone et les stations d'échantillonnage sont identiques à celles des trois campagnes réalisées par Créocéan en 2012 et 2013 (Figure 54). Trente-trois chalutages de 30 minutes ont été effectués de jour entre les strates de profondeur 60 et 200 m.

Le protocole d'échantillonnage est identique à celui de la campagne hauturière (identification, pesée et dénombrement des espèces, mesures individuelles de certaines espèces et mesures hydrologiques).

#### Synthèse des résultats :

L'étude STUDY sur l'ensemble des peuplements écologiques du plateau de Guyane avait pour but d'apporter de nouvelles connaissances sur l'écosystème marin.

#### Campagne hauturière (volet 2)

A partir de l'analyse des données de la campagne hauturière (entre 10-60 m de fond), il en ressort que 13 espèces sont les plus **abondantes** représentant plus de 81% de l'effectif total, dont la première espèce est la crevette seabob *Xiphopenaeus kroyeri* (21,17%) suivi de la fausse limande sombre *Syacium papillosum* (12,23%) et de la courbine maroto *Ctenosciaena gracilicirrhus* (8,48%). En comparant aux campagnes menées dans les années 1990 et 2000, certaines espèces apparaissent aujourd'hui comme étant plus abondantes telles que la fausse limande sombre *Syacium papillosum* et l'acoupa aile-courte *Isopisthus parvipinnis*. Cependant l'abondance relative d'harengule jagane *Harengula jaguana* a baissé ainsi que celle de la crevette seabob *Xiphopenaeus kroyeri* qui lors de la dernière campagne en novembre 2007, représentait 72% des captures.

En termes de **biomasses**, 10 espèces sont considérées comme les plus abondantes, représentant un pourcentage total de 75.97% avec en premier les deux espèces de raies pastenague *Dasyatis geijskesi* et *Dasyatis guttata* (29.18% et 27.14% respectivement). Certaines espèces voient leur biomasse diminuer, telles que l'harengule jagane *Harengula jaguana*, la bécune guachanche *Sphyaena guachancho*, la courbine *Micropogonias furnieri* et l'acoupa anguille *Cynoscion virescens*. Les méduses apparaissent aujourd'hui comme étant abondantes, ceci peut être un indicateur qui révèle des changements dans l'écosystème sachant que le réchauffement des eaux ainsi que la pollution et la modification des habitats sont les principales causes de prolifération des méduses (Purcell, 2005).

Un total de **127 espèces** a été recensé entre 10 et 60 m de profondeur. Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piéluou montrent que le plateau de Guyane est bien diversifié avec  $H' = 4,88$  et  $J' = 0,70$ .

Le calcul des **classes d'occurrence** dévoile que la majorité des espèces sont considérées comme « rares » (97 sur les 127 espèces), 3 espèces sont « fréquentes » et 27 sont « occasionnelles ».

L'analyse des données en fonction des **secteurs** (du secteur 1 à l'est au secteur 4 à l'ouest) montre que les abondances sont plus élevées au secteur 3 suivi du secteur 4. Les biomasses les plus fortes sont au secteur 1 à cause de la présence des raies suivi du secteur 4 et 3. La richesse spécifique est plus forte aux secteurs 3 et 4 et elle est au minimum dans le secteur 1. Les indices de diversité et d'équitabilité concordent pour dire que c'est dans la zone 1 où il y a le moins de diversité. L'indice de Piéluou varie peu entre les quatre zones et l'indice de Shannon est plus élevé dans le secteur 3. Le relevé d'absence et de présence des espèces en fonction des secteurs dévoile que c'est le groupe des espèces rares qui est le mieux représenté dans tous les secteurs sauf dans le secteur 1 où il y a plus d'espèces occasionnelles.

L'étude des différents indices en fonction des secteurs-strates montre que c'est au secteur 3 et dans l'ensemble des strates qu'il y a le plus d'abondance. Les biomasses les plus élevées sont dans le secteur 1 au niveau de la côte (strates 10-20 et 20-30 m). Un peu plus vers le large (strates 30-40 et 40-50 m) elles sont fortes dans les secteurs 3 et 4 et très faibles au secteur 1. En ce qui concerne la richesse spécifique c'est dans les secteurs 3 et 4 de toutes les strates qu'il y a le plus de richesse.



### **Campagne du large (volet 3)**

Les données collectées lors du volet 3 : campagne du large en décembre 2014 (entre 60-200 m de fond), montrent qu'il y a plus **d'abondance et de biomasse** dans la strate 70-200 m.

Le **grondin-poule** *Prionotus beanii* est l'espèce la plus observée soit 14,54% de l'abondance totale. Lors des 3 campagnes, l'anoli normani *Saurida normani* était l'espèce la plus présente dans les échantillons, cette dernière n'a pas été observée une seule fois dans cette présente campagne. En termes de biomasse les deux espèces les plus abondantes sont le vivaneau ti-yeux *Rhomboplites aurorubens* suivie de la fausse limande sombre *Syacium papillosum*.

Un total de **169 espèces** a été recensé lors de cette dernière campagne avec un nombre d'espèces plus élevé dans la strate 70-200 m. Les valeurs d'indices de Shannon ( $H'=4,71$ ) et d'équitabilité ( $J'=0,64$ ) montrent que la zone est bien diversifiée.

L'analyse des classes **d'occurrence** sur toute la zone montre que la majorité des espèces sont « rares » (132 espèces sur les 169 répertoriées), 3 espèces sont « permanentes », 13 espèces sont fréquentes et 17 sont « occasionnelles ».

La comparaison des données de campagne Créocéan à celles de STUDY montrent qu'en décembre (fin saison sèche, début saison humide), il y a plus d'abondance et de biomasse qu'au mois d'août (fin saison humide, début saison sèche).

### **L'étude STUDY menée par l'Ifremer en 2016 a permis d'établir un diagnostic de l'état des stocks de poissons sur le plateau continental. Les campagnes Ifremer témoignent clairement :**

- sur le secteur hauturier, (i) d'une richesse spécifique et d'une abondance totale plus élevées dans les secteurs ouest et proches de la côte, et (ii) de biomasses plus élevée à l'est à cause de la présence des raies,
- sur le secteur du large, d'une abondance et d'une biomasse plus élevées dans la strate 70-200 m.

**Sur l'ensemble du plateau continental, le nombre d'effectif moyen par trait augmente de la côte vers le large alors que les biomasses sont plus fortes dans les strates proches de la côte et ont tendance à baisser vers le large : il y a de plus gros individus à la côte mais en faible effectif alors qu'au large il y a beaucoup plus d'individus mais de plus petite taille.**

### 2.3.1.6. Synthèse sur le plateau continental

#### **Caractérisation des sédiments**

Une campagne bio-sédimentaire de prélèvements et d'analyse des sédiments a été menée en 2009 par Créocéan pour la DEAL sur l'ensemble du plateau continental de Guyane : 45 stations ont été échantillonnées entre 20 m et 100 m de profondeur, donc de la côte à la limite du plateau.

Les profils granulométriques sur ces stations témoignent d'un accroissement de la fraction sableuse de la côte vers la limite du plateau :

- A 20 m de fond, la classe granulométrique dominante est celle des limons, probablement en lien avec les apports fluviaux,
- A 40 m, les limons ont une fraction plus sableuse,
- A 60 m de profondeur, les sables limoneux dominent,
- A 80 et 100 m de fond, les sables purs sont dominants avec une taille des grains qui augmente en fonction de la profondeur.

Le gradient positif de la granulométrie avec l'éloignement à la côte est en lien avec une diminution des teneurs en carbone organique et en azote vers le large.

#### **Macroalgues et phanérogames**

Les phanérogames et les macroalgues sont peu représentées dans les eaux du littoral guyanais et sont cantonnées à la côte et autour des îlets dans les fonds peu profonds qui sont hors zones d'étude.

## Macrofaune benthique

Guegen (2000) décrit l'existence de trois assemblages faunistiques distincts au large de la Guyane :

- un peuplement littoral (0–30 m) distribué au niveau des eaux côtières saumâtres caractérisées par des fonds vaseux,
- un peuplement caractéristique du milieu du plateau continental (30–50 m),
- un peuplement profond (fonds > 50 m) distribué au niveau des eaux marines caractérisées par des fonds sableux.

La campagne de Créocéan 2009 a permis de recenser 591 espèces différentes, appartenant à tous les groupes taxonomiques représentés dans les fonds marins. Elle confirme les données antérieures acquises dans ce secteur, à savoir un étagement des espèces selon la bathymétrie. La richesse spécifique, la densité et l'indice de diversité de Shannon suivent un gradient croissant avec la profondeur qui s'explique par un accroissement de la granulométrie des sédiments vers le large. Il est probable que les apports des fleuves en particules fines et le dépôt excessif de vases dans les faibles profondeurs soient des facteurs contraignants qui limitent la diversité et l'abondance des espèces. Par ailleurs, les bancs de vases qui se constituent se déplacent continuellement au gré des courants de marée très puissants et changeants en Guyane. Cette instabilité du substrat est un facteur très défavorable à l'installation de la faune benthique.

Ainsi, c'est au large, à la limite du plateau continental, entre 80 et 100 mètres de profondeur, que la diversité, les densités et les biomasses des espèces sont les plus élevées. Les peuplements sont dominés par les crustacés et des échinodermes qui participent grandement à la biomasse produite particulièrement élevée.

Entre ces deux extrêmes, le plateau guyanais abrite une faune à la richesse relativement homogène, composée d'un nombre d'espèces ubiquistes plutôt faible.

## Poissons démersaux et autres espèces halieutiques

En 2000, Guéguen établit une première liste exhaustive avec 110 espèces recensées. En 2004, Léopold actualise l'inventaire et dresse une liste de 126 espèces.

L'essentiel de la **production halieutique** est constituée de crevettes pénéides (*Paeneus brasiliensis* et *Paeneus subtilis*), pour environ 2500 tonnes, réparties sur le plateau continental entre 30 et 80 m de profondeur sur des fonds meubles vaseux. Concernant les poissons, les principales espèces exploitées sont les lutjanidés (Vivaneaux rouges *Lutjanus purpureus* notamment), pour environ 700 tonnes débarquées chaque année.

Entre 2012 et 2013, **40 stations ont été échantillonnées au chalut à crevette et à la ligne à main** (à bord d'un ligneur vénézuélien) par Créocéan. Les captures ont permis de recenser 146 espèces de poissons appartenant à 73 familles. Les deux espèces les plus fréquentes sont la fausse-limande sombre et le grondin de Bean, capturées sur presque toutes les stations. La murène ocellée, le rombou ocellé et la rascasse aile-longue ont été capturées dans plus de la moitié des échantillons et présentent aussi une large répartition. Les autres espèces sont plus occasionnelles ou accidentelles.

**L'acoupa** représente une ressource halieutique importante en Guyane et a fait l'objet d'une campagne spécifique en février 2014 au cours de laquelle cinq espèces d'acoupas ont été recensées. La majorité des captures a été réalisée sur une seule station dans le secteur 30-40 m ;

**L'étude STUDY menée par l'Ifremer en 2016** a permis d'établir un diagnostic de l'état des stocks de poissons sur le plateau continental. Les campagnes Ifremer témoignent clairement :

- sur le secteur hauturier, (i) d'une richesse spécifique et d'une abondance totale plus élevées dans les secteurs ouest et proches de la côte, et (ii) de biomasses plus élevées à l'est à cause de la présence des raies,
- sur le secteur du large, d'une abondance et d'une biomasse plus élevées dans la strate 70-200 m.

Sur l'ensemble du plateau continental, le nombre d'effectif moyen par trait augmente de la côte vers le large alors que les biomasses sont plus fortes dans les strates proches de la côte et ont tendance à baisser vers le large : il y a de plus gros individus à la côte mais en faible effectif alors qu'au large il y a beaucoup plus d'individus mais de plus petite taille.

Les campagnes de Créocéan et celles de STUDY montrent des captures plus importantes en décembre (fin saison sèche, début saison humide), qu'au mois d'août (fin saison humide, début saison sèche).

## 2.3.2. Les habitats mésophotiques à l'extrémité du plateau continental

La présence d'une zone rocheuse située dans les zones profondes en limite du plateau continental est connue par le biais de plusieurs facteurs :

- d'une part, le dire des pêcheurs qui connaissent et exploitent ces zones riches en poissons,
- d'autre part, des études anciennes au large du sud de la Guyane ou du Guyana (McConnell, 1962 ; Collette et Rützler, 1977),
- les campagnes de pêche menées par Créocéan entre 2012 et 2013 qui témoignent de la présence d'espèces associées habituellement aux récifs coralliens,
- enfin par la présence avérée d'un habitat de cette nature au large de l'Amazonie.

### 2.3.2.1. Contexte général

Ces habitats rocheux peuvent être qualifiés de récifs biogéniques. Ce sont de structures qui sont ou ont été générées par des organismes vivants – animaux, végétaux ou encore microbiens – qui minéralisent les ions naturellement présents dans l'eau afin de construire leurs squelettes calcaires ou siliceux. Ils érigent ainsi des structures plus ou moins importantes, que l'on retrouve dans différents environnements et qui peuvent perdurer dans le temps, même après leur mort, servant alors de support à de futurs écosystèmes.

L'un des exemples les plus frappants sont les récifs coralliens, gigantesques formations carbonatées mises en place par la minéralisation des ions calcium et bicarbonates grâce à la symbiose entre des algues, les zooxanthelles, et des animaux, les polypes coralliens. Ces derniers dépendent fortement des zooxanthelles pour leur alimentation, qui, elles, ont besoin de radiations lumineuses afin de réaliser leur cycle photosynthétique. C'est pour cette raison que ces récifs se développent généralement dans les zones tropicales, à relativement faible profondeur (Baker *et al.*, 2016). Mais les récifs biogéniques ne se limitent pas aux seuls récifs coralliens. Il existe en effet des communautés d'êtres vivants plus ou moins dépendantes de la lumière à de plus grandes profondeurs, mais qui ont jusqu'alors été très peu étudiées, à cause notamment de limitations techniques (Turner, Babcock, Hovey, et Kendrick, 2017). Il s'agit des récifs mésophotiques, largement méconnus, comme le présentent Moura *et al.* (2016).

#### ► Les récifs mésophotiques : un habitat écologique encore peu connu

La très grande majorité de la littérature scientifique disponible à ce jour sur les récifs concerne en effet la zone comprise entre 0 et 30 mètres de profondeur. Il a pourtant été suggéré que les récifs biogéniques plus profonds jouaient un rôle crucial dans la résilience globale des écosystèmes marins (Loya, Eyal, Treibitz, Lesser, et Appeldoorn, 2016) en permettant notamment la connectivité entre plusieurs milieux et en fournissant un refuge à diverses espèces face au changement climatique et aux diverses pressions croissantes dans les zones moins profondes (Bridge et Guinotte, 2013 ; Lindfield, McIlwain et Harvey, 2014 ; Baker, Harris et Puglise, 2016).

Ces récifs profonds sont également un lieu de fraie privilégié par de nombreuses espèces de poissons récifaux (Nemeth, 2005 ; Pickard *et al.*, 2016 ; Sadovy, Colin et Domeier, 1994). Tout comme les écosystèmes coralliens moins profonds, les écosystèmes mésophotiques apportent de la complexité structurelle au milieu environnant, permettant ainsi d'augmenter localement la biodiversité grâce à la mise à disposition de nouvelles niches écologiques (Baker *et al.*, 2016; Hinderstein *et al.*, 2010).

La profondeur à laquelle il est possible de retrouver des organismes photosynthétiques est surtout contrôlée par la turbidité du milieu, puisque ces derniers dépendent de l'énergie lumineuse pour se développer. Cette énergie diminue naturellement avec la profondeur, mais est encore plus rapidement dispersée si l'eau est chargée de particules en suspension. C'est ainsi qu'il est fréquemment observé une transition progressive selon un gradient de profondeur avec, par exemple le passage d'un milieu dominé par des coraux photosynthétiques en surface vers un écosystème dominé par des éponges, octocoralliaires ou algues rouges calcaires plus en profondeur (Bridge *et al.*, 2012; Kahng, Copus, et Wagner, 2017; Slattery et Lesser, 2012).

#### ► Des apports massifs d'eau douce qui n'empêchent pas le développement de récifs en profondeur

Du fait de leur apport massif en eau douce et en sédiments, les grandes rivières tropicales sont considérées comme des barrières physico-chimiques empêchant ou limitant fortement le développement et la propagation des récifs bio-construits. En effet, les facteurs abiotiques nécessaires à leur bon développement tels que pH,

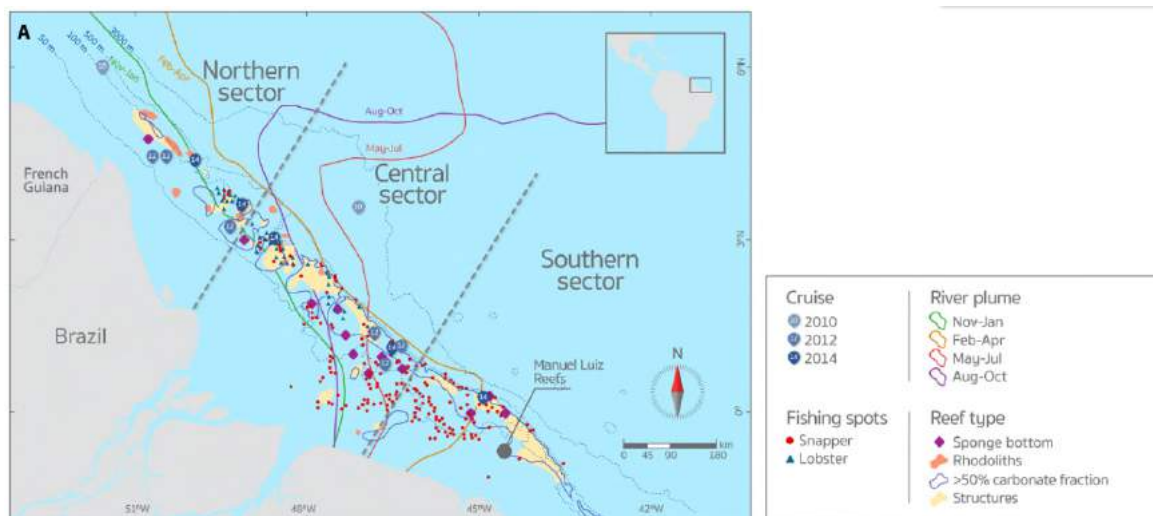
salinité, température et turbidité sont fortement affectés par l'arrivée massive d'eau douce. Les apports sédimentaires, puis la sédimentation qui s'en suit, peuvent aussi perturber l'installation et le développement des larves de polypes. L'Amazone en est un des exemples classiques et représente une barrière notable à la dispersion de nombreuses espèces d'éponges, de coraux sclérectiniaires et d'autres organismes récifaux entre la Mer des Caraïbes et la partie Sud de l'Océan Atlantique occidental (Briggs, 1974 ; Veron, 1995 ; Miloslavich, 2011 ; Nunes *et al.*, 2011 ; Goldberg, 2013).

Cependant, des espèces identiques ou similaires se retrouvent au Nord et au Sud de l'embouchure de l'Amazone, témoignant d'une possible connectivité entre ces deux lieux (Luiz *et al.* 2011). Cette connectivité peut se faire via des récifs profonds, moins influencés par les conditions environnementales de surface. Les premières études scientifiques relatant la présence dans la zone mésophotique au large de l'Amazone d'organismes généralement associés à des récifs coralliens ciblaient principalement les poissons, mais étaient parfois complétées de description d'habitats (Durand, 1959; Puyo, 1949 ; McConnell, 1962). Ainsi Durand (1959) note la présence du corail *Phyllangia americana americana* (mentionné sous le nom *Astrangia phyllangioides*) entre 30 et 60 m de profondeur et l'apparition de poissons de récif tels que les Holocentridae, Chaetodonidae et Scorpanidae dans la partie éloignée du plateau continental guyanais. Collette et Rützler (1977) furent les premiers à réellement investiguer la présence d'un écosystème mésophotique particulier au large des côtes de la Guyane et du Nord du Brésil. Ils y décrivent la présence de populations de poissons récifaux se développant autour d'éponges (35 espèces de 20 familles différentes) fixées sur un substrat dur et relèvent la présence de cnidaires, en particuliers des hydraires et octocoralliaires. D'après leur étude, les salinités mesurées au fond (entre 55 et 71 mètres de profondeur) sont constantes (34,5-36,4 ‰) et non influencées par les apports d'eau douce de l'Amazone.

► **Une faune moins diversifiée que celle d'un récif corallien mais un rôle écologique important**

Depuis, quelques études supplémentaires ont précisé l'existence d'un large récif mésophotique carbonaté et de zones à rhodolithes s'étendant de manière discontinue le long des côtes brésiliennes et du plateau guyanais, sur des profondeurs comprises entre 30 et plus ou moins 100 mètres (Amado-Filho *et al.*, 2012, 2016; Cordeiro, Neves, Rosa-Filho, et Pérez, 2015; Foster, Amado Filho, Kamenos, Riosmena-Rodriguez, et Steller, 2013; Moura *et al.*, 2013). En 2016, Moura *et al.* publient les résultats de leur étude consacrée à ce vaste système récifal carbonaté, localisé à l'embouchure de la rivière Amazone, allant de la Guyane jusqu'aux récifs brésiliens de Manuel Luis.

D'après Moura et al. (2016), contrairement à la zone centrale du récif de l'Amazone, la partie Nord semble présenter des formations récifales essentiellement sur des fonds importants. Ceci s'explique d'après les auteurs par un phénomène de subsidence important de la partie Nord du plateau ayant limité les possibilités de développement de ces formations lors de la dernière remontée du niveau marin lors de la dernière déglaciation il y a environ 15 000 ans.



Source : Moura *et al.*, 2016

**Figure 59. Carte du plateau amazonien présentant les méga-habitats benthiques, l'extension du panache de l'Amazon, la distribution de zones de pêche et les périodes d'observations**

Les récifs de Manuel Luis sont les récifs émergents les plus au nord du Brésil. Ils y font état de structures récifales biogéniques plus ou moins discontinues en bordure du plateau continental, le long de l'isobathe des 100 mètres, avec parfois la présence de patches de rhodolithes de surfaces variables. Ces structures se développent sur un socle carbonaté, ancien récif biogénique, dont la partie superficielle la plus ancienne ayant été datée remonte à environ 13 500 ans. Des éponges de tailles importantes se développent également sur du substrat meuble et présentent des caractéristiques morphologiques atypiques, probablement en réponse à l'environnement particulier dans lequel elles se développent (substrat meuble, forts courants, turbidité et taux de sédimentation élevés). Plusieurs espèces de cnidaires ont été collectées, en particulier des hydrozoaires mais aussi des coraux noirs (Antipathaires), souvent caractéristiques des écosystèmes mésophotiques. En effet, ce sont des espèces azooxanthellées et donc non dépendantes de la lumière. De plus, leur morphologie et leur physiologie les prédisposent à se développer sur des substrats meubles avec un taux de sédimentation pouvant être élevé.

Globalement, la biodiversité est bien moins élevée que sur les récifs coralliens et la majorité des coraux présents sont des octocoralliaires (e.g. coraux mous, gorgones, pennatules), mais quelques espèces de scléraciniales ont tout de même été comptabilisées. Ces systèmes récifaux, pouvant être dominés par des filtreurs de type éponges, augmentent localement la complexité structurelle de l'environnement et autorisent ainsi l'établissement de certains organismes comme des poissons et crustacés par exemple, qui ne seraient pas présents autrement. Ils joueraient ainsi un rôle considérable dans la productivité des pêcheries locales, en particulier celles de vivaneau et de langouste, en offrant un habitat à ces espèces. Ils sont également considérés comme un corridor biogéographique sélectif entre les Caraïbes et le Sud de l'Océan Atlantique, permettant un certain brassage génétique, mais avec aussi le risque de voir se propager des espèces invasives d'une zone à l'autre.

#### ► Le récif biogénique amazonien s'étend vraisemblablement vers la Guyane

L'étendue de ce système récifal mésophotique n'est probablement pas limitée dans sa partie Nord à la Guyane, mais s'étend certainement jusqu'au Venezuela, voire au-delà. L'hypothèse de cette continuité est d'ailleurs permise par l'étude de McConnell (1962) au Guyana, où l'auteur y décrit pour la zone au-delà des 30 mètres de profondeur un fond dur issu d'un ancien récif corallien frangeant sur lequel aujourd'hui se développent de grandes éponges et des gorgones, avec une communauté de poissons associée, majoritairement des vivaneaux et des Chaetodonidae. Ces observations sont très similaires à celles issues des études – plus récentes – faites en Guyane et au Brésil. Une meilleure compréhension de ce système complexe, de sa continuité et de son étendue est donc nécessaire afin de mieux appréhender son rôle et son importance, tant d'un point de vue écologique qu'économique.

### 2.3.2.2. Acquisition de connaissances récentes sur la biologie de ces substrats

Peu d'études récentes ont concernées spécifiquement les espèces benthiques des fonds durs. Des observations d'espèces de gorgones ont été rapportées aux îles du Salut et plus au large sur le plateau continental (AAMP, 2009).

Une étude commandée par l'AAMP a produit des inventaires sur des zones rocheuses côtières du secteur d'Oyapock à l'îlet La Mère en Guyane (Foulquier, 2012). Les zones ont été prospectées autour des îlets de Rémire, le secteur des Battures du Connétable et le Grand Connétable, sur des écosystèmes côtiers accessibles en plongée et donc dans une tranche bathymétrie limitée. Ces secteurs sont considérés hors de la zone d'étude élargie du projet et ne sont donc pas décrites dans ce document.

En revanche, deux études menées par Créocéan en bordure du plateau continental (Créocéan, 2012 et 2014) ont permis d'observer une faune associée à ces fonds durs, bien que l'objectif initial était différent : il s'agissait de réaliser des pêches expérimentales destinées à analyser le potentiel halieutique des fonds entre 50 et 100 m de profondeur en limite de plateau continental. Ces pêches ont permis indirectement d'évaluer la richesse biologique de la communauté benthique de ces milieux très particuliers.

#### 2.3.2.2.1. Campagnes de pêches expérimentales (Créocéan 2012 et 2013)

Ces pêches totalisaient 120 traits de chaluts, réparties sur 3 campagnes.

Elles ont confirmé la ressource crevettière du plateau et du haut du talus continental guyanais avec une dominance de l'espèce *Solenocera acuminata* (sorte de crevette) qui représente la majorité des effectifs, suivie

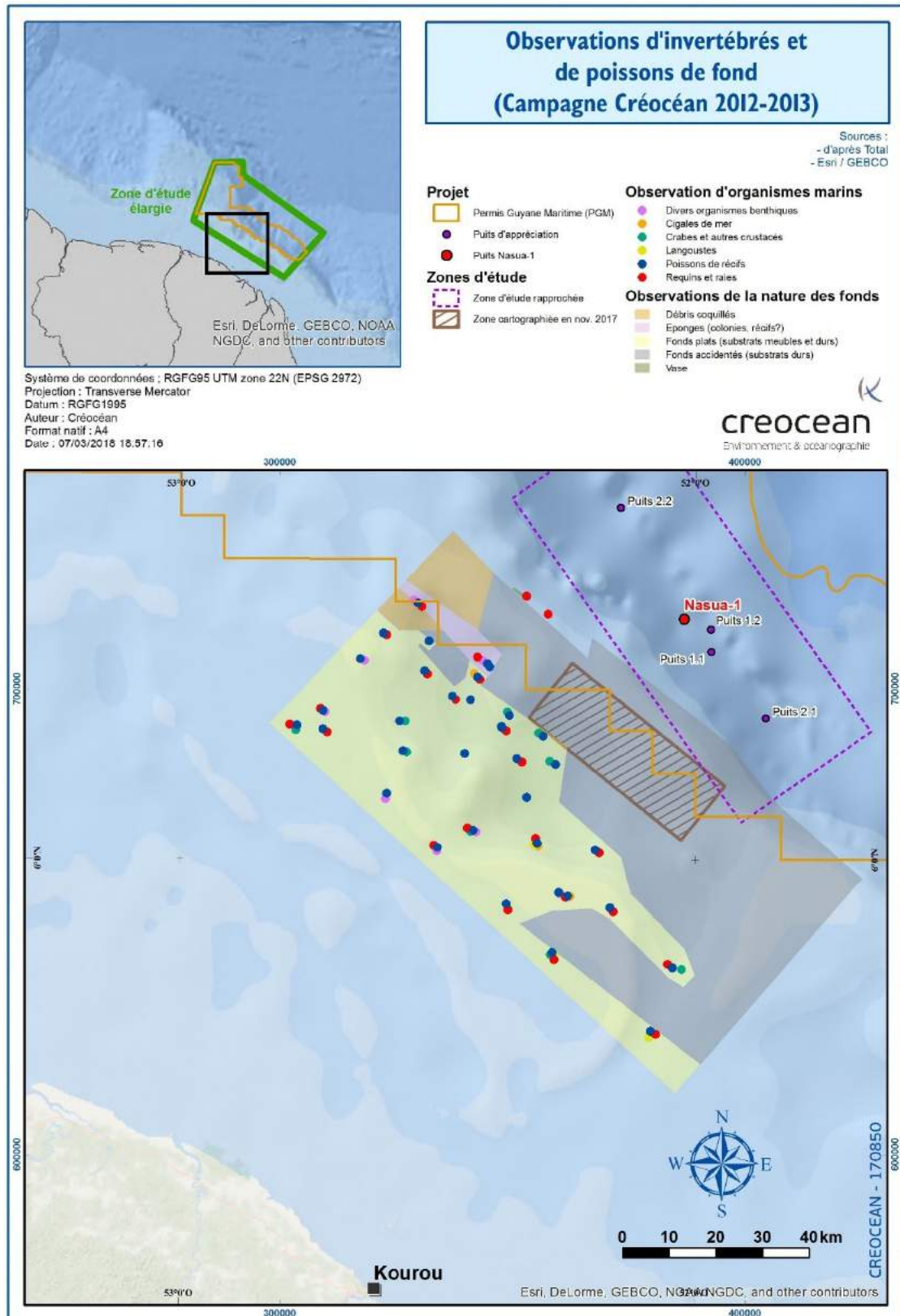


de l'espèce *Xiphopenaeus kroyeri* (crevette commercialisée).

Ces pêches ont donné lieu à la découverte de plusieurs dizaines d'espèces colonisant habituellement les récifs coralliens et qui ont été collectées à plus de 100 km des côtes guyanaises (poissons papillons, poissons-ange, labridés etc, mais aussi de nombreux invertébrés de substrats durs comme des gorgones et des grands champs d'éponges avec des espèces potentiellement nouvelles). En effet, à ces niveaux de profondeurs (entre 56 m et 100 m), ces fonds essentiellement sableux ne sont pas supposés abriter des communautés de ce type d'avantage inféodées aux substrats durs.

L'analyse de ces données ne faisaient pas parti des objectifs de la mission. Les informations concernant la nature des fonds et les organismes benthiques présentés dans cette note découlent donc de simples observations. En aucun cas elles ne peuvent constituer un inventaire exhaustif des fonds marins du plateau continental Guyanais.

La carte ci-dessous synthétise néanmoins les différentes observations faites lors des missions d'échantillonnage. Elle présente d'une part les organismes marins récoltés en plus des poissons lors des différentes campagnes de pêche et d'autre part la nature des fonds estimée à l'aide du sondeur du navire et des refus de chalut.









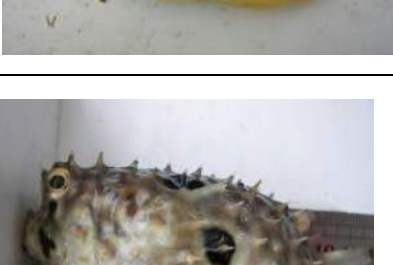
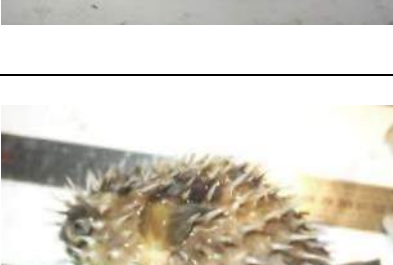
Kourou









Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA, NGDC, and other contributors

**Figure 60. Carte synthétique des observations d'organismes marins et de la nature des fonds réalisées lors des campagnes de pêche au chalut (2012-2013) sur le plateau continental de la Guyane**

► **Les poissons de milieux rocheux**

La carte montre dans un premier temps la localisation des espèces de poissons « dits de récifs » rencontrés lors des différentes campagnes de pêche au chalut. Ces poissons appartiennent à de nombreuses familles et espèces qui affectionnent habituellement les zones de récifs coralliens. Parmi ces familles on peut citer celles des poissons papillons (Chaetodontidae), des poissons anges (Pomacanthidae), des poissons globes (Tetraodontidae), les poissons soldats (Holocentridae), les mérous (serranidae), les poissons coffres (Ostraciidae), poissons-perroquets (Scaridae), les poissons porc-épic (Diodontidae), Les poissons-trompettes (Aulostomidae), les demoiselles (Pomacentridae), les cornettes (Fistularidae), les beauclaires (Priacanthidae) etc.

Photos	Espèces	Photos	Espèces
	<i>Acanthostracion polygonius</i> <b>Poisson-coffre-polygone</b>		<i>Holocentrus adscensionis</i> <b>Marignan coq</b>
	<i>Acanthostracion quadricornis</i> <b>Poisson-coffre-taureau</b>		<i>Lagocephalus laevigatus</i> <b>Compère lisse</b>
	<i>Chaetodon ocellatus</i> <b>Poisson papillon ocellé</b>		<i>Chaetodon sedentarius</i> <b>Poisson papillon sédentaire</b>
	<i>Chilomycterus antillarum</i> <b>Poisson porc-épic</b>		<i>Diodon hystrix</i> <b>Porc-épic boubou</b>

	<p><i>Pomacanthus arcuatus</i> <b>Damoiselle blanche</b></p>		<p><i>Pomacanthus paru</i> <b>Damoiselle chiririte</b></p>
	<p><i>Holacanthus tricolor</i> <b>Damoiselle beauté</b></p>		<p><i>Hippocampus reidi</i> <b>Hippocampe long nez</b></p>
	<p><i>Dermatolepis inermis</i> <b>Mérrou marbré</b></p>		<p><i>Holacanthus ciliaris</i> <b>Damoselle royale</b></p>
	<p><i>Priacanthus arenatus</i> <b>Beauclaire soleil</b></p>		<p><i>Bodianus pulchellus</i> <b>Pourceau à tache dorsale</b></p>

**Photos 6. Exemples de poissons récifaux pêchés à la limite du plateau continental**



► **Les grands crustacés**

De nombreux grands crustacés ont été capturés lors des campagnes d'échantillonnage. A l'exception de la langouste et de la cigale des mers, les espèces n'ont pas été déterminées. On note la présence de ces crustacés sur la quasi-totalité des stations échantillonnées. Les points reportés sur la carte précédente montrent les stations où les densités semblaient être les plus importantes. Cependant ces informations ne sont qu'indicatives, en effet aucun indicateur n'a été calculé concernant les grands crustacés :



**Photos 7. Langouste des caraïbes (*Panulirus argus*) et grande cigale des mers (*Scyllarides latus*)**



**Photos 8. Crabes et araignées non identifiés**



► **Autres organismes benthiques**

Les refus des chaluts ont révélé la présence d'une faune benthique importante. On note la présence d'organismes benthiques sur la quasi-totalité des stations. Les points reportés sur la carte précédente indiquent les stations où les densités semblaient les plus importantes. Cependant ces informations ne sont qu'informatives, en effet aucun indicateur n'a été calculé concernant le macro-benthos. Par ailleurs, les espèces n'ont pas été identifiées car elles n'étaient pas l'objet premier de l'étude. Toutefois on peut citer la présence de gorgonaires, de mollusques gastéropodes, bivalves et céphalopodes, d'échinodermes (étoiles de mer et oursins), de spongiaires (éponges), d'anthozoaires et d'annélides.



*Photos 9. Quelques exemples d'organismes benthiques récoltés lors des campagnes d'échantillonnage*



► **La nature des fonds**

Lors des différentes campagnes de pêche au chalut, il a été nécessaire d'identifier la nature des fonds afin de reconnaître les zones chalutables. Cette reconnaissance des fonds a été effectuée à l'aide du sondeur du navire d'une part et des refus de chalut d'autre part. Ainsi, un vaste secteur au nord et à l'est du plateau continental a été identifié comme non propice aux chalutages en raison des fonds rocheux accidentés s'y trouvant. La plupart des traits de chalut ont été réalisés dans un secteur où les fonds sont plus réguliers et semblent composés d'un mélange de substrats meubles et rocheux. Au nord-ouest du secteur des zones de gisement de coquillages (débris et vivants) ont été identifiés. Enfin, à l'ouest toujours, une large bande colonisée par de nombreuses espèces d'éponges a été mise en évidence par les chalutages. Il est probable que les fonds soient rocheux à cet endroit. Toutefois les identifications n'ont pas permis de définir s'il s'agissait d'un récif de spongiaires ou bien de plusieurs colonies disparates.



*Photos 10. Refus de chaluts sur le secteur où la présence d'éponges a été identifiée*

### 2.3.2.2.2. Une campagne plus ciblée menée par le Muséum National d'Histoire Naturelle

Le volet hauturier de l'expédition La Planète Revisitée Guyane 2014, a permis l'échantillonnage du benthos du plateau continental et de la partie supérieure du talus, de 30 à 650 mètres de profondeur à l'aide d'engins traînants comme la drague dite « Warén » ou le chalut à perche.

L'ensemble de la zone économique exclusive de la Guyane a été explorée depuis la frontière maritime avec le Surinam jusqu'à celle avec le Brésil. Les fonds sont couverts de sédiments fins, excepté le rebord du plateau entre 110 et 130 m de profondeur qui présente des fonds durs portant localement des encroûtements d'algues corallines. Au-delà du constat d'une apparente monotonie derrière des abondances phénoménales de certains taxons (ophiures, crustacés, oursins), les scientifiques ont remarqué une diversité relativement importante d'espèces rares ou très rares<sup>17</sup> - qui n'ont été vues qu'une seule fois pendant l'expédition.

L'expédition a permis de compléter un état de référence de la biodiversité marine en Guyane. Quelques chiffres montrent sans équivoque le bond en avant que l'expédition aura permis de faire : on connaissait de Guyane (littérature, bases de données) 57 espèces de crustacés décapodes (crabes, crevettes) et une vingtaine d'espèces d'échinodermes (oursins, étoiles) ; l'expédition en a échantillonné respectivement 180 et 115. Chez les mollusques, mieux connus, 100 à 200 espèces seront à ajouter aux 366 déjà recensées. Cette expédition confirme la relative pauvreté de la biodiversité marine en Guyane quand on la compare, par exemple, aux îles de l'arc antillais. Mais, paradoxalement, l'expédition aura doublé, triplé, ou même... décuplé les inventaires guyanais de presque tous les groupes, et des dizaines de nouvelles espèces ont été découvertes.

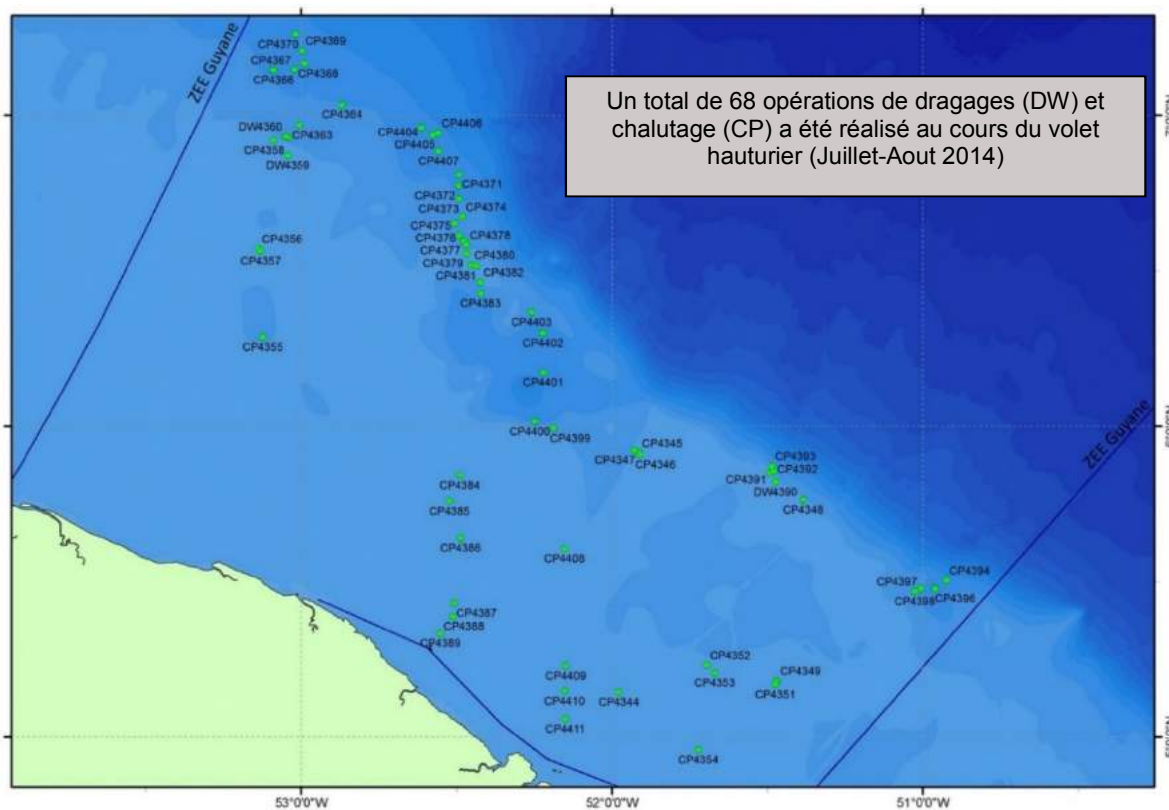


Figure 61. Plan d'échantillonnage de l'expédition La Planète Revisitée

Liens vers les bases de données concernant les résultats Guyane 2014 :

MNHN : <http://www.mnhn.fr/fr/recherche-expertise/lieux/guyane-2014>

Expéditions : <https://expeditions.mnhn.fr/campaign/guyane2014>

Collections : <https://science.mnhn.fr/institution/mnhn/item/list?expedition=GUYANE+2014>

INPN Référentiel TAXREF : <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/taxref/11.0/menu>

17 Le terme rare définit dans ce texte les espèces dont la fréquence d'observation est très faible suggérant des effectifs et une aire de distribution très restreintes.

### 2.3.2.3. Synthèse sur les substrats durs mésophotiques

La présence d'une zone rocheuse située dans les zones profondes en limite du plateau continental est connue par le biais de plusieurs facteurs :

- d'une part, le dire des pêcheurs qui connaissent et exploitent ces zones riches en poissons,
- d'autre part, des études anciennes au large du sud de la Guyane ou du Guyana (McConnell, 1962 ; Collette et Rützler, 1977),
- les campagnes de pêche menées par Créocéan entre 2012 et 2013 qui témoignent de la présence d'espèces associées habituellement aux récifs coralliens,
- enfin par la présence avérée d'un habitat similaire au large de l'Amazonie (lire notamment la publication de Moura et al., 2016).

Ces habitats rocheux, qualifiés de récifs biogéniques, restent encore largement méconnus, en particulier au large de la Guyane.

Les premières études scientifiques relatant la présence dans la zone mésophotique au large de l'Amazonie d'organismes généralement associés à des récifs coralliens ciblaient principalement les poissons, mais étaient parfois complétées de description d'habitats (Durand, 1959; Puyo, 1949 ; McConnell, 1962).

Collette et Rützler (1977) furent les premiers à réellement investiguer la présence d'un écosystème mésophotique particulier au large des côtes de la Guyane et du Nord du Brésil. Ils y décrivent la présence de populations de poissons récifaux se développant autour d'éponges (35 espèces de 20 familles différentes) fixées sur un substrat dur et relèvent la présence de cnidaires, en particuliers des hydres et octocoralliaires.

Depuis, quelques études supplémentaires ont précisé l'existence d'un large récif mésophotique carbonaté et de zones à rhodolithes s'étendant le long des côtes brésiliennes et du plateau guyanais, sur des profondeurs comprises entre 30 et plus ou moins 100 mètres (Amado-Filho *et al.*, 2012, 2016; Cordeiro, Neves, Rosa-Filho, et Pérez, 2015; Foster, Amado Filho, Kamenos, Riosmena-Rodriguez, et Steller, 2013; Rodrigo Leão Moura *et al.*, 2013). Ces habitats sont datés d'environ 13 500 ans.

En 2016, Moura *et al.* décrivent des structures récifales biogéniques plus ou moins discontinues en bordure du plateau continental, le long de l'isobathe des 100 mètres, avec parfois la présence de patches de rhodolithes de superficie variable. Des éponges de tailles importantes avec des caractéristiques morphologiques atypiques et des cnidaires (en particulier des hydrozoaires mais aussi des coraux noirs (Antipathaires)) sont décrits.

Les trois campagnes de pêches expérimentales en limite de plateau continental guyanais réalisées par Créocéan en 2012 et 2013, apportent des éléments sur la biodiversité de ces fonds. Les deux espèces les plus abondantes sont *Solenocera acuminata* (sorte de crevette) et l'espèce *Xiphopenaeus kroyeri* (crevette commercialisée). De nombreux poissons sont capturés, appartenant à des familles et espèces habituellement associées aux récifs coralliens peu profonds, ainsi que des grands crustacés (crabes, araignées de mer, langoustes, cigales des mers). Pratiquement tous les grands groupes taxonomiques sont présents : gorgonaires, mollusques gastéropodes, bivalves et céphalopodes, échinodermes (étoiles de mer et oursins), spongiaires (éponges), anthozoaires et annélides.

### 2.3.3. Les fonds meubles profonds (talus et plaine abyssale)

Le plateau continental se poursuit par une pente assez prononcée qui atteint rapidement des profondeurs de plus de 2000 mètres. Cette pente est appelée talus continental. Sauf dans sa partie supérieure (voire chapitre précédent), le talus est essentiellement constitué de sédiments. Le talus aboutit à une zone vaste, presque sans pente qu'on nomme la plaine bathyale ou plaine abyssale. Dans ce rapport nous conserverons le terme de plaine abyssale qui est plus communément utilisé.

Peu de données sont disponibles sur ces zones très profondes. Elles sont essentiellement issues des campagnes récentes réalisées par Créocéan sur le PGM de Shell :

- en 2006, campagne bio-sédimentaire sur le talus continental et la plaine abyssale sur les secteurs de Kawana (13 stations entre 2000 et 2500 m de profondeur) et le secteur de Matamata (13 stations entre 1200 et 1300 m de profondeur),
- en 2012 et 2013, quatre campagnes pré et post-forages sur plusieurs sites de forages Shell nommés GMES-2, GMES-3R et GMES-4,
- en 2013, une campagne à plus grande échelle sur l'ensemble du permis et le secteur de Matamata. Cette campagne était destinée à établir un état initial sur l'ensemble de la zone d'étude.

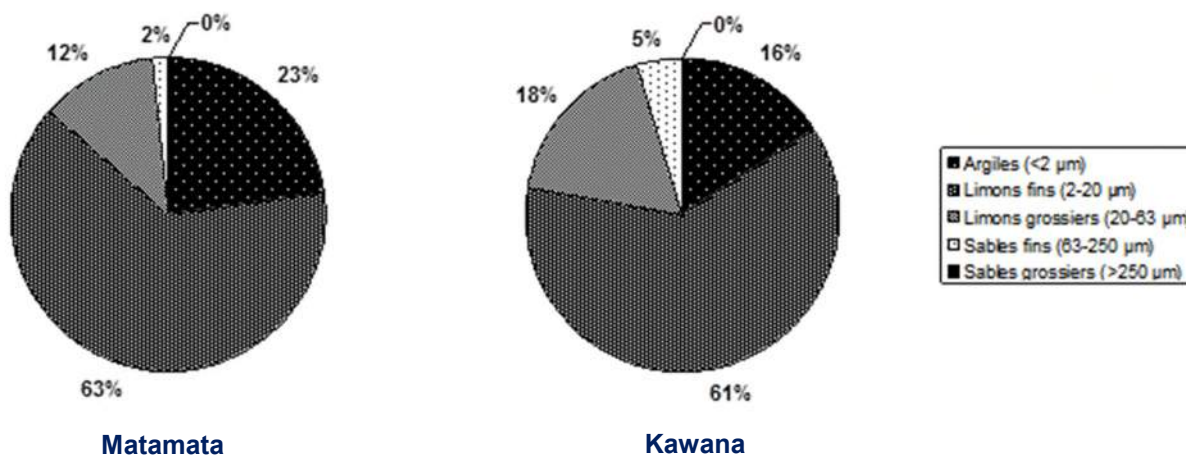
Les résultats des campagnes de 2006 et de 2013 sur le permis sont repris dans les sections ci-dessous.

#### 2.3.3.1. Compartiment sédimentaire

##### 2.3.3.1.1. Nature du sédiment

###### ► Secteurs de Matamata et Kawana, 2006

Dans les deux secteurs Matamata et Kawana, les analyses granulométriques indiquent un sédiment constitué par des vases limono-argileuses pures extrêmement compactes (Créocéan, 2006 a et b).



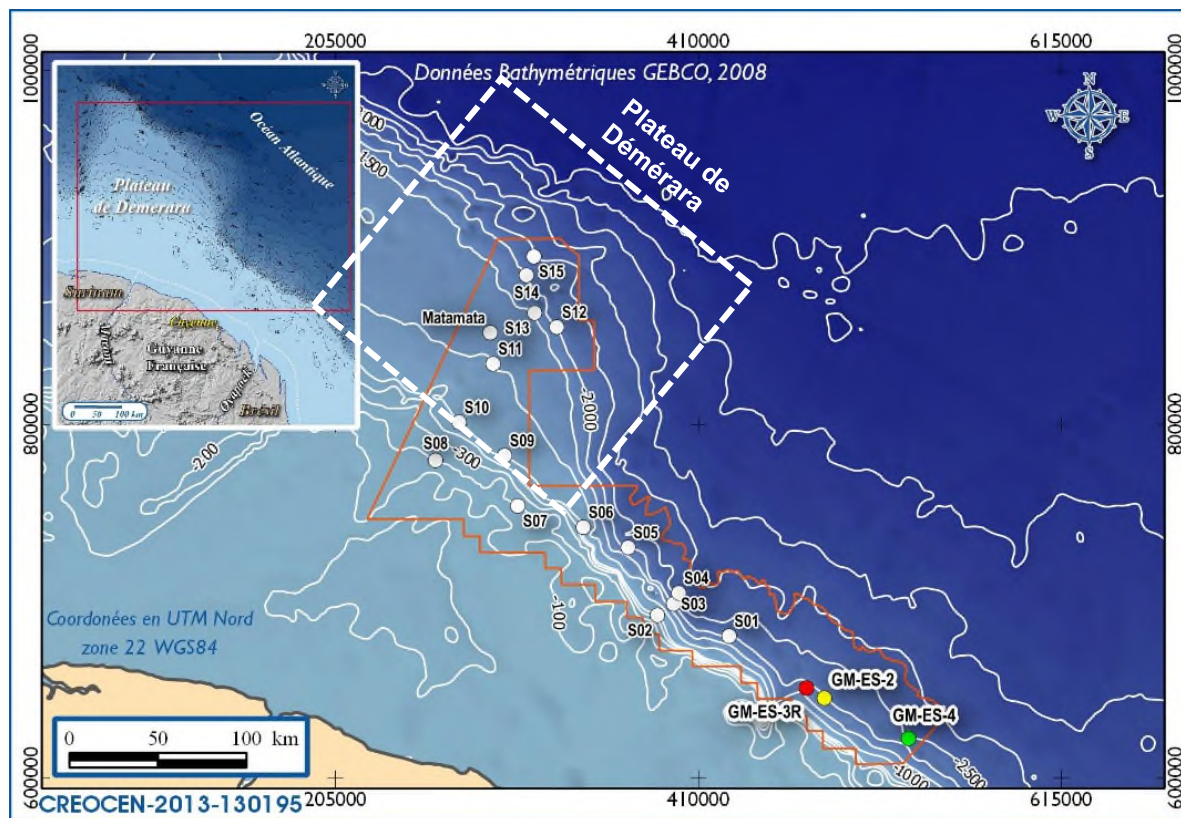
Source : Créocéan 2006

**Figure 62. Granulométrie de sédiments sur les secteurs de Matamata et Kawana**



► **Zone du permis, 2013**

En 2013, une étude de l'ensemble du permis Guyane Maritime a été réalisée par Créocéan. Le plan d'échantillonnage comprenait des stations dans la partie centrale du permis (S01 à S05), au niveau du Plateau de Démérara (S06 à S15) ainsi que sur 4 stations dans 3 secteurs au sud du permis (GMES-2, GMES-3 et GMES-4). Ces stations sont illustrées sur la figure 63. Aucune d'elles ne se trouve sous influence avérée d'une quelconque pollution.



Source : Créocéan, 2013

**Figure 63. Localisation des stations d'échantillonnage sur l'ensemble du PGM**

L'analyse granulométrique des échantillons met en évidence la présence de seulement trois types de sédiments :

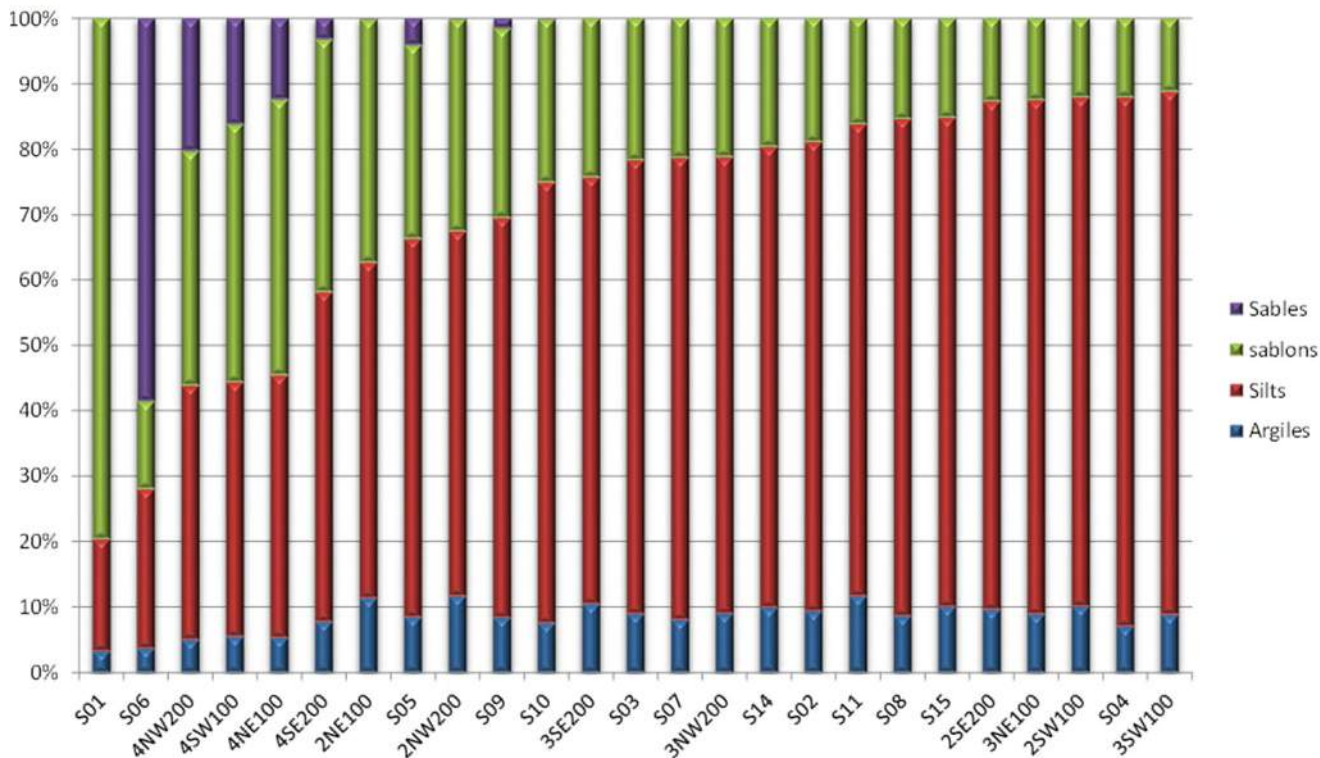
- sables vaseux (4 % des échantillons),
- vases sableuses (36 % des échantillons),
- vases pures (60% des échantillons).

Les vases pures représentent la majorité des stations. Elles sont réparties sur l'ensemble du permis à des profondeurs variant entre 200 et 2 500 m. Elles sont essentiellement localisées au niveau du glacis continental et du plateau de Démérara.

Les vases sableuses sont situées dans la zone Est du permis et dans le secteur de GMES-4 à des profondeurs excédant les 2 000 m. Elles sont essentiellement situées dans la plaine abyssale à une distance relativement importante du talus continental.

Deux stations de la partie centrale du permis se distinguent particulièrement de toutes les autres en raison d'un taux en sable de plus de 70%. Il s'agit de S01 et S06 dont les profondeurs respectives sont de 1 994 m et 510 m. Le sédiment à S06 est cependant plus grossier que celui de S01 situé lui au niveau du glacis continental au pied du talus. Cette zone de la plaine abyssale résulte de l'accumulation des sédiments qui descendent avec des vitesses variables le long du talus continental ; celle-ci peut être particulièrement importante au pied des canyons sous-marins qui canalisent l'écoulement des sédiments.

D'une manière générale, l'analyse granulométrique des échantillons fait donc ressortir que l'ensemble des sédiments marins du permis sont envasés à des degrés divers et sans relation particulière avec la profondeur de prélèvement.



Source : Créocéan, 2013

Figure 64. Composition granulométrique des sédiments de la zone du permis

### 2.3.3.1.2. Eléments nutritifs

Il n'existe pas véritablement de seuil de qualité pour caractériser l'enrichissement des sédiments très profond. Le tableau 23 propose des valeurs seuils qui sont adaptées à des sédiments marins côtiers peu profonds et pas à des fonds abyssaux. Lorsque la profondeur augmente, le taux d'envasement augmente naturellement ainsi que l'enrichissement sans que ceci témoigne d'un déséquilibre écologique. Il est donc normal d'obtenir des concentrations élevées en éléments organiques et nutritifs.

Tableau 23. Seuils de qualité pour les nutriments dans les sédiments

Paramètres	Valeur faible	Valeur moyenne	Valeur élevée	Valeur très élevée
Matière organique (% sec)	< 6,95	6,95 à 10,30	10,30 à 13,00	≥ 13,00
Carbone organique (% sec)	< 0,75	0,75 à 1,33	1,33 à 5,00	≥ 5,00
Azote total (% sec)	< 0,04	0,04 à 0,09	0,09 à 0,18	≥ 0,18

Source : Licari, 1998

#### ► Secteurs de Matamata et Kawana, 2006

La campagne de 2006 comprend des stations sur les secteurs de Kawana et Matamata dans le sud du PGM.

#### Matière organique totale

Ces vases sont relativement riches en matière organique et varie entre 4,1 et 14,2%. Ces valeurs assez variables selon les stations correspondent à un niveau d'enrichissement élevé mais normal pour ce type de fond profond.

### Carbone organique total

La teneur en carbone organique total dans le sédiment sec fluctue entre 2,7% et 6,2% ; la moyenne étant de 4,2%. Ces valeurs sont hétérogènes mais la plupart sont de l'ordre de 3 à 5%, ce qui correspond à un niveau d'enrichissement en carbone organique élevé qui est normal pour ce type de fond profond. Quatre valeurs sont très élevées.

### Azote total

La teneur en azote varie entre 0,061 et 0,195 mg/kg (sédiment sec), la moyenne se situant à 0,144 mg/kg. Ces teneurs restent hétérogènes et correspondent toutes à un niveau d'enrichissement moyen à très élevé en azote, la moyenne étant dans la classe « élevée ».

Comme précédemment, la teneur en azote total apparaît fortement corrélée avec la proportion de particules fines des sédiments superficiels et diminue avec la profondeur d'eau.

### Phosphore total

La teneur en phosphore dans le sédiment varie entre 394 et 601 mg/kg (sec), la moyenne étant de 510 mg/kg (sec).

#### ► Zone du permis, 2013

Les concentrations en éléments organiques mesurées dans les sédiments du permis augmentent avec le degré d'envasement des sédiments. Elles sont beaucoup plus faibles que sur les secteurs prospectés en 2006, témoignant d'un enrichissement moindre des sédiments.

### Matière organique totale

**Tableau 24. Teneurs en matière organique volatile exprimé en % m/m dans les sédiments dans la zone du permis**

	Sables vaseux	Vases sableuses	Vases pures	Ensemble du permis
<b>Moyenne</b>	1,6	5,8 ± 1,0	7,3 ± 1,8	6,5 ± 1,96
<b>Maximum</b>	1,6	7,3	11,9	11,9
<b>Minimum</b>	1,6	4	4,4	1,6

### Carbone organique total

**Tableau 25. Teneurs en carbone organique exprimé en % m/m dans les sédiments marins dans la zone du permis**

	Sables vaseux	Vases sableuses	Vases pures	Ensemble du permis
<b>Moyenne</b>	0,29	0,85 ± 0,17	1,57 ± 0,34	1,26 ± 0,49
<b>Maximum</b>	0,29	1,25	2,08	2,08
<b>Minimum</b>	0,29	0,67	1,05	0,29

### Azote total

De la même manière, il y a une répartition des concentrations en azote Kjeldahl corrélée positivement à la dominance de la fraction fine.

**Tableau 26. Teneurs en azote Kjeldahl exprimé en % m/m dans les sédiments dans la zone du permis**

	Sables vaseux	Vases sableuses	Vases pures	Ensemble du permis
<b>Moyenne</b>	0,06*	0,09 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,06
<b>Maximum</b>	0,06	0,14	0,22	0,22
<b>Minimum</b>	0,06	0,06	0,11	0,06

### Phosphore total

Les teneurs en phosphore total mesurées dans le sédiment sont relativement variables mais sont globalement corrélées positivement à la dominance de la fraction fine sur l'ensemble du permis.

**Tableau 27. Teneurs en phosphore exprimées en mg/kg dans les sédiments dans la zone du permis**

	Sables vaseux	Vases sableuses	Vases pures	Ensemble du permis
<b>Moyenne</b>	347	545 ± 249	613 ± 109	578 ± 176
<b>Maximum</b>	347	1060	846	1060
<b>Minimum</b>	347	356	432	347

#### 2.3.3.1.3. Contaminations chimiques des sédiments

Les valeurs de références utilisées pour caractériser l'état de contamination des sédiments en métaux sont celles de l'Arrêté du 14 juin 2000 pour l'immersion de déblais de dragage. Ces valeurs sont à prendre par défaut en raison de l'absence de référence existante pour les fonds marins du large.

**Tableau 28. Valeurs de référence de contamination des sédiments par les métaux lourds**

Métaux	Valeur faible	Valeur moyenne	Valeur élevée	Valeur très élevée
Aluminium (% sec) (mg/kg)	< 2 20 000	2 à 4 20 000 à 40 000	4 à 8 40 000 à 80 000	≥ 8 80 000
Arsenic (mg/kg sec)	< 12,5	12,5 à 25	25 à 50	≥ 50
Baryum (mg/kg sec)	< 200	200 à 400	400 à 2000	≥ 2000
Cadmium (mg/kg sec)	< 0,6	0,6 à 1,2	1,2 à 2,4	≥ 2,4
Chrome (mg/kg sec)	< 45	45 à 90	90 à 180	≥ 180
Cobalt (mg/kg sec)	< 22,5	22,5 à 45	45 à 90	≥ 90
Cuivre (mg/kg sec)	< 22,5	22,5 à 45	45 à 90	≥ 90
Etain (mg/kg sec)	< 10	10 à 20	20 à 40	≥ 40
Mercure (µg/kg sec)	< 0,2	0,2 à 0,4	0,4 à 0,8	≥ 0,8
Nickel (mg/kg sec)	< 18,5	18,5 à 37	37 à 74	≥ 74
Plomb (mg/kg sec)	< 50	50 à 100	100 à 200	≥ 200
Sélénium (mg/kg sec)	< 1	1 à 2	2 à 4	≥ 4
Vanadium (mg/kg sec)	< 50	50 à 100	100 à 200	≥ 200
Zinc (mg/kg sec)	< 138	138 à 276	276 à 552	≥ 552

Sources : Arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte pour l'immersion de déblais de dragage (J.O. n°184 du 10 août 2000) & Ifremer

Les valeurs repères des hydrocarbures sont données dans le tableau 29.

**Tableau 29. Valeurs repères pour les teneurs en hydrocarbures dans les sédiments (suivi REPOM<sup>18</sup>)**

Paramètres	Valeur faible	Valeur moyenne	Valeur élevée	Valeur très élevée
Hydrocarbures totaux (mg/kg sec)	< 100	100 à 500	500 à 1 000	≥ 1 000
Somme des 16 composés de HAP (µg/kg sec)	< 500	500 à 1 000	1 000 à 10 000	≥ 10 000

### ► Secteurs de Matamata et Kawana, 2006

#### Métaux lourds

Le tableau 30 regroupe les teneurs en métaux lourds des sédiments, ainsi que les différentes valeurs seuils disponibles dans l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux « niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux ».

Les niveaux de bruit de fond du sédiment de la zone du projet sont homogènes et faibles pour la plupart des métaux. Un seul métal atteint des valeurs élevées sur une station dans le secteur Kawana.

Le sédiment est donc globalement de bonne qualité et quasiment exempt de trace de contamination chimique.

<sup>18</sup> REPOM : Réseau National de surveillance des Ports Maritimes



**Tableau 30. Teneurs en métaux lourds des sédiments des secteurs Kawana et Matamata**

Métaux	Intervalle des valeurs mesurées	Caractéristiques des valeurs observées (par rapport aux bruits de fond habituel des océans)
Aluminium (% sec)	1,4 à 4,5	Faibles à élevées
Arsenic (mg/kg)	4 à 23	Faibles à normales
Baryum (mg/kg)	40 à 106	Faibles
Cadmium (mg/kg)	< 0,2	Très faibles
Chrome (mg/kg)	21 à 32	Faibles
Cobalt (mg/kg)	8 à 11	Faibles
Cuivre (mg/kg)	12 à 23	Faibles à normales
Etain (mg/kg)	< 2	Très faibles
Mercurure (mg/kg)	0,05 à 0,07	Faibles
Nickel (mg/kg)	13 à 26	Faibles à normales
Plomb (mg/kg)	9 à 14	Faibles
Sélénium (mg/kg)	<1 à 2	Normales
Vanadium (mg/kg)	28 à 54	Faibles à normales
Zinc (mg/kg)	60 à 81	Faibles

*Source : Créocéan, 2006*

## Hydrocarbures

Les teneurs en hydrocarbures totaux des sédiments sur la zone d'étude élargie sont très faibles, toutes inférieures au seuil de détection (40 mg/kg sec).

Les teneurs des 16 composés de HAP sont inférieures aux limites de détection sur toutes les stations, à l'exception du chrysène qui est présent à l'état de trace sur 2 stations (teneurs de 4 µg/kg sec) et du benzo(b)fluoranthène, également présent à l'état de trace sur 3 stations (2 µg/kg sec à 3 µg/kg sec). Les valeurs seuils définies par la Convention OSPAR<sup>19</sup> sont respectivement de 1000 µg/kg pour le chrysène et de 300 µg/kg pour le benzo(b)fluoranthène. Les niveaux mesurés sur la zone d'étude élargie sont donc très inférieurs à ces seuils. Notons que pour les autres composés, leurs teneurs inférieures aux limites de détection sont également nettement inférieures aux valeurs seuils OSPAR.

### ► Zone du permis, 2013

#### Métaux lourds

Toutes les teneurs mesurées dans les sédiments du permis sont très légèrement inférieures au bruit de fond OSPAR (2009) à l'exception de l'arsenic.

Les concentrations en métaux sont positivement corrélées à l'envasement du sédiment sauf pour le Baryum.

Ces valeurs peuvent être considérées comme représentatives du bruit de fond des métaux lourds au niveau de la Guyane maritime.

<sup>19</sup> Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, dite « Convention OSPAR », signée à Paris en 1992.

**Tableau 31. Teneurs en métaux dans les sédiments dans la zone du permis**

	Sables vaseux	Sables vaseux	Vases pures	Ensemble du permis	Caractéristiques des valeurs observées (par rapport aux bruits de fond habituel des océans)
<b>Aluminium (% sec)</b>	3,24	4,97 ± 0,57	7,09 ± 0,73	6,17 ± 1,35	<b>Elevées</b>
<b>Arsenic (mg/kg)</b>	9,00	13,24 ± 13,24	7,46 ± 3,69	9,60 ± 8,62	<b>Faibles</b>
<b>Baryum (mg/kg)</b>	277,00	266,00 ± 39,76	347,73 ± 41,28	315,48 ± 56,13	<b>Moyennes</b>
<b>Cadmium (mg/kg)</b>	<0,01	<0,01	0,01 ± 0,04	0,01 ± 0,03	<b>Faibles</b>
<b>Chrome (mg/kg)</b>	21,00	53,00 ± 17,12	57,87 ± 5,78	54,64 ± 13,11	<b>Moyennes</b>
<b>Cobalt (mg/kg)</b>	7,30	11,28 ± 1,59	12,27 ± 1,06	11,71 ± 1,60	<b>Faibles</b>
<b>Cuivre (mg/kg)</b>	7,00	14,11 ± 1,83	20,20 ± 3,55	17,48 ± 4,68	<b>Faibles</b>
<b>Etain (mg/kg)</b>	1,60	2,19 ± 0,40	3,14 ± 0,42	2,74 ± 0,65	<b>Faibles</b>
<b>Mercure (µg/kg)</b>	<0,02	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,02	<b>Faibles</b>
<b>Nickel (mg/kg)</b>	12,00	21,78 ± 2,33	29,13 ± 2,88	25,80 ± 5,25	<b>Moyennes</b>
<b>Plomb (mg/kg)</b>	13,00	15,33 ± 2,50	18,40 ± 1,50	17,08 ± 2,52	<b>Faibles</b>
<b>Sélénium (mg/kg)</b>	<2	0,06 ± 0,17	0,27 ± 0,35	0,18 ± 0,31	<b>Faibles</b>
<b>Vanadium (mg/kg)</b>	49,00	90,89 ± 25,07	106,53 ± 10,08	98,60 ± 20,81	<b>Moyennes</b>
<b>Zinc (mg/kg)</b>	47,00	71,33 ± 8,94	88,40 ± 8,55	80,60 ± 13,66	<b>Faibles</b>

## Hydrocarbures

La majorité des stations présente des teneurs en hydrocarbures totaux inférieures au seuil de détection, à savoir 10 mg/kg/brut. Seules les stations 4SE200 et S05 montrent un léger dépassement de ce seuil avec des teneurs respectives mesurées de 12 et 16 mg/kg/brut.

Une dizaine d'HAPs a été détectée sur l'ensemble du permis en concentrations relativement faibles (< 30 µg/kg sédiment sec). Ces niveaux mesurés sont représentatifs de l'état initial de l'environnement sédimentaire profond de Guyane maritime au sein du permis.

Ces valeurs peuvent être considérées comme représentatives du bruit de fond de ces 16 HAP au niveau de la Guyane maritime.

**Tableau 32. Teneurs en hydrocarbures aliphatique et aromatiques polycycliques dans les sédiments du permis**

	Unité	Sables vaseuses	Vases sableuses	Vases pures	Ensemble du permis
<b>Hydrocarbures C10-C40</b>	mg/kg/sec	<2,00	<2,00	0,43 ± 0,89	0,26 ± 0,71
<b>Naphtalène</b>	µg/kg/sec	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<b>Acénaphtylène</b>	µg/kg/sec	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
<b>Acénaphtène</b>	µg/kg/sec	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
<b>Fluorène</b>	µg/kg/sec	<1,00	0,14 ± 0,43	0,81 ± 0,84	0,54 ± 0,77
<b>Phénanthrène</b>	µg/kg/sec	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<b>Anthracène</b>	µg/kg/sec	<1,00	4,14 ± 4,55	8,29 ± 10,03	6,46 ± 8,45
<b>Fluoranthène</b>	µg/kg/sec	<1,00	0,49 ± 0,76	1,28 ± 1,08	0,94 ± 1,03
<b>Pyrène</b>	µg/kg/sec	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
<b>Benzo (a) anthracène</b>	µg/kg/sec	<1,00	0,38 ± 0,77	1,65 ± 0,89	1,12 ± 1,05
<b>Chrysène</b>	µg/kg/sec	<1,00	<1,00	0,10 ± 0,38	0,06 ± 0,29
<b>Benzo (b) fluoranthène</b>	µg/kg/sec	<2,00	0,25 ± 0,75	1,27 ± 1,41	0,85 ± 1,27
<b>Benzo (k) fluoranthène</b>	µg/kg/sec	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
<b>Benzo (a) pyrène</b>	µg/kg/sec	<10	3,11 ± 6,25	<10	1,12 ± 3,92
<b>Dibenzo (a,h) anthracène</b>	µg/kg/sec	<1,00	<1,00	0,59 ± 0,77	0,36 ± 0,66
<b>Benzo (g,h,i) périlène</b>	µg/kg/sec	<1,00	0,66 ± 1,20	0,07 ± 0,26	0,28 ± 0,78
<b>Indéno (1,2,3-cd) pyrène</b>	µg/kg/sec	<5,00	0,66 ± 1,98	<5,00	0,24 ± 1,19

► **Comparaison avec d'autres zones abyssales**

Le tableau 33 permet de comparer le niveau de concentration en **métaux** et en **hydrocarbures** dans le sédiment de la zone de projet avec celui d'autres zones bathyales. Les sites cités dans le tableau sont hors influence d'activités pétrolières.

**Tableau 33. Comparaison des teneurs en métaux lourds et en hydrocarbures avec d'autres sites profonds**

Site	Profondeur	Al	AS	Ba	Cd	Cr	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Sn	Vn	Zn	H tot	HAP
Congo	600 m																
Congo	850 m																
Angola	1300 m																
Matamata	1200 m																
Kawana	2400 m																
permis	200 à 2000 m																



Source : Créocéan, 2006, 2012-2013

Les teneurs en métaux lourds des sédiments des sites de la zone d'étude élargie sont globalement de

meilleure qualité que les sites africains.

Les teneurs en hydrocarbures des sédiments de la zone d'étude élargie en Guyane sont comparables aux différents sites africains.

### 2.3.3.2. Compartiment biologique

#### 2.3.3.2.1. Macroalgues

Au niveau du domaine abyssal, à plusieurs milliers de mètres de profondeur, l'absence de lumière empêche tout développement d'algues. La zone du PGM n'abrite donc pas d'algues benthiques.

#### 2.3.3.2.2. Macrofaune benthique profonde

Peu de données sont disponibles dans la littérature scientifique concernant le talus continental guyanais et la plaine abyssale. Les campagnes d'échantillonnage de la faune benthique profonde sont relativement rares au-delà du plateau continental. Elles sont listées dans le tableau 34 :

**Tableau 34. Bilan des études relatives à la macrofaune benthique en Guyane**

Site	Profondeur	Objectifs	Source (s)
Talus continental	200 et 1 000 m	Crustacés décapodes	Takeda et Okutani, 1983
	200 - 900 m	Crustacés décapodes	Guéguen, 2000
	200 - 900 m	Crevettes de profondeur	Guéguen, 2001
	1 200 m	Macrofaune benthique et peuplements démersaux	Créocéan, 2006 a et b
Plaine abyssale	Entre 2 300 m et 2 500 m	Macrofaune benthique et peuplements démersaux	Créocéan, 2006, 2012 et 2013

#### ► Campagnes antérieures à 2006

Des campagnes réalisées par Takeda et Okutani (1983) relevaient 68 espèces de crustacés entre 200 et 1 000 m de profondeur. Guéguen (1995) rapporte la présence sur le talus d'une trentaine d'espèces de crustacés décapodes.

La richesse spécifique en crustacé semble élevée sur le talus continental mais les abondances pondérales faibles. Deux espèces constituent à elles seules plus de 60% des captures totales en décapodes : la crevette orange (*Solenocera acuminata*) observée vers 200 m et la crevette impériale (*Aristaeopsis edwardsiana*) largement distribuée de 400 à 900 m avec un maximum d'abondance vers 700 m (Guéguen, 2000). La crevette « *Aristaeopsis antillensis* » est également présente sur ces fonds profonds vaseux jusqu'à 800 m (Guéguen, 2001).

#### ► Secteurs de Matamata et Kawana, 2006

En 2006, les campagnes bio-sédimentaires sont organisées sur le secteur de Kawana (13 stations entre 2000 et 2500 m de profondeur) au sud du PGM et le plateau de Matamata (13 stations entre 1200 et 1300 m de profondeur) au Nord du PGM.

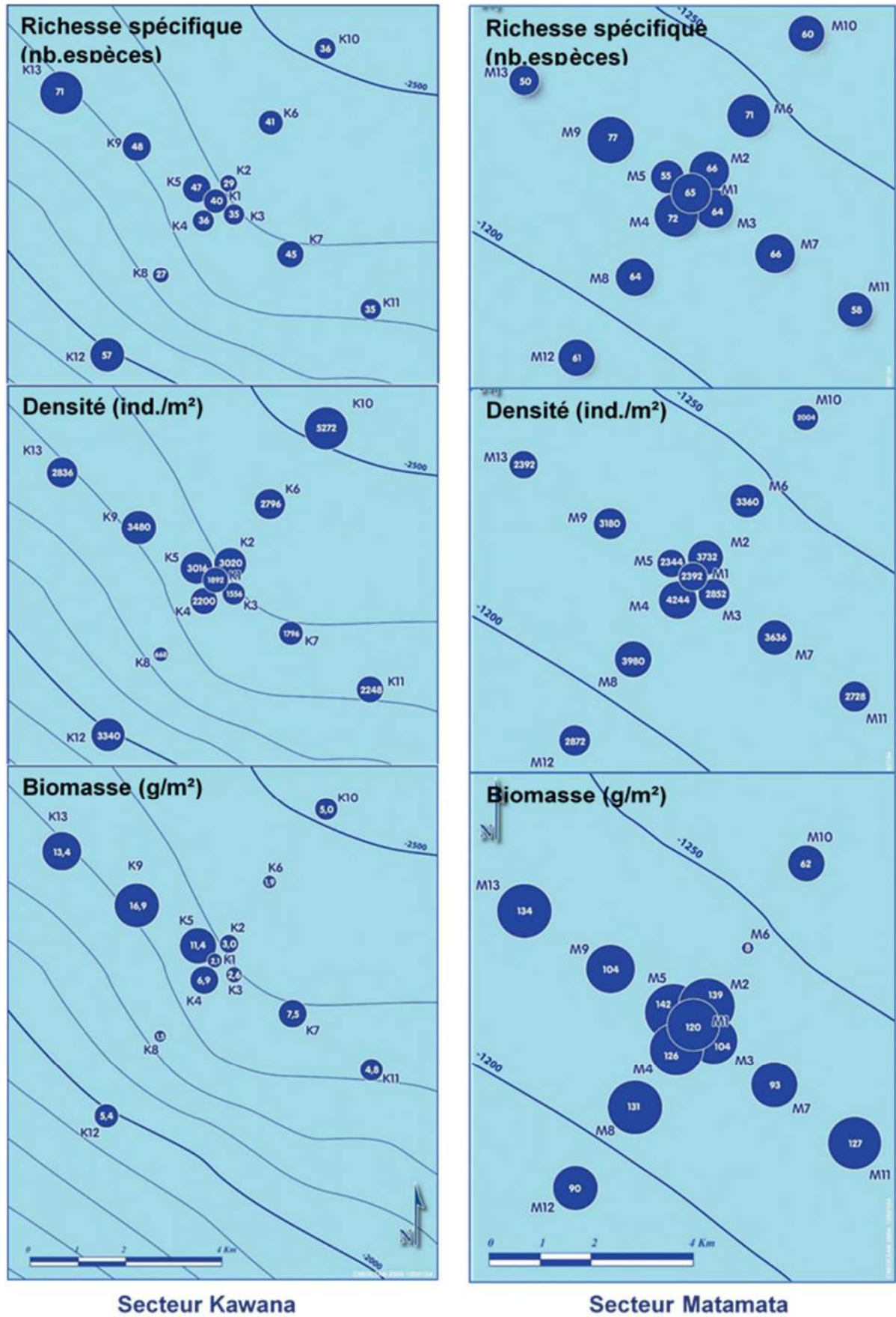
Ces campagnes décrivent la composition et la structure des peuplements macrobenthiques sur les deux secteurs.

**Sur la zone de Kawana**, le peuplement benthique présent est riche en espèces (155 au total), avec des densités élevées ( $2625 \pm 1123$  ind./m<sup>2</sup>) et des biomasses relativement importantes (6,3 g/m<sup>2</sup> en moyenne avec des valeurs entre 1,5 à 17 g/m<sup>2</sup> sec). Le peuplement est donc globalement riche à tous points de vue, grâce à la présence de ressources nutritives abondantes, mais avec une hétérogénéité spatiale relativement forte.

**Sur la zone de Matamata**, non seulement la richesse en espèces (166 au total) et la diversité (3,8 à 4,4 bits) sont élevées, mais la densité ( $\pm 3055 \text{ ind./m}^2$  entre **2004 à 4244 ind./m<sup>2</sup>**),) et la biomasse ( $\pm 106 \text{ g/m}^2 \text{ sec } \mathbf{8 \text{ à } 142 \text{ g/m}^2 \text{ sec}}$ ) du peuplement le sont aussi. La ressource nutritive disponible favorise donc le développement de populations denses mais aussi la production de biomasse au niveau du fond.

**Sur les deux secteurs**, les valeurs élevées de richesse faunistique et de diversité montrent que le peuplement est en bonne santé et ne montre pas signe de perturbation. Les valeurs élevées de l'indice trophique (64% en 65% en moyenne sur les deux secteurs) montrent que le peuplement n'est pas déséquilibré par un excès de matière organique dans le milieu. Les espèces de petite taille, majoritairement des micro-crustacés microphages, sont variées et forment des populations abondantes qui occupent la totalité de la zone. Quelques espèces de grande taille comme des échinodermes suspensivores ou des crustacés macrophages, sont présentes de manière plus sporadique et en faible abondance.





Source : Créocéan, 2006

Figure 65. Structure des peuplements benthiques sur les secteurs de Kawana et Matamata

► **Zone du permis, 2013**

Le plan d'échantillonnage comprenait 15 stations dans la zone du permis (S01 à S15), une station dans le secteur de Matamata ainsi que 4 stations dans chacun des secteurs GMES-2, GMES-3 et GMES-4 plus au sud (voir Figure 63). Aucune d'elles ne se trouve sous influence avérée d'une quelconque pollution.

Les indicateurs moyens caractérisant la structure des peuplements benthiques du domaine profond sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau 35. Résultat de l'étude du benthos sur la zone du permis de Shell**

Années 2012 et 2013	GMES2 * (2012)	GMES-3 * (2012)	GMES-4 * (2013)	S01-S15 (2013)	Matamata (2013)
<b>Richesse spécifique (nb.sp/station)</b>	18	20	46	45	30
<b>Densité (ind/m<sup>2</sup>)</b>	838	495	1077	1055	440
<b>Biomasse (g/m<sup>2</sup>)</b>	0,23	0,09	0,62	0,87	0,16
<b>Indice de Shannon (bits)</b>	2,5	3,2	4,0	4,4	4,2
<b>Indice trophique (%)</b>	68,4	74,8	66,0	64,4	64,2

(\*) 4 stations périphériques

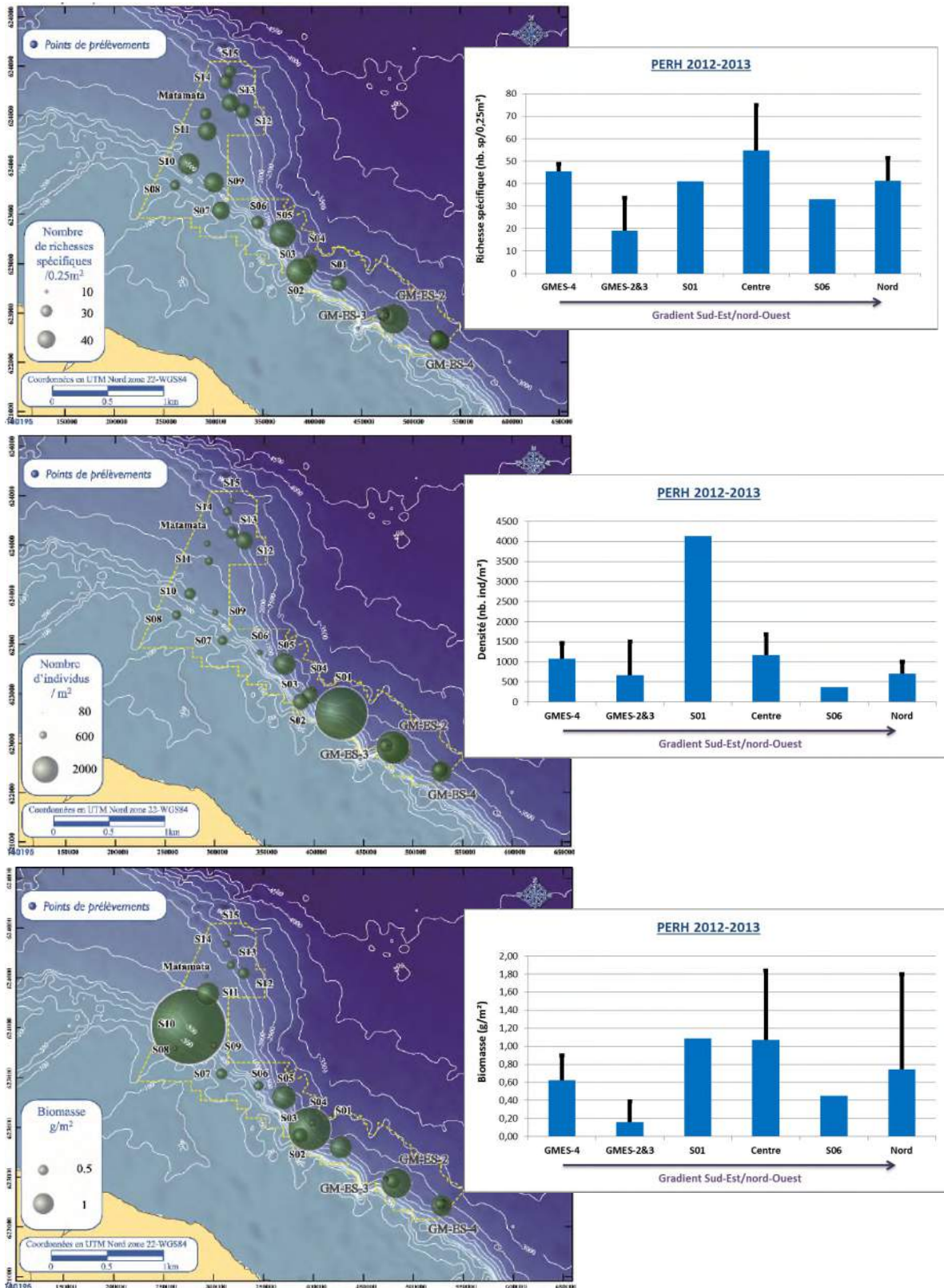
*Source : Créocéan, 2013*

La zone du permis est marquée par des variations spatiales relativement élevées des composantes biologiques qui sont essentiellement dues à des valeurs particulièrement faibles obtenues sur les secteurs GMES-2 et surtout GMES-3 en 2012. Ces deux secteurs obtiennent en 2012 presque toujours les moins bons scores pour la richesse, la densité, la biomasse et l'indice de Shannon. Ils présentent des faciès appauvris de la faune benthique.

Sur les autres secteurs GMES-4, les stations S01 à S15 et Matamata, les résultats des composantes biologiques sont plus homogènes même si certaines stations présentent des valeurs plus élevées mais isolées (S2 et S5 pour la richesse spécifique, S01 pour la densité et S02 pour la biomasse).

Globalement on observe peu de relation entre les composantes biologiques du peuplement benthique et les caractéristiques sédimentaires qui, sauf exception, sont relativement homogènes sur la zone du PGM. Une légère tendance se dessine toutefois entre la densité des populations et le taux de fraction fine ainsi que les teneurs en carbone organique dans les sédiments : la densité diminue lorsque le taux de fraction fine ou de carbone organique augmente. Cette tendance s'explique probablement par un gradient sud-nord de ces deux paramètres sédimentaires : l'extrémité sud du PGM présente une granulométrie moins fine et des teneurs en COT plus faibles que les autres secteurs et la matière organique augmente des secteurs sud aux secteurs nord. Par ailleurs, même si on n'observe pas de corrélation directe, la densité et la biomasse générées par le peuplement benthique est maximale sur la station S01 qui présente des teneurs en azote largement supérieures aux autres stations : ces teneurs en azote témoignent probablement d'apports trophiques importants qui favorisent le maintien d'une population dense et à forte biomasse.

Les résultats obtenus en 2012 aux emplacements GMES-2 et GMES-3 étaient « singulièrement » bas et ne constituent sans doute pas un référentiel (état initial) très représentatif. On ne connaît pas ou très peu les variations interannuelles des caractéristiques biologiques des peuplements benthiques sur ces fonds bathyaux guyanais, mais les données historiques suggèrent que des variations importantes sont possibles malgré la profondeur et l'apparente tranquillité des fonds. Sur le secteur du plateau de Démérara en 2006 par exemple, on relève des biomasses exceptionnellement élevées qui contrastent avec les biomasses mesurées sur l'ensemble des secteurs en 2012 et 2013. Les biomasses à Démérara en 2006 atteignent en effet 106 g/m<sup>2</sup> ce qui est considérable par rapport aux années plus récentes (campagnes 2012-2013). Elles sont dues à une forte abondance d'ophiures (espèce indéterminée) de grande taille. Ce résultat témoigne bien de la possibilité de fortes variations temporelles des composantes biologiques sur ces fonds.



Source : Créocéan, 2013

Figure 66. Structure du peuplement sur la zone du permis de Shell

### Observations directes par vidéo sous-marine ou par photo

Les carottiers sont efficaces pour échantillonner la petite faune benthique abondante à l'intérieur des sédiments profonds (espèce endogées). Du fait de leur surface de prélèvement restreinte (0,1 à 0,3 m<sup>2</sup> selon la plupart des modèles de carottier), ils sont moins performants sur les plus grosses espèces qui ont souvent une distribution plus dispersée. C'est pourquoi les prélèvements au carottier sont complétés avec des observations directes des fonds qui permettent d'estimer l'abondance des plus grandes espèces vivant à la surface des fonds (espèces épigées). Par ailleurs, les espèces mobiles comme les poissons ou certains crustacés peuvent être également évaluées.

En 2013, sur les stations du talus continental, et en 2012, sur les fonds abyssaux, des images du fonds ont été enregistrées pour obtenir une estimation grossière de l'abondance de ces espèces épigées et/ou mobiles.

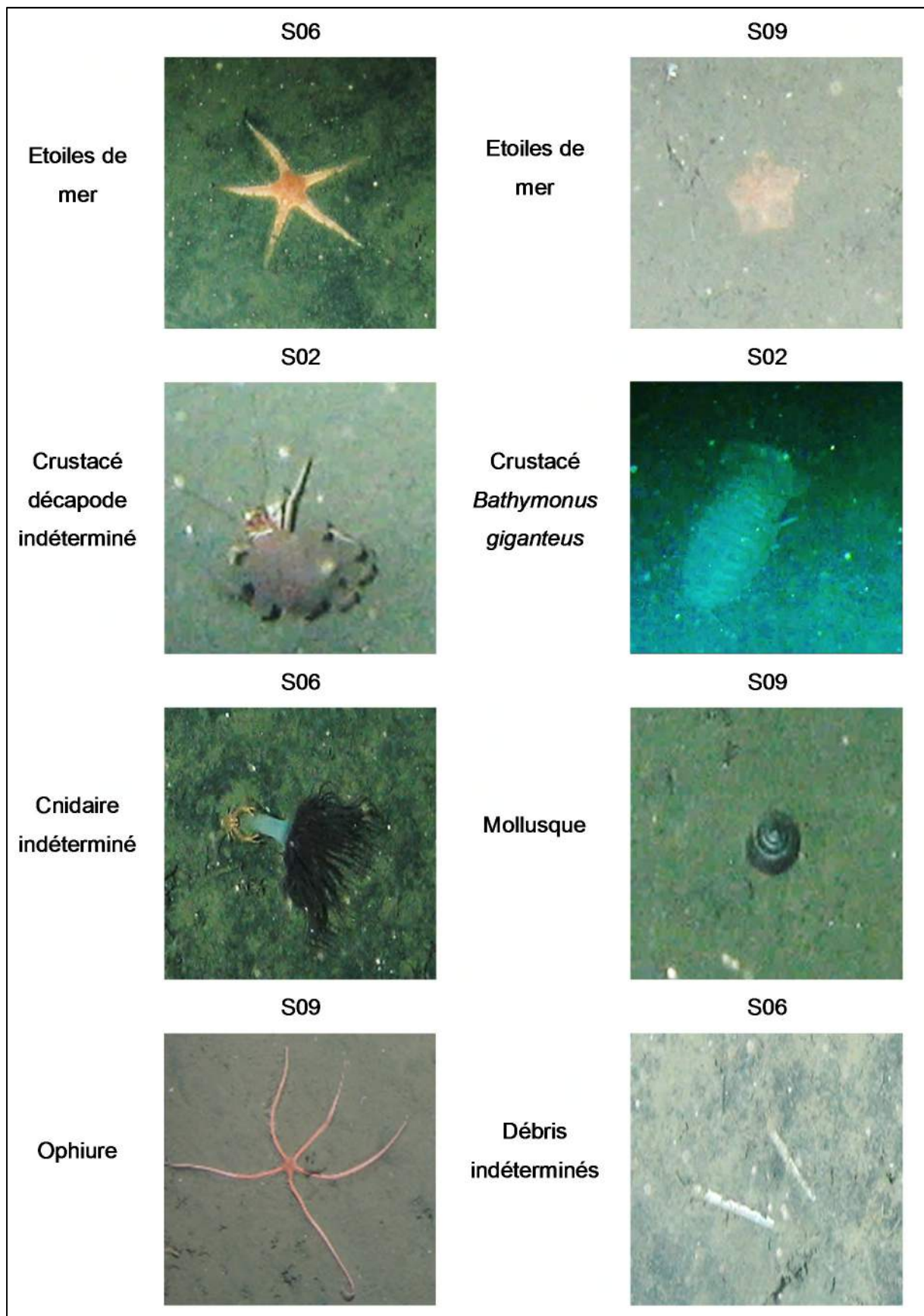
A la **base du talus continental**, les cnidaires de l'ordre des *Pennatulacea* (pennatules et/ou vérétilles) et des *Actinaria* (anémones de mer) sont présents. A noter la présence d'un isopode (crustacé) géant *Bathymonus giganteus*. Parmi les échinodermes, les ophiures et les étoiles de mer semblent appartenir à des espèces différentes de celles observées sur le glacis continental. Un mollusque hélicospiralé est observé à la surface du sédiment. Parmi les crustacés, les crevettes sont présentes : on retrouve le crustacé décapode observé sur le glacis ainsi qu'une autre espèce de décapode ressemblant à la cigale de mer. La présence de vers est fortement probable aux vues des petits monticules de sédiment et des petits trous dans le sédiment. Des débris qui ressemblent à des débris végétaux ou à des coquilles allongées de mollusque bivalve comme le couteau ont été observés à la surface du talus continental.

Sur les stations de la **plaine abyssale**, on observe un peuplement épibenthique (vivant à la surface des sédiments) relativement homogène dans l'espace. Les espèces dominantes sont des cnidaires, principalement représentées par l'ordre des pennatules et/ou vérétilles, des alcyons et des anémones de mer. Des échinodermes (ophiures et étoiles de mer) et des crustacés (crevettes) sont relativement fréquents. La présence de tubes, de petits monticules de sédiment en tortillon et de nombreux débris coquilliers témoignent de la présence de vers enfouis dans le sédiment ainsi que de nombreux mollusques.

L'apparente homogénéité du peuplement concorde avec la monotonie du paysage qui ne diffère pas de manière notable selon les stations sauf localement par sa couleur ou l'aspect de la couche superficielle sans qu'il soit possible d'identifier la nature de ces changements ponctuels. Globalement les sédiments présentent un aspect plat et homogène avec quelques terriers de différentes tailles générés par la faune enfouies.

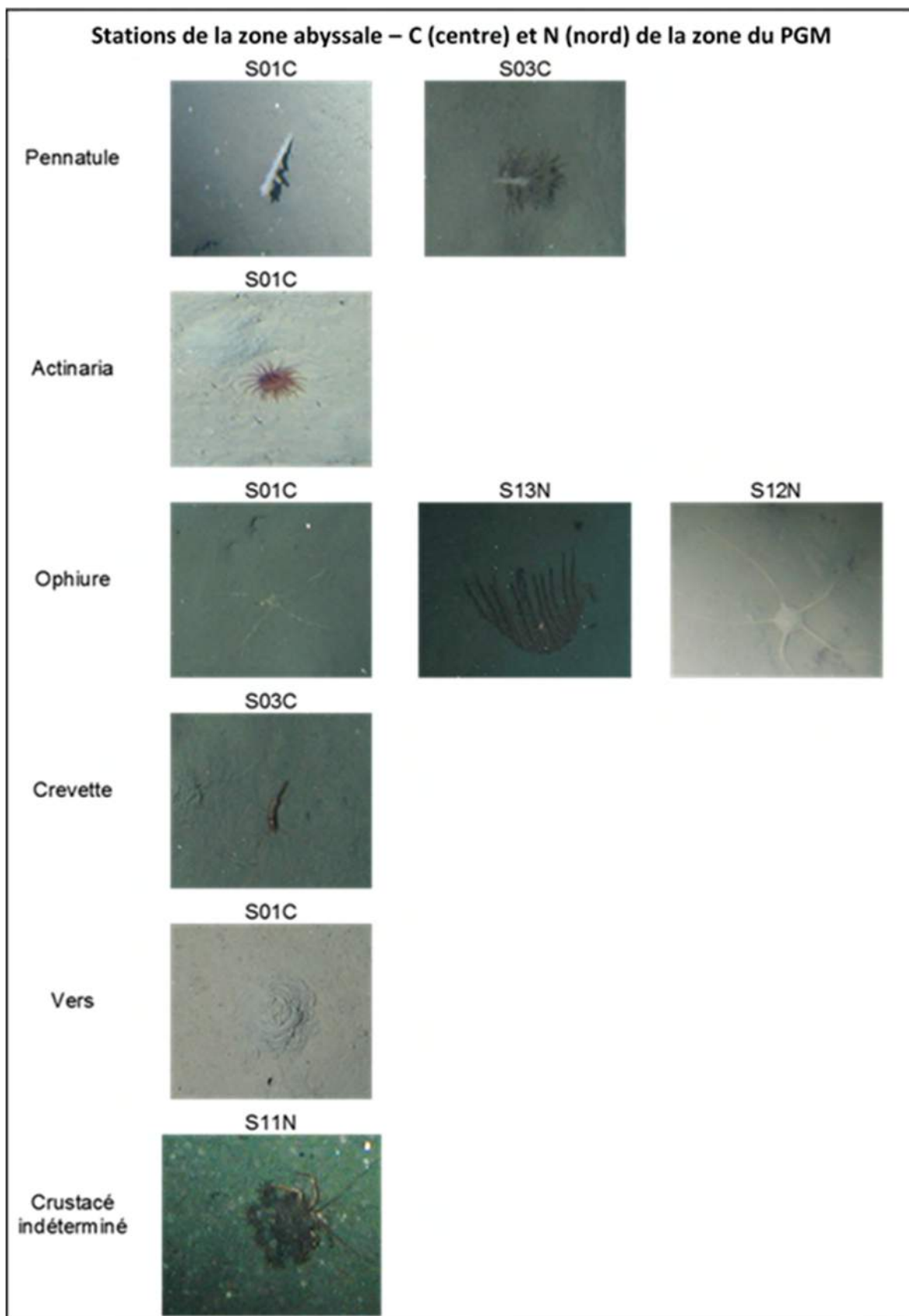
Les planches photos suivantes illustrent quelques éléments de cette faune.





Photos 11. Exemple d'organismes observés sur le talus continental





*Photos 12. Exemple d'organismes observés sur les fonds abyssaux*

### 2.3.3.2.3. Méiofaune

#### ► Généralités

La méiofaune constitue la petite faune benthique de tailles comprises entre 0,1 et 1 mm. Parmi ces organismes, les foraminifères sont généralement les plus étudiés parce qu'ils possèdent des coquilles identifiables et qu'ils sont des bioindicateurs pertinents des conditions du milieu.

Les foraminifères benthiques sont des micro-organismes eucaryotes unicellulaires dont la cellule est entourée par une coquille (le test). Ils sont concentrés au niveau de l'interface eau-sédiment, généralement dans les 10 premiers centimètres. Ils évoluent non seulement au contact du sédiment mais aussi en contact étroit avec les eaux de fond. En réponse à des variations des paramètres environnementaux, les assemblages de foraminifères vont montrer des changements de composition spécifique, de densité et de biodiversité (*i.e.* composition spécifique) et de distribution verticale dans les sédiments (*i.e.* microhabitats). De ce fait, les foraminifères benthiques sont des bons indicateurs biologiques des perturbations du milieu.

En comparaison avec la macrofaune benthique (dont la taille est supérieure à 1mm), les foraminifères constituent la méiofaune benthique (petits organismes) qui présente également plusieurs avantages :

- les foraminifères sont présents en quantité importante à l'interface eau-sédiment et dans le sédiment (plus de 6 000 espèces actuelles dans le monde, Jones 2014) ce qui permet la collecte d'échantillons de taille réduite en comparaison au volume de sédiment nécessaire pour l'étude de la macrofaune,
- ils réagissent très rapidement à des changements environnementaux grâce à leur cycle de vie court (quelques jours à quelques mois),
- ils possèdent une coquille calcaire ou agglutinée avec un fort potentiel de fossilisation et qui sera donc préservée dans le sédiment après la mort de l'organisme. La faune morte peut renseigner sur les conditions initiales avant la modification du milieu (pollution, altérations des conditions physico-chimiques du milieu, etc.).

Dans les environnements marins profonds, les dynamiques spatiales et temporelles des foraminifères benthiques sont contraintes par de nombreux facteurs abiotiques : phytodétritus organiques, conditions d'oxygénation, processus hydro-sédimentaires prévalant à l'interface eau sédiment (*e.g.* Gooday, 2003 ; Murray, 2006). Le flux de matière organique atteignant le fond océanique constitue la principale source de nourriture pour le benthos hétérotrophe (organismes qui prélèvent dans le milieu extérieur les substances organiques dont elles ont besoin). Le flux de matière organique est considéré comme la contrainte écologique la plus importante pour la faune de foraminifères benthiques. Ainsi les communautés foraminifères varieront en fonction de la quantité des apports de matière organique (Gooday, 2003 ; Murray, 2006). Le flux organique agit indirectement comme un facteur écologique limitant lorsqu'il induit des hypoxies (faibles concentrations en oxygène) temporaires ou permanentes (Gooday, 2003). Certaines espèces présentent en effet des adaptations physiologiques leur permettant de vivre dans des environnements dysoxiques (faibles concentrations en oxygène) (Risgaard-Petersen *et al.*, 2006). D'autre part, dans les milieux instables d'un point de vue sédimentaire (*e.g.*, Canyons sous-marins, talus continental), où des apports de détritiques organiques et de particules inorganiques peuvent être importants, la faune de foraminifères benthiques est caractérisée par des stades plus ou moins avancés de recolonisation (suite aux perturbations physiques) (*e.g.* Hess *et al.*, 2005 ; Koho *et al.*, 2007, 2008 ; Fontanier *et al.*, 2008 ; Hess et Jorissen, 2009 ; Duros *et al.*, 2011).

#### ► Données existantes

Les informations décrites ci-après sont exclusivement issues des campagnes réalisées en 2013 par Créocéan dans le cadre programme d'exploration pétrolière Guyane mené par Shell (Créocéan, 2015c). Ce sont les seules données existantes portant sur la méiofaune.

Le secteur concerné est GMES-4 situé dans la partie est de la zone du PGM.

Le tableau suivant présente les caractéristiques écologiques moyennes des foraminifères sur la totalité des deux premiers centimètres de sédiment à proximité du site GMES-4.

**Tableau 36. Densités et indices de diversité des foraminifères des deux premiers centimètres de sédiment en avril 2013**

	Diversité spécifique	Densité / 100 cm <sup>2</sup>	Shannon H' (ln)	Equitabilité E
<b>Moyenne</b>	50,1	517	2,9	0,4
<b>Ecart-Type</b>	7,7	143	0,3	0,1

Source : Créocéan, 2015b

NB : il est important de noter que les conditions environnementales naturelles prévalant au large de la Guyane influent fortement sur les caractéristiques écologiques des foraminifères. En Guyane, on distingue deux saisons des pluies : la « grande saison des pluies » (mars à juillet) et la « petite saison des pluies » (novembre à janvier) qui suit la saison sèche (juillet à octobre). La grande saison des pluies (printemps et été) est une période durant laquelle la production phytoplanctonique est stimulée par d'importants apports en nutriments et matière organique venant des fleuves alors que la petite saison des pluies est une période extrêmement oligotrophe (pauvre en matière organique). Dans les environnements marins profonds, le flux de matière organique atteignant le fond océanique constitue la principale source de nourriture pour les espèces benthiques hétérotrophes<sup>20</sup>. Ainsi, la densité, la diversité, la composition spécifique et la distribution verticale des foraminifères benthiques vont être fortement influencés par ces apports de matière organique (De Rijk et al., 2000 ; Gooday, 2003 ; Murray, 2006).

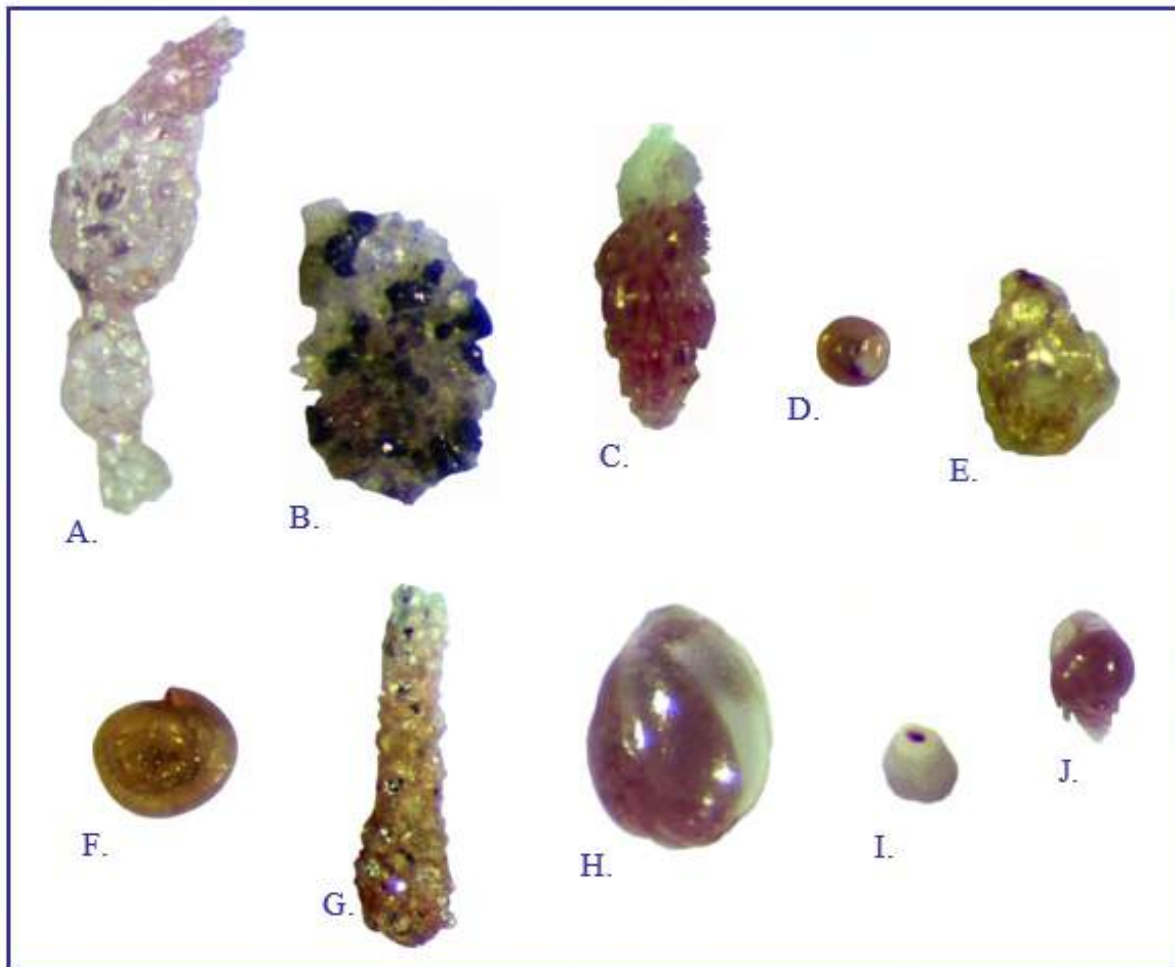
Les densités normalisées des 22 stations étudiées varient entre 285 individus/100 cm<sup>2</sup> et 856 ind./100 cm<sup>2</sup>. Les densités moyennées totales obtenues sur l'ensemble du site d'étude en avril 2013 est de 517 ind./100 cm<sup>2</sup> ( $\pm$  143). Il y a peu de variation spatiale de la densité aussi bien à l'échelle métrique qu'à l'échelle kilométrique. Les valeurs de densités observées sont comparables à celles observées dans les stations de milieu de pente présentant une bonne pénétration de l'oxygène associée à des apports modérés de débris organiques (conditions mésotrophiques) (Szareck et al., 2009 ; Duros et al., 2011).

En avril 2013, la richesse spécifique oscille entre 38 et 73 espèces. A cette même période, l'indice de diversité de Shannon (H') varie de 2,18 à 3,44 et l'indice d'équitabilité (E) oscille entre 0,19 et 0,52, ce qui constituent des valeurs faibles à moyennes. Les plus faibles indices de Shannon et d'équitabilité sont observés aux carottes 4SE025, 4SE100 et 4NE060 (H' < 2,51 et E < 0,36). Ces valeurs indiquent un déséquilibre des diversités par rapport aux autres sites. Ces carottes sont dominées par les espèces *Ammoniscalaria tenuimargo* (4SE025 et 4NE060) ou *Uvigerina peregrina* (4SE100), deux espèces au comportement opportuniste, se reproduisant rapidement en réponse à des apports de matière organique. A l'inverse, dans les carottes 4SE005 et 4 SW005, la diversité est la plus variée (H > 3,25) et les assemblages sont plus équilibrés (E  $\approx$  0,50).

Trois espèces majeures (>5% à au moins une carotte) sont communes à l'ensemble des 22 stations. Il s'agit d'*Ammoniscalaria tenuimargo*, *Uvigerina peregrina* et *Lagenammia arenulata*.

En avril 2013, l'espèce *Ammoniscalaria tenuimargo* représente entre 7% et 46% de la faune vivante aux 22 stations échantillonnées. *Ammoniscalaria tenuimargo* est une espèce à coquille agglutinée qui utilise des particules terrigènes (quartz, micas, minéraux lourds) et/ou biogènes (fragments de coquille, coccolites, spicules) pour construire son propre test (coquille). Elle possède un régime trophique suspensivore. Sa contribution relativement importante suggère des apports suspensifs notables de phytodétritus organiques aux sites 4NE060 et 4SE025.

20 Qualifie un être vivant qui ne peut fabriquer lui-même tous ses constituants et doit, de ce fait, utiliser des matières organiques exogènes. (Source : Ifremer)



**Photos 13. Photographies des espèces majeures de foraminifères (>5%) identifiées aux 22 sites**

A – *Reophax scorpiurus* ; B – *Ammoscalaria tenuimargo* ; C – *Uvigerina peregrina* ; D – *Usbekistania charoides* ; E – *Lagenammina arenulata* ; F – *Glomospira gordialis* ; G – *Hyperammina elongata* ; H – *Globobulimina auriculata* ; I – *Saccammina alba* ; J – *Bulimina marginata*. Les clichés sont effectués à l'aide d'une caméra IC80HD intégré sur un stéréomicroscope Leica M80.

*Uvigerina peregrina* est une espèce à coquille calcitique, dite « perforée ». Elle est cosmopolite et caractéristique des environnements de pente. Dans de nombreuses études, *Uvigerina peregrina* est décrite comme un taxon détritivore au comportement potentiellement opportuniste. En effet, elle est capable de se reproduire rapidement en réponse à des apports épisodiques de débris organiques biodisponibles à l'interface eau-sédiment (Fontanier *et al.*, 2003 ; Barras *et al.*, 2010). En avril 2013, les abondances absolues et relatives élevées de cette espèce sont en accord avec une réponse probable à des dépôts préférentiels de phytodétritus organiques.

La distribution verticale d'une espèce de foraminifères benthiques par rapport à l'interface eau-sédiment permet de définir son microhabitat.

La plupart des organismes vivent dans la partie oxygénée du sédiment, mais certaines espèces sont capables de vivre dans des conditions totalement anoxiques<sup>21</sup>, grâce à une réserve interne de nitrates qui peut subvenir à leurs besoins énergétiques en conditions anoxiques (Risgaard-Petersen *et al.*, 2006 ; Piña-Ochoa *et al.*, 2010). Les microhabitats des espèces, tout comme la composition et la densité des communautés de foraminifères benthiques des environnements profonds, vont donc être majoritairement influencés par les apports de matières organiques, la minéralisation de ces composés dans le sédiment et les concentrations en oxygène sous l'interface eau-sédiment (De Rijk *et al.*, 2000 ; Licari *et al.*, 2003).

21 Anoxique : qui fait référence à l'absence d'oxygène

Ainsi, la pénétration des faunes de foraminifères benthiques dans les premiers centimètres du sédiment est maximale dans des situations trophiques dites « mésotrophiques<sup>22</sup> », lorsque la bonne pénétration de l'oxygène est associée avec des apports relativement importants de phytodétritus organiques. Elle est minimale dans des conditions dites « eutrophiques » (faible pénétration d'oxygène dans le sédiment) ou « oligotrophiques » (faibles apports de phytodétritus organiques à la surface du sédiment).

La diversité de microhabitats observés en avril 2013 montre des conditions environnementales favorables en termes d'apports détritiques (conditions mésotrophes) et d'oxygénation sous l'interface eau-sédiment (pénétration >1 cm).

#### 2.3.3.2.4. Poissons démersaux et autres ressources halieutiques des grands fonds

##### ► Données bibliographiques anciennes

Les pêches professionnelles profondes à plus de 200 m de profondeur ne sont pas d'actualité en Guyane française, contrairement à l'Europe où la technique du chalutage profond tend à se développer en raison de la surpêche sur le plateau continental.

Les données relatives au domaine profond sont donc rares. Peu d'investigations ont été menées. L'essentiel des éléments disponibles émane de campagnes scientifiques anciennes :

- le Japan Marine Fishery Resource Research Center (JAMARC) entre la fin des années 70 et le début des années 80,
- des prospections par Uyeno et Sasaki en 1983 (Aizawa et al. 1983),
- les campagnes PEGUY de 1980 à 1983 par l'Ifremer qui totalisent plus de 150 traits de chalut dont 50 à plus de 500 m de profondeur, dans le cadre d'une analyse des pêcheries à crevettes.

Plus récemment en 2006, des campagnes de pêches ont été réalisées par Créocéan sur les secteurs de Kawana et Matamata.

##### ► Secteurs de Kawana et Matamata, 2006

Les peuplements démersaux ont été échantillonnés en 2006, au moyen d'un chalut expérimental de petite taille sur les secteurs de Matamata par 1 200 m de fond et de Kawana entre 600 et 1 300 m de fond. 36 000 m<sup>2</sup> ont été échantillonnés sur chaque site par la réalisation d'un trait de chalut de 2 heures (Créocéan, 2006).

Dix espèces de poissons appartenant à neuf familles ont été recensées sur la zone de Kawana pour avec un effectif total de 58 poissons et seulement six espèces sur Matamata pour un effectif total de 14 poissons seulement.

Les échantillons forment une biomasse totale de seulement 797 g, soit 0,0221 g/m<sup>2</sup> sur la zone de Matmata et de 2 710 g pour 0,0755 g/m<sup>2</sup> sur le site de Kawana.

---

22 Mésotrophique : qualifie un milieu moyennement riche en nutriments

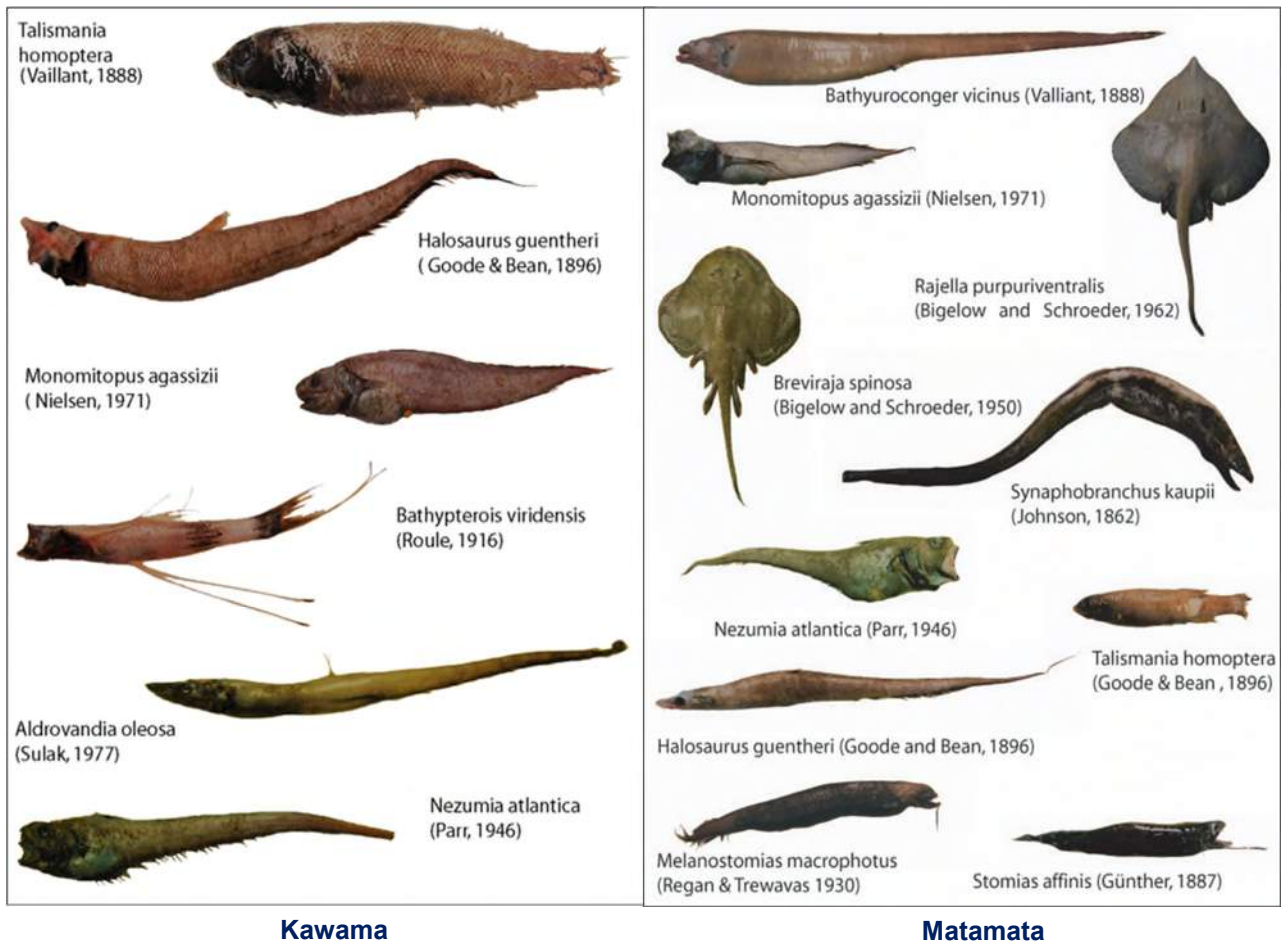


**Tableau 37. Effectifs, biomasses et densités de poissons sur les secteurs de Matamata et Kawana**

	Famille	Espèce	Effectif total (nb. ind.)	Biomasse totale (g frais)
<b>Kawana</b>	Alepocephalidae	<i>Talismania homoptera</i>	2	27,0
	Congridae	<i>Bathyroconger vicinus</i>	3	655,7
	Halosauridae	<i>Halosaurus guentheri</i>	29	878,1
	Macrouridae	<i>Nezumia atlantica</i>	10	318,8
	Melanostomiidae	<i>Melanostomias macrophotus</i>	1	14,1
	Ophidiidae	<i>Monomitopus agassizii</i>	8	338,1
	Rajidae	<i>Rajella purpuriventralis</i>	1	160,7
		<i>Breviraja spinosa</i>	1	182,9
	Stomiidae	<i>Stomias affinis</i>	2	12,9
Synphobranchidae	<i>Synphobranchus kaupii</i>	1	122,1	
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>58</b>	<b>2710,4</b>
<b>Matamata</b>	Alepocephalidae	<i>Talismania homoptera</i>	1	225,0
	Halosauridae	<i>Halosaurus guentheri</i>	7	424,3
		<i>Aldrovandia oleosa</i>	1	6,4
	Ipnopidae	<i>Bathytrois viridensis</i>	1	22,5
	Macrouridae	<i>Nezumia atlantica</i>	1	25,7
Ophidiidae	<i>Monomitopus agassizii</i>	3	93,2	
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>797,1</b>

Le plateau de Démarra (Matamata) semble moins riche en biomasses et en densités que le secteur de Kawana du domaine profond de la zone du projet. Toutefois, ces données sont issues d'études « ponctuelles » (une seule année) et ne permettent pas de prendre en compte la variabilité saisonnière potentielle des peuplements de poissons qu'il pourrait y avoir au niveau du domaine profond.

Les espèces observées dans le domaine profond sont essentiellement classées en « préoccupation mineure » selon la liste rouge mondiale UICN.



**Photos 14. Poissons chalutés sur les secteurs de Kawana et Matamata** Source : Créocéan, 2006

► **Comparaison des données Créocéan (2008) avec les études antérieures (Aizawa et al., 1983) et Ifremer (campagnes PEGUY de 1980 à 1983)**

La comparaison des résultats du chalutage réalisée avec les données antérieures montre que les espèces recensées en 2006 avaient déjà été observées dans les eaux territoriales de la Guyane Française à l'exception de *T. homoptera* et *A. oleosa* sur le site de Matamata et *B. spinosa*, *M. macrophotus*, *T. homoptera* et *S. kaupii* sur le site de Kawana. *T. homoptera* a toutefois également été recensée sur la zone de Matamata et *R. purpuriventralis* a été observée en Guyane par Cervignon et al. (Cervignon et al. 1993). Cette espèce est signalée entre 732 et 2010 m de profondeur (Carpenter 2002). *B. spinosa* et *M. macrophotus* n'avaient pas été observées à moins de 675 m pour la première et 945 m pour la seconde.

Aucune des espèces recensées n'est protégée au niveau national (Arrêtés du 08/12/88 et du 26/11/92) ni ne figure sur la liste rouge de l'IUCN.

Les résultats n'ont pas souligné de valeur patrimoniale particulière de ces fonds.

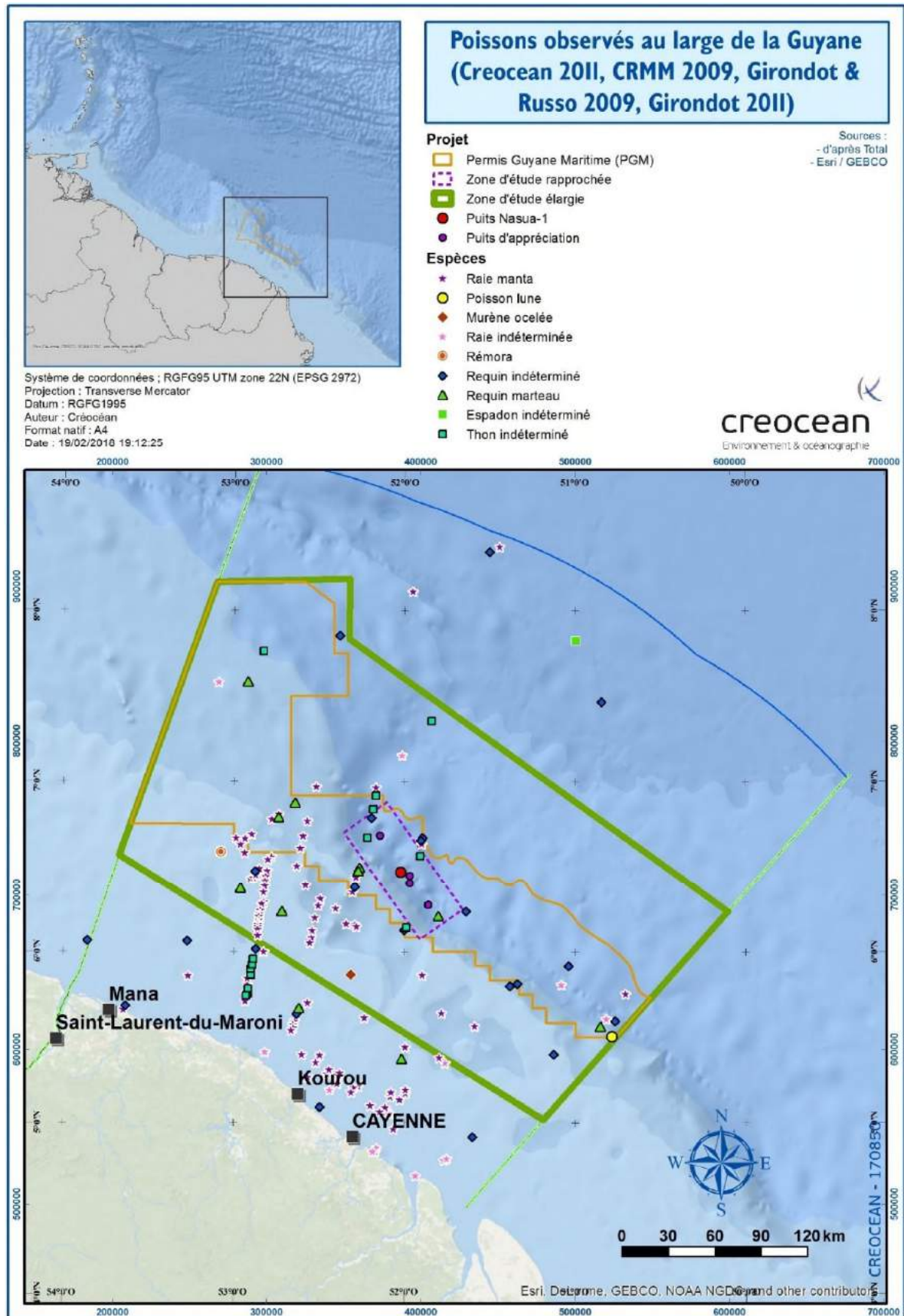


Figure 67. Poissons observés au large de la Guyane

### 2.3.3.3. Synthèse sur les fonds sédimentaire profonds

#### ▶ Sédiments

Sur ces fonds très profonds, au-delà de 200 m et jusqu'à 2500 m, Créocéan a réalisé plusieurs campagnes bio-sédimentaires, en 2006 sur les secteurs de Kawana et Matamata, et de 2012 à 2013 sur la zone du permis prospectée par Shell dans le cadre de forages d'exploration.

#### **Nature des fonds**

Le talus continental et la plaine abyssale sont essentiellement constitués de sédiments meubles envasés avec une dominance de vases pures.

#### **Enrichissement des sédiments**

Ces vases sont relativement riches en éléments organiques (matière organique et carbone organique) et azotés sur les secteurs de Kawana et Matamata. En revanche, les résultats des campagnes 2012 et 2013 indiquent des sédiments moins enrichis.

Globalement, l'enrichissement des sédiments est corrélé positivement avec le taux de la fraction fine.

#### **Contaminations des sédiments**

Globalement les sédiments de la zone du permis de Shell ne sont pas ou peu contaminés en métaux ou en HAP. Les concentrations en métaux sont tous faibles sauf pour l'aluminium, le nickel, le sélénium et le vanadium (concentration moyennes). Le chrome et le baryum obtiennent aussi des teneurs moyennes sur le permis.

Les valeurs de HAP sont toutes inférieures au seuil de détection ou faibles (traces).

#### ▶ Macrofaune benthique

Sur la zone de Kawana, le peuplement benthique présent est riche en espèces (155 au total), avec des densités élevées et des biomasses relativement importantes. Le secteur de Matamata est plus riche encore. Les peuplements ne montrent pas de signe de déséquilibre écologique ou trophique.

La zone du permis est marquée par des variations spatiales relativement élevées des composantes biologiques qui sont essentiellement dues à des valeurs particulièrement faibles obtenues sur les secteurs GMES-2 et surtout GMES-3 en 2012. Ces deux secteurs obtiennent en 2012 presque toujours les moins bons scores pour la richesse, la densité, la biomasse et l'indice de Shannon. Ils présentent des faciès appauvris de la faune benthique.

Globalement on observe peu de relation entre les composantes biologiques du peuplement benthique et les caractéristiques sédimentaires. Toutefois l'extrémité sud du PGM, qui présente une granulométrie plus grossière et des teneurs en COT plus faibles, semble légèrement plus diversifiée en espèces et abrite des populations plus denses.

La macrofaune benthique du domaine profond au sein de la zone du projet a été étudiée dans le cadre de différentes études réalisées par Créocéan en 2006, 2012 et 2013.

Les taxons les plus représentés sur l'ensemble des stations sont :

- les crustacés (cumacés, ostracodes, isopodes et amphipodes). Ils sont dominants sur tous les secteurs sauf au nord du permis,
- les annélides (polychètes, oligochètes). Elles sont dominantes au nord,
- les mollusques (bivalves). Ce taxon est présent sur l'ensemble des secteurs avec des valeurs de richesse spécifique élevées. Ce taxon est dominé par les bivalves, espèces filtreurs.

Pour compléter les inventaires, des images du fonds ont été enregistrées afin d'obtenir une estimation grossière de l'abondance des espèces épigées (vivants à la surface de sédiments) et/ou mobiles. Les espèces dominantes sont des cnidaires, principalement représentées par l'ordre des pennatules et/ou vérétilles, des alcyons et des anémones de mer. Des échinodermes (ophiures et étoiles de mer) et des crustacés (crevettes) sont relativement fréquents. La présence de tubes, de petits monticules de sédiment en tortillon et de nombreux débris coquilliers témoignent de la présence de vers enfouies dans le sédiment ainsi que de nombreux mollusques. Le peuplement épibenthique semble relativement homogène dans l'espace

► **Méiofaune**

La méiofaune constitue la petite faune benthique de tailles comprises entre 0,1 et 1 mm. Parmi ces organismes, les foraminifères sont généralement les plus étudiés parce qu'ils possèdent des coquilles identifiables et qu'ils sont des bioindicateurs pertinents des conditions du milieu.

Parmi les espèces recensées en 2013, trois dominent le peuplement en termes d'abondance et de fréquence : elles sont communes à l'ensemble des stations échantillonnées en 2013. Il s'agit d'*Ammoniscalaria tenuimargo*, *Uvigerina peregrina* et *Lagenammia arenulata*.

La densité moyenne des populations est de 516 ind./100 cm<sup>2</sup> (±143). Les densités varient peu dans la zone d'étude. Les valeurs de richesse spécifique sont plus variables : entre 38 et 73 espèces par station. Elles sont plus faibles lorsque les espèces *Ammoniscalaria tenuimargo* ou *Uvigerina peregrina* dominent. Ce sont des espèces opportunistes, présentes sur quelques stations, et se reproduisant rapidement en réponse à des apports de matière organique.

La distribution verticale des foraminifères dans les sédiments et la diversité des microhabitats observées en 2013 montrent des conditions environnementales globalement favorables en termes d'apports détritiques (conditions mésotrophes) et d'oxygénation sous l'interface eau-sédiment (pénétration >1 cm).

► **Poissons démersaux**

Les peuplements démersaux ont été échantillonnés en 2006, au moyen d'un chalut expérimental de petite taille sur les secteurs de Matamata par 1 200 m de fond et de Kawana entre 600 et 1 300 m de fond. Les captures indiquent un peuplement très appauvri avec des diversités, des effectifs et des biomasses très faibles : 10 espèces de poissons seulement sur Kawana pour avec un effectif total de 58 poissons et seulement 6 espèces sur Matamata pour un effectif total de 14 poissons seulement.

Aucune des espèces recensées n'est protégée au niveau national (Arrêtés du 08/12/88 et du 26/11/92) ni ne figure sur la liste rouge de l'IUCN.

Les résultats n'ont pas souligné de valeur patrimoniale particulière de ces fonds.



## 2.4. La mégafaune

### 2.4.1. Les grands poissons

#### ► Généralités - Espèces présentes en milieu marin et statuts

Un guide illustré sur les poissons de mer de Guyane a été édité par l'Ifremer en 2004 (Léopold, 2004).

Les espèces néritiques et démersales sont bien connues sur le plateau continental, par contre au niveau du talus et des eaux océaniques il n'y a pas de données disponibles, en dehors des études réalisées dans le cadre des prospections pétrolières. Plusieurs espèces de poissons présentes en Guyane sont inscrites sur la liste rouge mondiale de l'IUCN<sup>23</sup> mais aucune ne dispose d'un statut national particulier.

43 espèces de poissons fréquentant les eaux Guyanaises sont inscrites sur la liste rouge de l'IUCN. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Concernant les poissons chondrichthyens, 30 espèces sont citées sur la liste rouge de l'IUCN, dont 10 des 11 espèces des Carcharhinidae présentes en Guyane, 4 des espèces des Sphynidae et 2 espèces des Triakidae de Guyane. Les 2 espèces représentatives de l'ordre des Orectolobiformes et des Squatiniformes sont également citées. Parmi l'ordre des raies, 11 des espèces présentes en Guyane sur 12 sont citées sur la liste rouge de l'IUCN, à savoir 5 Dasyatidae, 1 Urolophidae, 2 Myliobatidae, 1 Mobulidae, 1 Gymnuridae. L'espèce représentante de l'ordre des Torpediniformes est également sur la liste.

13 poissons téléostéens sont aussi cités sur la liste rouge de l'IUCN dont 11 Serranidae, 1 Balistidae et 1 Lutjanidae.

Les espèces observées en Guyane et listées dans l'annexe 2 de la convention CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, janvier 2018) sont les suivantes : les raies manta (et mobula) ; le requin pèlerin ; les requins marteaux.

---

23 UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature, International Union for Conservation of Nature

**Tableau 38. Liste des poissons du plateau continental et du domaine abyssal**

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut IUCN(Liste mondiale)*
<b>Poissons Téléostéens</b>		
Badèche (badèche galopin)	<i>Mycteroperca phenax</i>	Préoccupation mineure
Badèche blanche	<i>Mycteroperca cidi</i>	Données insuffisantes
Badèche créole	<i>Paranthias furcifer</i>	Préoccupation mineure
Baliste royal	<i>Balistes vetula</i>	Quasi menacé
Coné essaim	<i>Cephalopholis cruentata</i>	Préoccupation mineure
Coné ouatalibi	<i>Cephalopholis fulva</i>	Préoccupation mineure
Mérou rouge	<i>Hyporthodus flavolimbatus</i>	Vulnérable
Mérou ailes jaunes	<i>Epinephelus morio</i>	Quasi menacé
Mérou géant	<i>Epinephelus itajara</i>	En danger critique d'extinction
Mérou neige	<i>Hyporthodus niveatus</i>	Vulnérable
Mérou oualioua	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Préoccupation mineure
Mérou rayé	<i>Epinephelus striatus</i>	En danger
Vivaneau sorbe	<i>Lutjanus analis</i>	Quasi menacé
<b>Poissons Chondryctiens</b>		
Ange de mer	<i>Squatina squatina</i>	En danger critique d'extinction
Petit requin marteau	<i>Sphyrna lewini</i>	En danger
Raie américaine	<i>Hypanus americana</i>	Données insuffisantes
Raie bécune	<i>Fontitrygon geijskesi</i>	Quasi menacé
Raie chupare	<i>Himantura schmardae</i>	Données insuffisantes
Raie torpille	<i>Diplobatis pictus</i>	Vulnérable
Raie léopard	<i>Aetobatus narinari</i>	Quasi menacé
Raie long nez	<i>Hypanus guttata</i>	Données insuffisantes
Raie manta	<i>Manta birostris</i>	Vulnérable
Raie papillon	<i>Gymnura micrura</i>	Données insuffisantes
Raie pastenague	<i>Hypanus say</i>	Préoccupation mineure
Raie pastenague long nez	<i>Urotrygon microphthalmum</i>	Préoccupation mineure
Requin aiguille brésilien	<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	Données insuffisantes
Requin aiguille antillais	<i>Rhizoprionodon porosus</i>	Préoccupation mineure
Requin bouledogue	<i>Carcharhinus leucas</i>	Quasi menacé
Requin citron	<i>Negaprion brevirostris</i>	Quasi menacé
Requin demoiselle	<i>Isogomphodon oxyrinchus</i>	En danger critique d'extinction
Requin marteau à petits yeux	<i>Sphyrna tudes</i>	Vulnérable
Requin marteau tiburo	<i>Sphyrna tiburo</i>	Préoccupation mineure
Grand requin marteau	<i>Sphyrna mokarran</i>	En danger
Requin nourrice	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	Données insuffisantes
Requin pèlerin	<i>Cetorhinus maximus</i>	Vulnérable
Requin pointe noire	<i>Carcharhinus limbatus</i>	Quasi menacé
Requin soyeux	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Quasi menacé
Requin tigre	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Quasi menacé
Requin ti-queue	<i>Carcharhinus porosus</i>	Données insuffisantes
Requin tisserand	<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Quasi menacé
Emissole douce	<i>Mustelus canis</i>	Quasi menacé
Emissole ti-yeux	<i>Mustelus higmani</i>	Préoccupation mineure
Mourine américaine	<i>Rhinoptera bonasus</i>	Quasi menacé

\* <http://www.iucnredlist.org/> (2017) : Statut de conservation sur la liste rouge de l'IUCN : VU (vulnérable, menacé), LC (préoccupation mineure), EN (en danger, menacé), DD (manque de données), NT (quasi menacé), CR (en danger critique d'extinction).

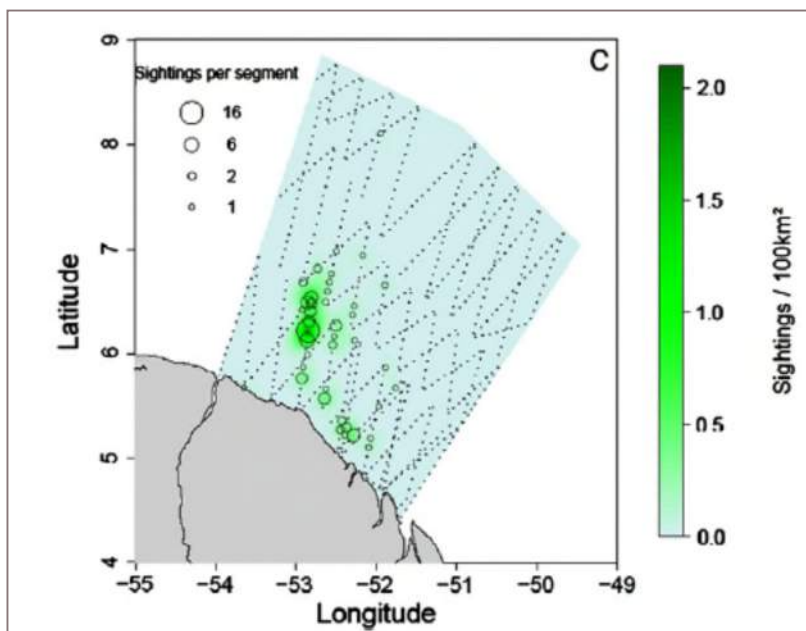
► **Campagne d'observations aériennes REMMOA<sup>24</sup>**

L'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP), nouvellement Agence Française pour la Biodiversité (AFB) a lancé en 2008 un programme d'acquisition de connaissance de la mégafaune marine dans les eaux sous juridiction française. En outre-mer, ce programme est baptisé REMMOA (Recensement de la Mégafaune Marine par Observation Aérienne) (Van Canneyt *et al.*, 2009 ; Mannocci *et al.*, 2013).

En septembre et octobre 2008, des survols aériens ont eu lieu en Guyane pour caractériser la présence d'oiseaux, de mammifères, de tortues et autre grandes faune pélagique. Menée par l'Observatoire PELAGIS (UMS 3462 Université de La Rochelle – CNRS), l'association martiniquaise SEPANMAR et l'association vénézuélienne SeaVida, cette campagne a permis d'apporter de nombreuses informations sur une zone jusqu'alors peu inventoriée scientifiquement.

La méthode suivie a consisté à réaliser des survols de la ZEE de Guyane. Les données ont ensuite été traitées de façon à analyser la distribution des animaux (Van Canneyt *et al.*, 2009) mais également à estimer par des modélisations les densités d'animaux (Mannocci *et al.*, 2013).

Les conditions rencontrées durant la campagne ont été excellentes : 90% de l'effort d'observation a été réalisé avec un état de mer à 2 Beaufort ou moins. Un total de 7 775 km d'effort a été réalisé (63h).



Observation aérienne de raie Manta  
© Antoine Baglan / Pelagis / Agence Française pour la Biodiversité

Densité des observations de raie Manta

**Figure 68. Observations de raie Manta lors des campagnes REMMOA (2008)**

<sup>24</sup> REMMOA : Recensement des Mammifères Marins et autres mégafaune pélagique par Observation Aérienne. Campagne d'inventaire menée en 2008 et 2017 par l'AFB. Le détail des campagnes est précisé dans la pièce I (méthodologie).

Un total de 134 observations d'élasmobranches a été effectué (raies Manta principalement).

**Tableau 39. Total des observations de poissons pélagiques**

Espèces	Nombre d'observations
Grand poisson non identifié	38
Thon/bonite indéterminé	14
Raie indéterminé	12
Raie manta ( <i>Manta birostris</i> )	111
Requin indéterminé	19
Requin marteau ( <i>Sphyrna spp.</i> )	7
<b>TOTAL</b>	<b>201</b>

Les raies Manta ont fait l'objet de nombreuses observations. Elles semblent ainsi particulièrement présentes dans le panache de l'Amazonie. Leur forte concentration pourrait être causée par une opportunité alimentaire (Luiz *et al.*, 2009).

► **Campagne de survols aérien, 2010**

Une campagne de survols aériens de 2010 (Girondot, 2011) a mis en évidence la présence de la raie Manta sur le domaine profond. Cette présence est plus exceptionnelle que sur le plateau continental. Cette espèce est classée vulnérable sur les listes de l'IUCN (IUCN Liste Rouge, 2017).

Parmi les espèces néritiques du domaine profond, les survols ont permis d'identifier des espèces de grande taille, dont des requins, un xiphiidé (espadon), des thons et des raies.

## 2.4.2. Les tortues

La Guyane est un territoire clé pour la reproduction des tortues marines. Cinq espèces peuvent y être observées et trois espèces y nidifient régulièrement (AAMP, 2009a).



**Photos 15. Tortue luth**

La plus représentée est la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), pour qui la Guyane constitue un des principaux sites de ponte de l'Atlantique (de mars à août). Deux autres espèces sont communes et nidifient sur le territoire : la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*), dont certains juvéniles se nourrissent sur les algues des zones rocheuses des îles.



**Photos 16. Tortue olivâtre**

La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la tortue caouanne (*Caretta caretta*) peuvent aussi être observées mais très occasionnellement.

Toutes ces espèces sont intégralement protégées par l'Arrêté du 14 octobre 2005 (JORF du 06/12/2005), fixant la liste des tortues marines protégées dans le département de la Guyane, et sont classées dans la liste rouge de l'UICN.





Photos 17. Tortue verte

Tableau 40. Statut de conservations des espèces de tortues marines présentes en Guyane

Espèce	Statut UICN Mondial	Statut UICN Guyane
Tortue luth	Vulnérable	Vulnérable
Tortue verte	Vulnérable	En danger

Source : IUCN, Janvier 2018

Les 3 espèces de tortues nidifiant en Guyane sont toutes en déclin à l'échelle mondiale. Leur situation en Guyane semble toutefois un peu plus favorable avec des populations ou des sous-populations en augmentation (tableau suivant).

Tableau 41. Tendances démographiques des espèces de tortues marines présentes en Guyane

Espèce	Tendance démographique		
	Atlantique Ouest	Atlantique Ouest	Atlantique Ouest
Tortue luth	Déclin	Augmentation	Sous population Ouest : en déclin depuis les années 90 Sous population Est : augmentation de 2000 à 2003
Tortue verte	Déclin	?	Augmentation depuis les années 2000
Tortue olivâtre	Déclin	?	Augmentation depuis les années 2000

Source : Entraygues, 2014

Tableau 42. Période de ponte des tortues marines en Guyane

Espèce	Périodes de ponte
Tortue luth	Tous les 2-3 ans, de fin février à fin juillet-début août
Tortue verte	Tous les 3 ans, entre les mois de février et juin
Tortue olivâtre	Tous les 2 ans, entre le mois d'avril et juillet

Source : Réseau Tortues Marines Guyane

Les résultats suggèrent une évolution positive des effectifs jusqu'en 2012, mais une communication indique que depuis 2012 la tendance semble s'inverser.

## 2.4.2.1. Suivi télémétrique

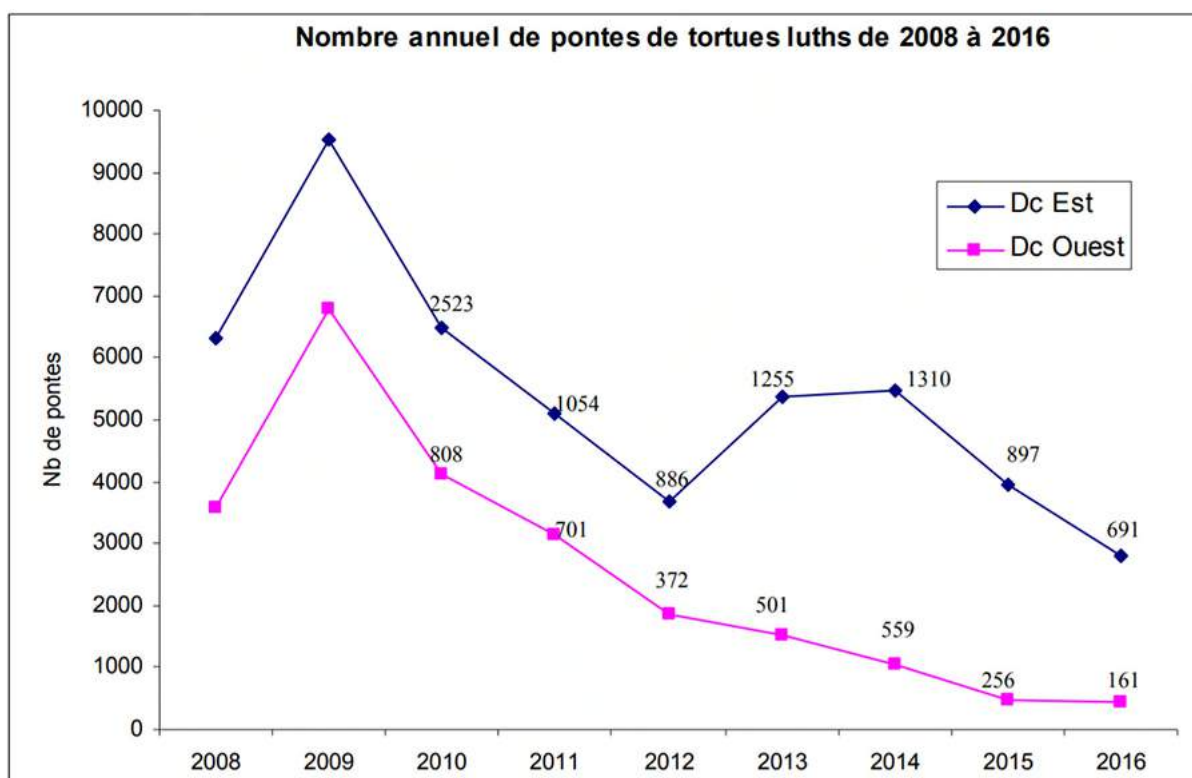
### 2.4.2.1.1. Tortue luth

L'estuaire de la rivière Maroni et la frontière entre le Suriname et la Guyane accueillent l'un des plus grands sites de pontes de tortues luth au monde (Fossette *et al.*, 2008). Deux sites principaux de pontes de tortue luth sont à distinguer : l'est, de Cayenne à Remire-Montjoly et l'ouest avec notamment le site de Awala-Yalimapo. Ces sites connaissent des trajectoires différentes, avec une diminution des pontes à l'ouest et une augmentation à l'est (Figure 69).

La ponte a lieu en général tous les 2-3 ans, de mars à début août. La tortue revient 5 à 7 fois pondre sur la plage au cours de la saison, tous les 10 jours environ.

Le nombre de femelles venant pondre chaque année sur les plages du Suriname est estimé entre 2002 et 2013 à 1 545 et 5 500 (Hilterman et Goverse, 2007) et entre 1 342 et 3 000 pour la Guyane française (Girondot *et al.*, 2007). Depuis 2008, les informations sur le nombre de ponte montrent que la population régresse progressivement jusqu'en 2016.

Le taux de succès des nids est relativement bas, entre 5 et 35% en fonction des plages pour le Suriname et la Guyane. Des facteurs naturels (prédateurs, conditions environnementales défavorables...) et humains (pollution, braconnage...) expliquent ce faible taux (Fossette *et al.*, 2008).



\* Le nombre au-dessus des points correspondent au nombre de tortues marquées

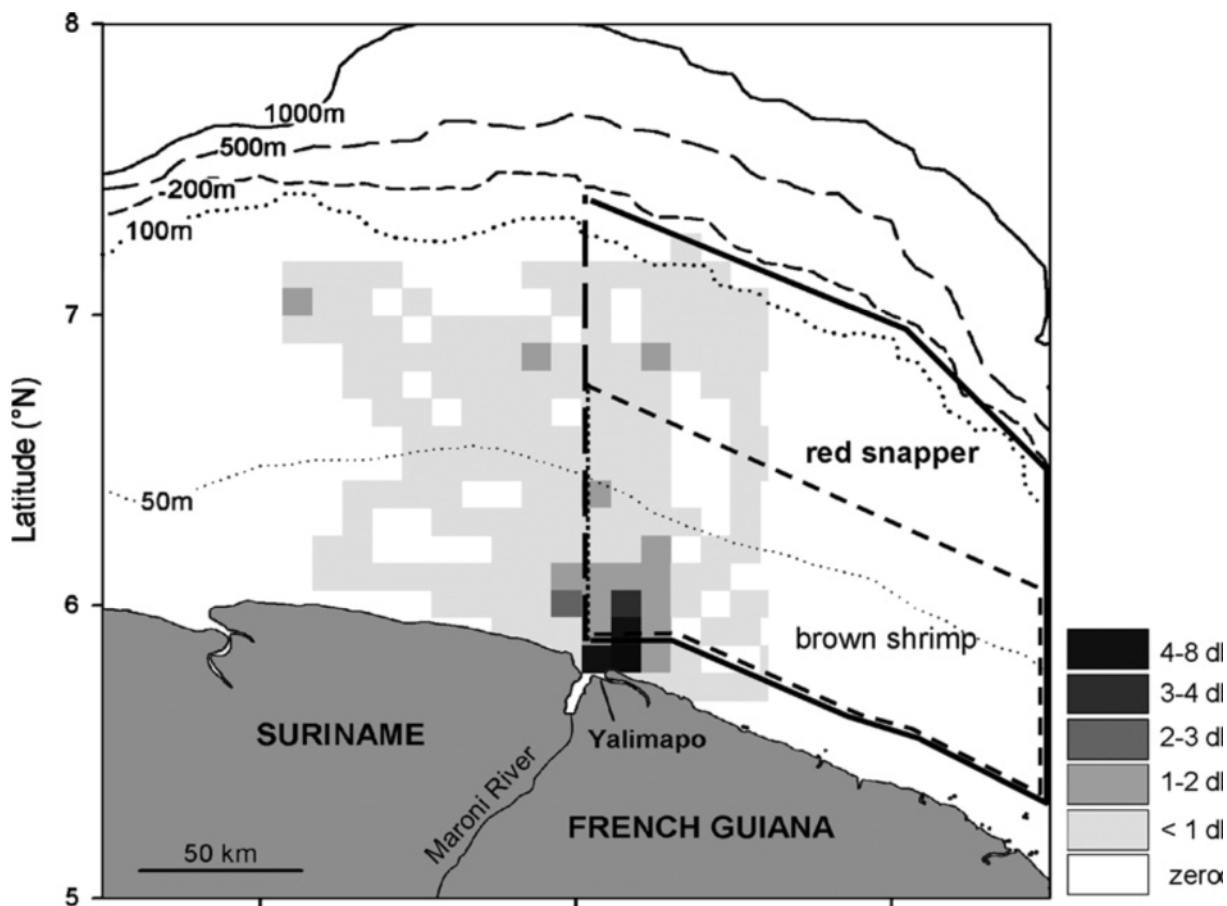
Source : Réseau Tortues Marines Guyane, 2017

**Figure 69. Evolution des indices de pontes de tortue luth dans l'ouest et l'est guyanais depuis 2008**

Le suivi télémétrique de tortue luth femelle a montré que les tortues se dispersent au large de la Guyane française et du Suriname entre deux pontes, mais restent néanmoins sur le talus continental, sur des fonds de moins de 200 m (Figure 70). Leurs voyages en mer durent un peu plus de 10 jours en moyenne, durant lesquels elles s'éloignent d'environ 121 km de leur point de départ ( $\pm 51$  km) (Georges *et al.*, 2007). 90% des plongées sont effectuées par moins de 25 m de fond, avec des apnées de 10 min.

Les zones prospectées par les tortues sont également partiellement des zones de pêche pour des espèces commerciales comme la crevette grise (*Penaeus subtilis*) et le vivaneau (*Lutjanus purpureus*) (Figure 70). Les interactions sont donc possibles (Georges *et al.*, 2007).

Par ailleurs, la saison de ponte pour les tortues luth en Guyane coïncide avec le pic d'influence de l'Amazonie dont les eaux se déversent le long du plateau continental. L'impact sur la productivité est tel que les organismes gélatineux comme les méduses prospèrent et sont présents en grande quantité. Les tortues luths s'alimentent directement de ces animaux, ce qui leur offre des conditions inter-ponte très favorables (Fossette *et al.* 2008).

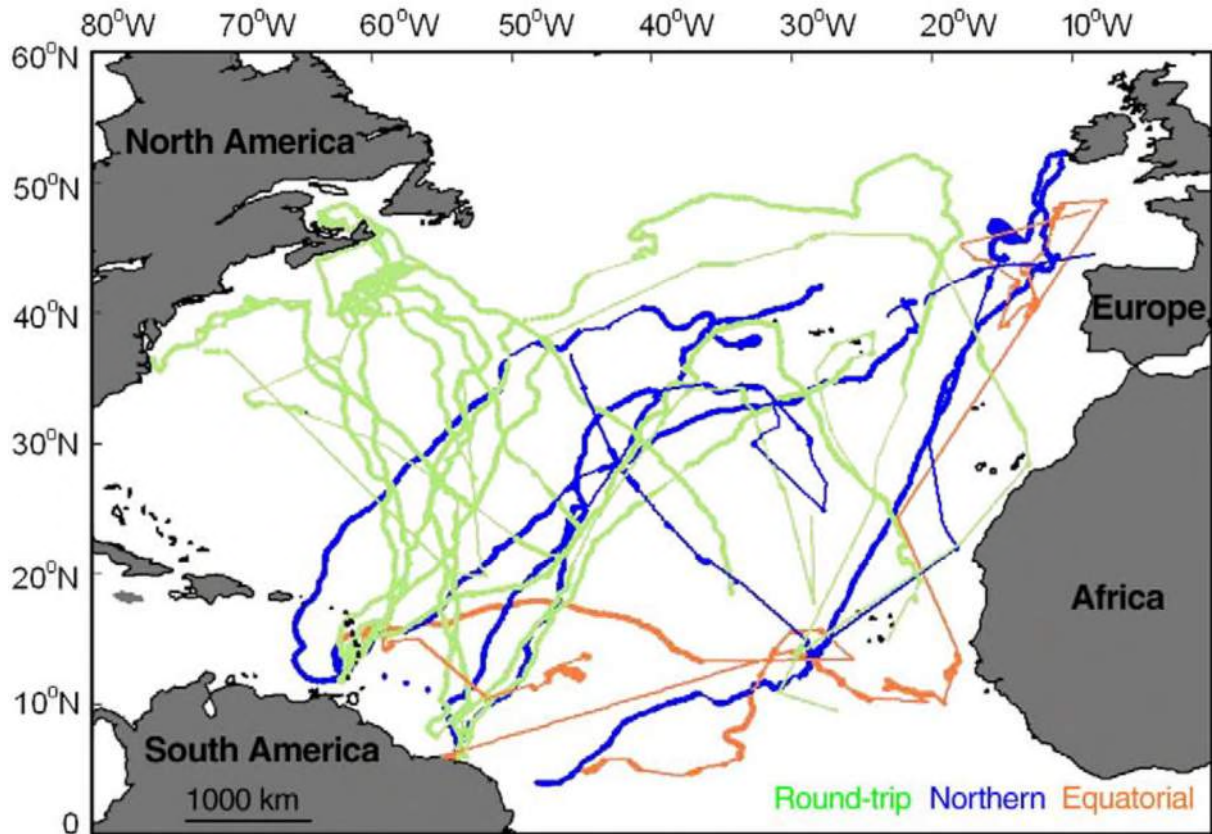


Source : Georges *et al.*, 2007, modifié par Fossette *et al.*, 2008

**Figure 70. Temps passé (en jour) par maille de 0,1°x0,1° de 10 tortues luth suivies par balises Argos durant les périodes inter-pontes**

Hors des périodes de pontes, les tortues entreprennent de larges migrations à travers tout l'Atlantique Nord. Fossette *et al.* (2010) ont analysé les mouvements de tortues luths équipées de balises Argos après la période de ponte (fin juillet pour la Guyane). Il apparaît que les individus suivis n'ont pas tous adopté la même stratégie (Figure 71). Certaines tortues ont suivi une stratégie « aller-retour » (Round-trip), qui consiste à passer l'été et l'automne aux hautes latitudes (35 à 50°N), puis de redescendre passer l'hiver et le printemps à des latitudes plus basses (10-25°N). La seconde stratégie observée est une stratégie « nordique » (Northern) qui consiste à migrer vers le nord-est mais les tortues restent ensuite dans la zone pour l'hiver avant d'aller en mer d'Irlande ou dans le golfe de Gascogne au printemps. La dernière stratégie est dite « équatoriale » et consiste en une migration au nord en été pour atteindre les hautes latitudes en automne. L'hiver et le printemps sont ensuite passés dans l'Atlantique est, entre 40 et 50°N.

Une étude de Chambault *et al.*, (2017) a montré que les tortues luths de l'est de la Guyane parcourent entre 5 000 et 13 000 km lors de leur migration pour aller s'alimenter aux hautes latitudes, dans les zones productives du front du Gulf Stream.



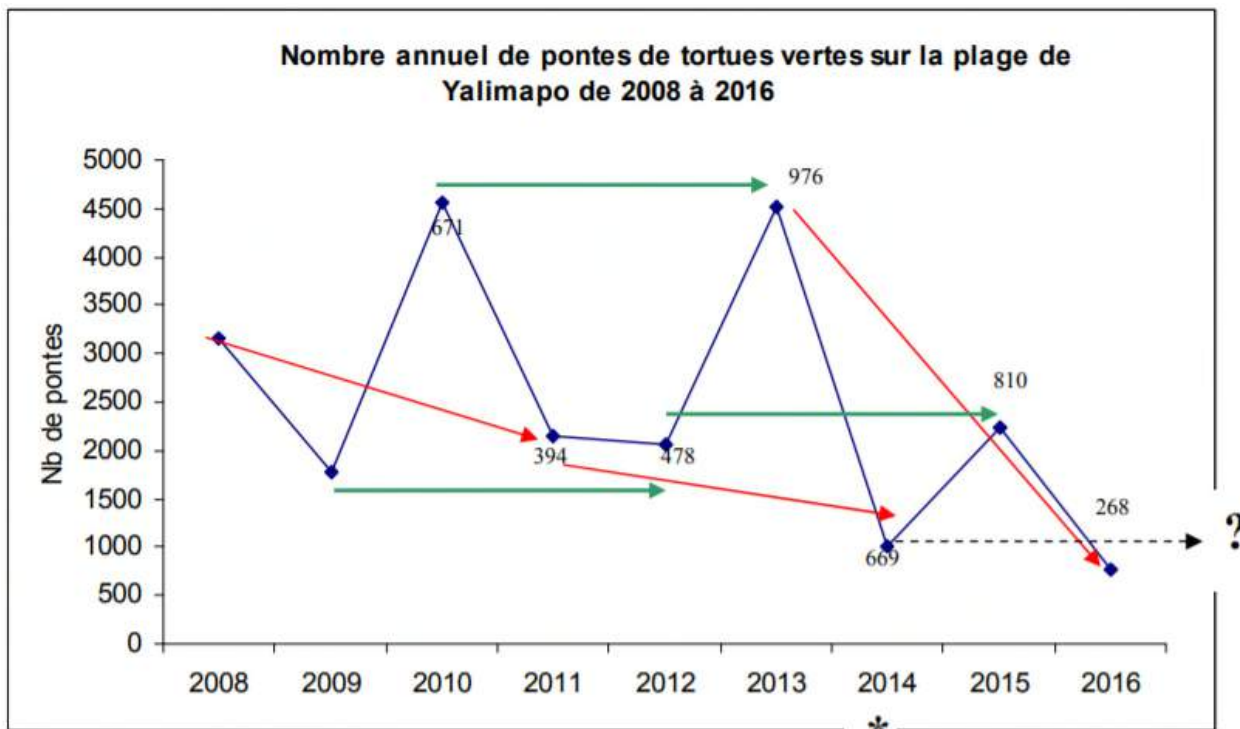
Source : Fossette et al., 2010

Figure 71. Suivis télémétriques de 21 tortues luths lors de leur migration pluriannuelle

#### 2.4.2.1.2. Tortues vertes

Le nombre de pontes de tortues vertes sur les plages guyanaises est en augmentation (Figure 72). La ponte a lieu tous les 3 ans, de février à juin, avec un pic en avril. La femelle revient pondre sur la plage 3 à 5 fois au cours de la saison, tous les 12 jours environ. Elle fréquente particulièrement les plages de l'ouest de la Guyane.

Les tortues vertes viennent pondre tous les 3 ans en Guyane donc leur présence est en dent-de-scie représentée sur la figure suivante par les flèches. Néanmoins, l'effectif des tortues vertes semblent diminuer progressivement.

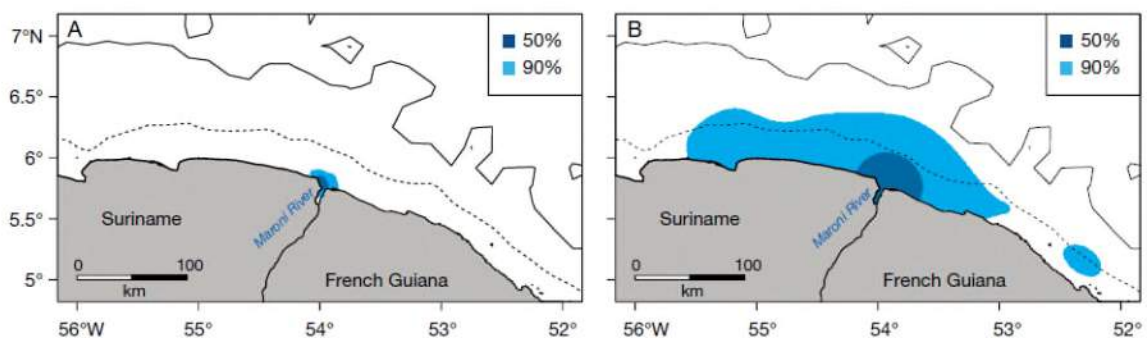


\* Le nombre au-dessus des points correspondent au nombre de tortues marquées

Source : Réseau Tortues Marines Guyane, 2017

Figure 72. Evolution du nombre de pontes de tortues vertes en Guyane

Chambault *et al.*, (2016a), ont étudié les trajets effectués par les tortues vertes pendant la période ponte par télémétrie en 2012 et 2014. Les comportements diffèrent et s'étalent de 28 km parcourus à 2 627 km mais restent très côtiers (entre 0,6 et 26 km des côtes, avec une moyenne de  $3,8 \text{ km} \pm 3,1$ ) et toujours à proximité du site de ponte ( $18,6 \pm 22,7 \text{ km}$ ). Une forte variabilité interannuelle dans l'utilisation de l'habitat est observée : en 2014, la surface utilisée par les tortues vertes était 42 fois plus grande qu'en 2012 (Figure 73).



Source : Chambault *et al.*, 2016

En A, les 15 tortues suivies en 2012, en B les 10 tortues suivies en 2014

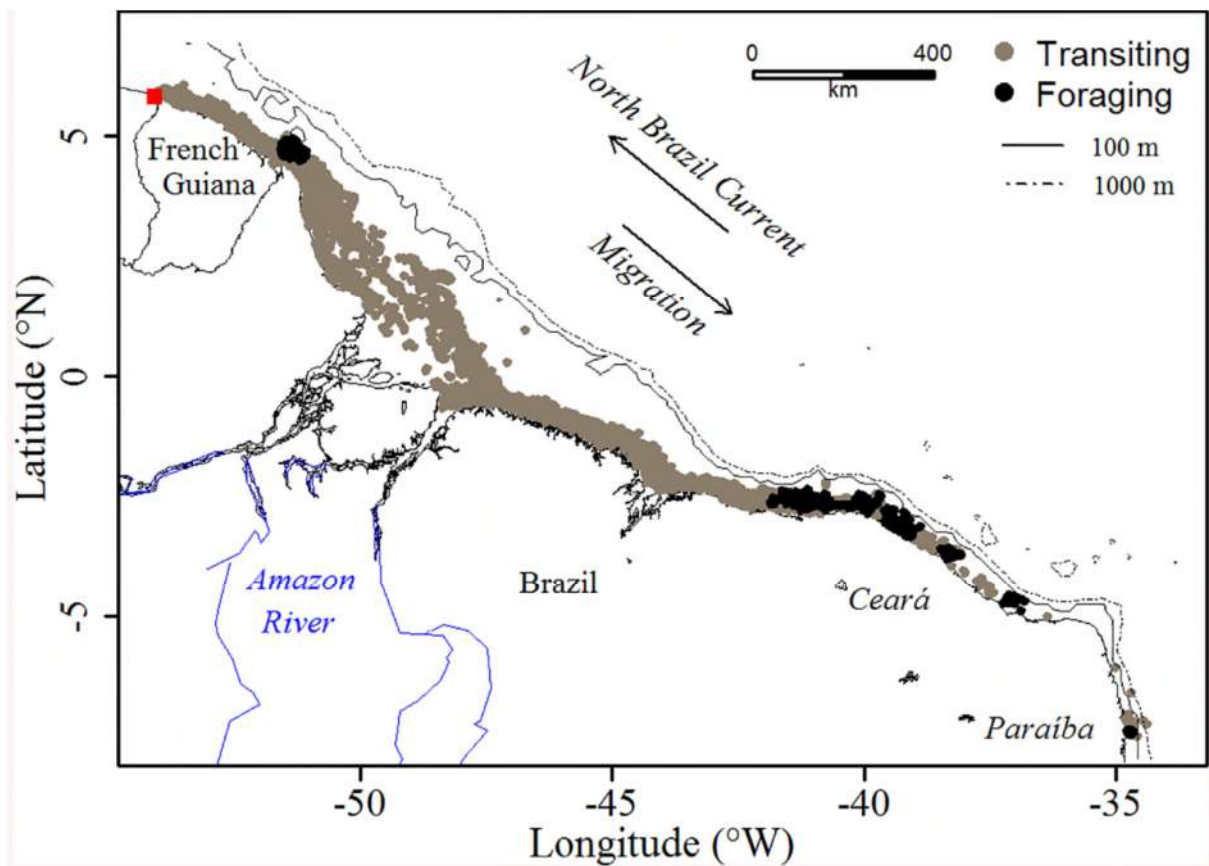
Figure 73. Surface utilisée par les tortues vertes pendant la période de ponte selon une méthode de Kernel.

Les tortues vertes suivies ont réalisé des plongées entre 1 et 150 m mais 80% ont lieu dans les 10 m. La durée s'étend de 30 s à 70 min, mais 35% des plongées durent moins de 5 min.

Les tortues vertes adaptent leur comportement aux conditions particulières rencontrées dans l'estuaire du Maroni : que cela soit en termes de température, de salinité ou de distances parcourues, elles font preuve d'une grande plasticité.



En dehors de la période de ponte, 19 tortues ont été suivies par télémétrie pour comprendre leur migration entre février et juin (Chambault *et al.*, 2015). Le suivi a été réalisé en 2012 puis en 2014. Les tortues ont été équipées en Guyane et au Suriname, et ont toutes effectué une migration vers le sud-est de  $3\,450 \pm 701$  km en moyenne pour un voyage de  $118 \pm 37$  jours. Toutes les tortues ont utilisé d'étroits corridors ( $22,5 \pm 24,4$  km) proches de la côte et sur moins de 100 m de fond pour rejoindre les côtes brésiliennes où elles s'alimentent. Hormis un point à la frontière guyanaise, les tortues vertes ne semblent pas s'alimenter durant leur migration. La migration s'effectue à contre-courant et les tortues doivent par ailleurs traverser le panache de l'Amazonie (Figure 74).



Source : Chambault *et al.*, 2015

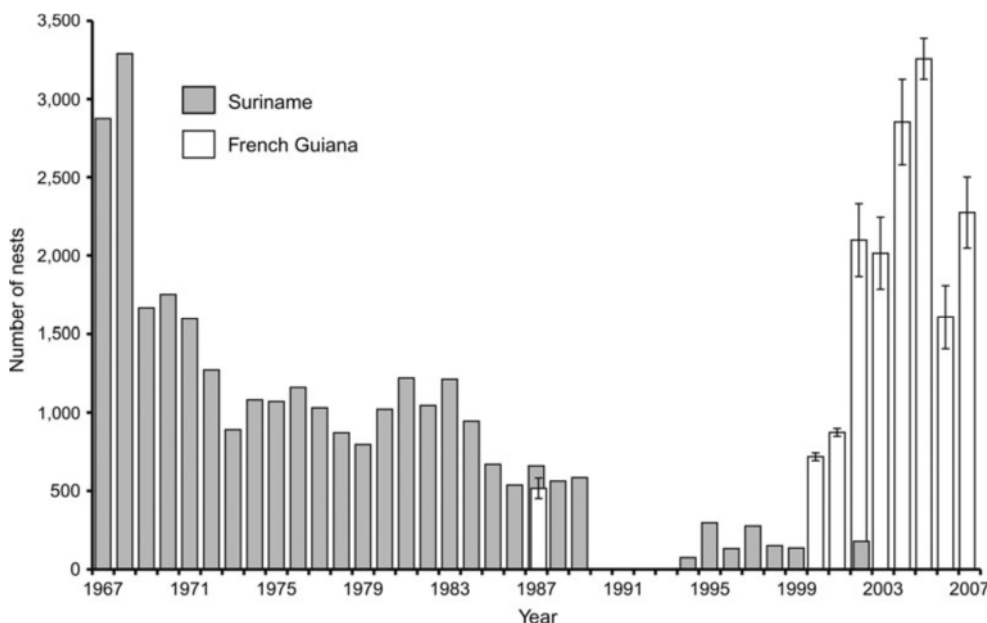
En gris, les positions lors de leurs déplacements et en noir leurs zones d'alimentation. Le carré rouge indique le point de départ de la migration

**Figure 74. Localisation des déplacements des 19 tortues vertes pendant leur migration en 2012 et 2014**

#### 2.4.2.1.3. Tortues olivâtres

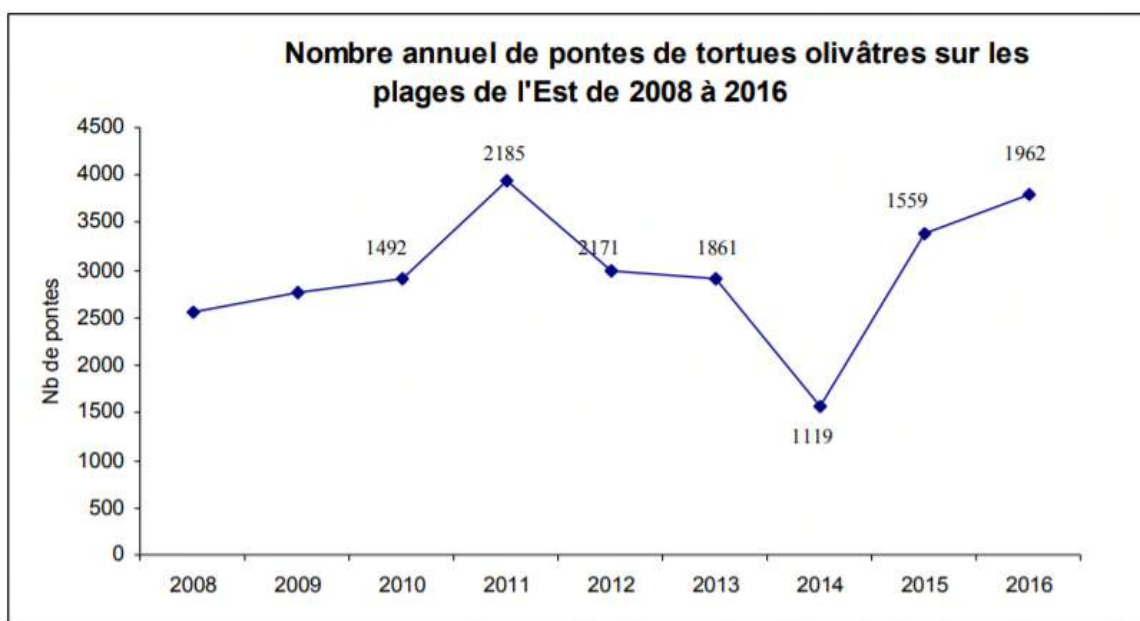
La ponte des tortues olivâtres a lieu tous les 2 ans, entre le mois d'avril et juillet. La tortue viendra pondre de 1 à 3 fois au cours de la saison, toutes les 2 semaines environ.

Le nombre de tortues olivâtres venant pondre chaque année en Guyane est estimé entre 1 716 et 3 257 (Figures 75 et 76). Dans le même temps, les taux de ponte au Suriname s'effondrent (moins de 200). Si les suivis au Suriname comme en Guyane sont très hétérogènes dans l'espace et le temps, il en résulte tout de même un vraisemblable glissement des sites de ponte du Suriname vers la Guyane (Kelle *et al.*, 2009).



Source : Kelle et al., 2009

Figure 75. Evolution du nombre de ponte de tortues olivâtres au Suriname et en Guyane de 1967 à 2007



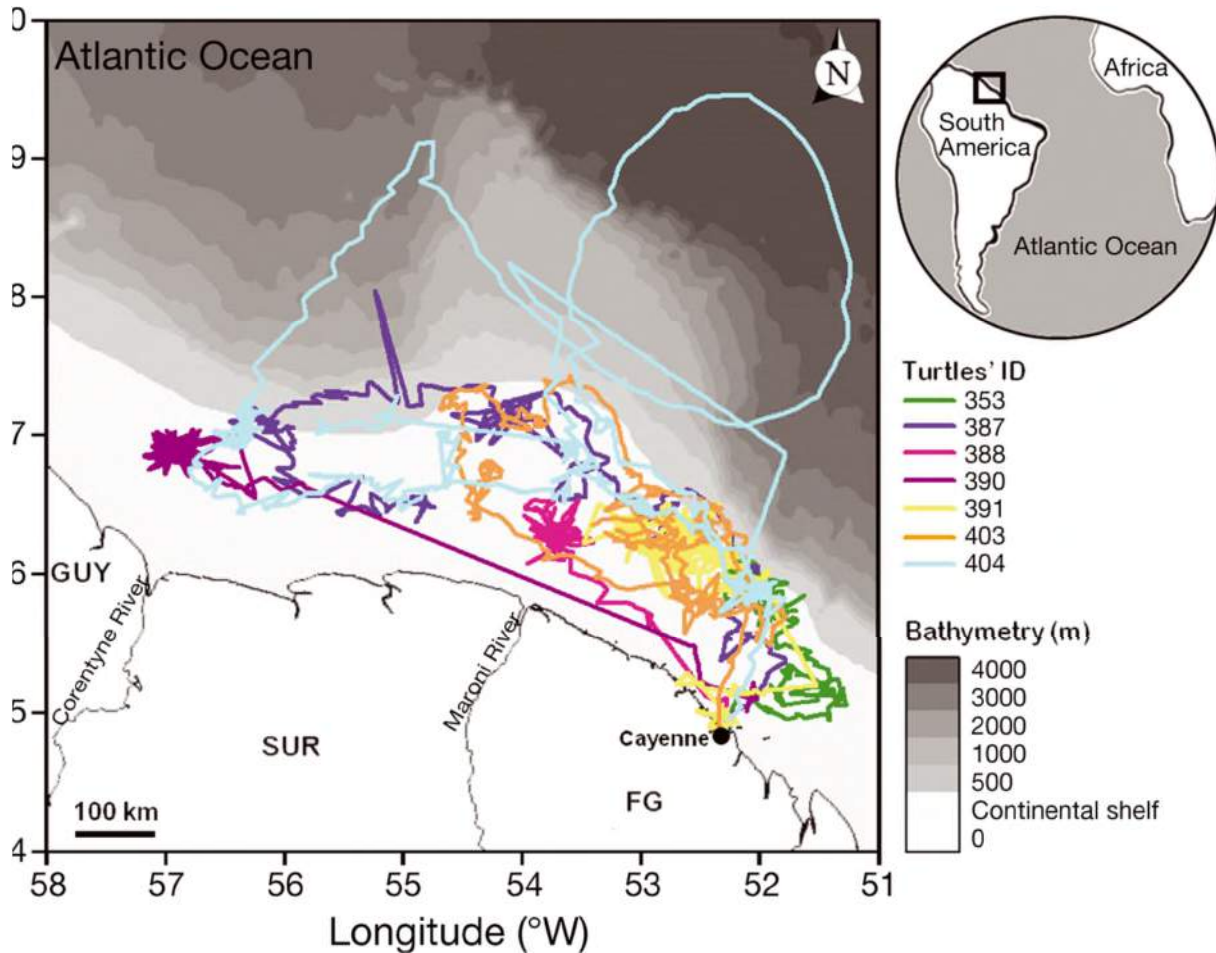
\* Le numéro au-dessus des points correspondent au nombre de tortues marquées

Source : Réseau Tortues Marines Guyane, 2017

Figure 76. Evolution du nombre de pontes de tortues olivâtres en Guyane

Contrairement aux tortues luths et tortues vertes qui entreprennent de longues migrations après la saison de ponte, les tortues olivâtres restent majoritairement sur le plateau continental de Guyane et du Suriname.

Plot et al. (2015) ont étudié les déplacements de sept tortues olivâtres après la période de ponte (début juillet à début août) par télémétrie. Les tortues ont parcouru entre 1 657 et 5 589 km, soit une moyenne de  $3\,426 \pm 512$  km. La plupart des tortues suivies a migré vers le nord et les eaux du Suriname et est restée sur le plateau continental pour s'y alimenter (Figure 77). Une tortue n'a pas suivi ce schéma et a effectué un long voyage au-delà du talus et une grande boucle en domaine océanique avant de revenir sur le plateau continental. Les auteurs suggèrent que l'animal a pu être entraîné par un gyre avant de pouvoir retrouver le chemin du plateau continental. Les tortues semblent pouvoir exploiter trois habitats différents, à savoir les milieux très côtiers, le plateau continental et le bord du talus.

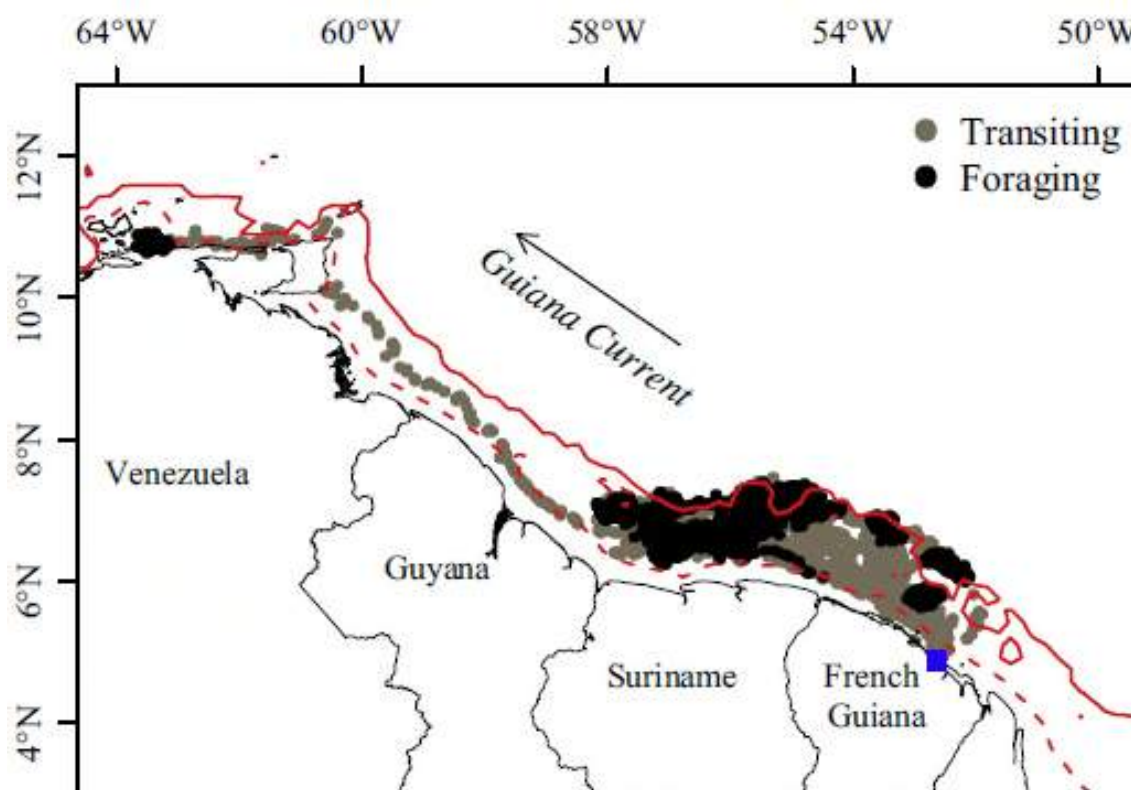


**Figure 77. Déplacements de sept tortues olivâtres après la période de ponte**

Chambault *et al.*, (2016b) ont étudié les déplacements de vingt tortues olivâtres en 2013 et 2014 après la période de ponte. Hormis une tortue partie explorer les eaux vénézuéliennes, toutes sont restées sur le plateau continental pour s'alimenter (Figure 78), comme montré précédemment par Plot *et al* en 2015.

Les tortues plongent entre 1 et 200 m mais 45% des plongées sont effectuées à moins de 50 m. La durée des plongées varie entre 30 s et 70 min, mais 75% durent entre 30 et 70 min. Elles sont principalement rencontrées sur des fonds de 40 à 200 m. Les tortues olivâtres sont des espèces carnivores, s'alimentant aussi bien d'invertébrés pélagiques que d'espèces benthiques.

Avec un trajet moyen de  $366,8 \pm 294,5$  km sur  $30 \pm 17$  jours, la migration des tortues olivâtres est relativement courte. Le plateau continental guyanais est une zone productive et calme, qui permet aux tortues de s'alimenter sans affronter les courants et tourbillons générés plus au large par le courant du nord du Brésil.



Source : Chambault et al., 2016b

En gris, les positions lors de leurs déplacements et en noir leurs zones d'alimentation. Le carré bleu indique le point de départ de la migration.

**Figure 78. Localisation des déplacements des 20 tortues olivâtres pendant leur migration en 2013 et 2014**

#### 2.4.2.2. Données REMMOA (2008, 2017)

L'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP), nouvellement Agence Française pour la Biodiversité (AFB) a lancé en 2008 un programme d'acquisition de connaissance de la mégafaune marine dans les eaux sous juridiction française. En outre-mer, ce programme est baptisé REMMOA<sup>25</sup> (Recensement de la Mégafaune Marine par Observation Aérienne) (Van Canneyt et al., 2009 ; Mannocci et al., 2013). En septembre et octobre 2008, une campagne a ainsi eu lieu en Guyane pour caractériser la présence d'oiseaux, de mammifères, de tortues et autre grandes faune pélagique. Menée par l'Observatoire PELAGIS (UMS 3462 Université de La Rochelle – CNRS), l'association martiniquaise SEPANMAR et l'association vénézuélienne SeaVida, cette campagne a permis d'apporter de nombreuses informations sur une zone jusqu'alors peu inventoriée scientifiquement.

La méthode suivie a consisté à réaliser des survols de la ZEE de Guyane Française. Les données ont ensuite été traitées de façon à analyser la distribution des animaux (Van Canneyt et al., 2009) mais également à estimer par des modélisations les densités d'animaux (Mannocci et al., 2013).

<sup>25</sup> REMMOA : Recensement des Mammifères Marins et autres mégafaune pélagique par Observation Aérienne. Campagne d'inventaire menée en 2008 et 2017 par l'AFB. Le détail des campagnes est précisé dans la pièce I (méthodologie).

Les conditions rencontrées durant la campagne ont été excellentes : 90% de l'effort d'observation a été réalisé avec un état de mer à 2 Beaufort ou moins. Un total de 7 775 km d'effort a été réalisé (63h).

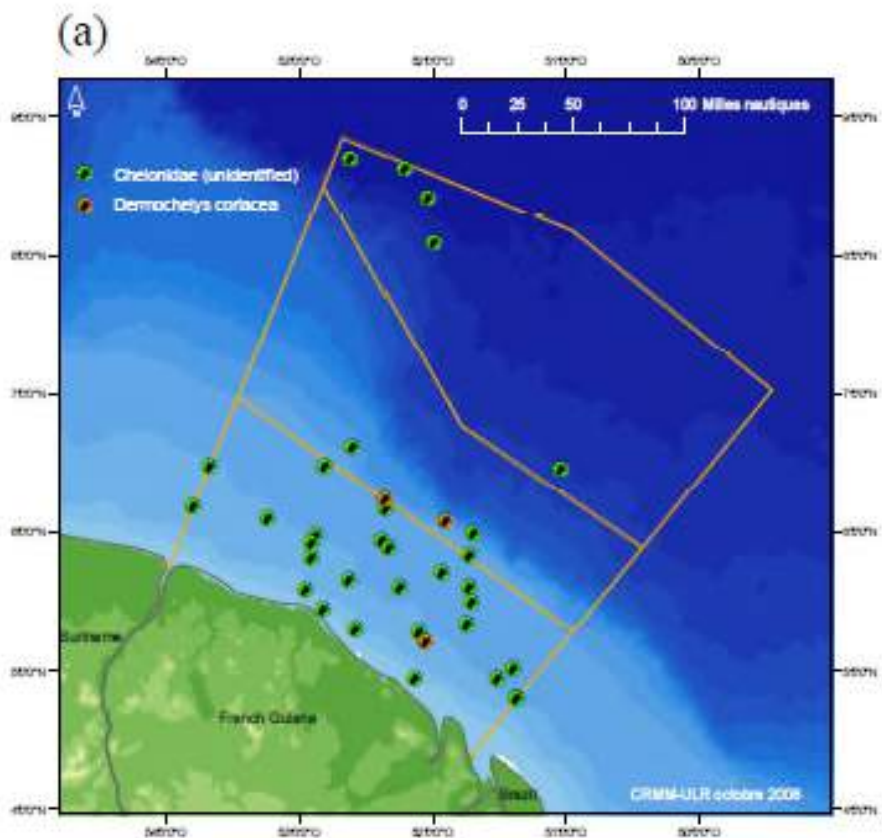
Un total de 36 observations de tortues marines a été effectué, dont trois tortues luths.

**Tableau 43. Total des observations de tortues marines**

Espèce	Nombre d'observations
Chélonidé indéterminé	33
Tortue luth ( <i>Remochelus coriacea</i> )	3
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>

Source : Van Canneyt et al., 2009

Les tortues ont fait l'objet d'observations sur tout le plateau continental, mais également au-delà du talus (Figure 79).



Source : Van Canney et al., 2009

**Figure 79. Localisation des observations de tortues marines**

**Tableau 44. Estimation d'abondance pour les principales espèces observées**

Espèces	Abondance (ind)	CV
Tortues marines	575	0,38

Source : d'après Mannocci et al., 2013



### 2.4.2.3. Les données opportunistes

Peu d'observation de tortues ont été réalisées dans le cadre de campagnes opportunistes : une lors de la campagne MARGATS (Guillon *et al.*, 2016), deux lors de la campagne DRADEM (Guillon et Rinaldi, 2016) et enfin trois lors de la campagne Suriname (de Boer, 2013).

*Note : La campagne Suriname était une campagne géophysique utilisant de la sismique. Elle a eu lieu au large du Surinam entre le 17 mai et le 3 septembre 2012 à bord du R/V Western Regent.*

*La campagne DRADEM s'est déroulée du 10 au 20 juillet 2016 à bord du navire océanographique « Pourquoi Pas ? ». Menée par Ifremer, cette campagne avait pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement géologique du plateau du Demerara, au large du Suriname et de la Guyane française.*

*La campagne MARGATS a eu lieu du 21 octobre au 15 novembre 2016 à bord du N/O L'Atalante. Menée par Ifremer et l'Université de Bretagne Occidentale, cette campagne avait pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement des marges transformantes en général et du plateau de Demerara en particulier.*

En Guyane, les tortues luths pondent de mars à mi-août, les tortues vertes de mars à juin et les tortues olivâtres d'avril à août (Girondot et Fretey, 1996). Durant ces périodes, les mouvements de tortues semblent se limiter au plateau continental (Fossette *at al.*, 2008). Hors des périodes de ponte en revanche, les tortues luths se dispersent dans tout l'Atlantique Nord, les tortues vertes vers le Brésil et sont donc plus difficilement observables. Par ailleurs, étant donné la discrétion des tortues en surface, le bateau n'est pas un moyen d'observation très adapté pour les tortues, la probabilité de manquer une observation dès que l'animal est un peu éloigné du bateau est grande.

### 2.4.2.4. Synthèse sur les tortues

La Guyane est un territoire clé pour la reproduction des tortues marines. Cinq espèces peuvent y être observées et trois espèces y nidifient régulièrement (AAMP, 2009).

La plus représentée est la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), pour qui la Guyane constitue un des principaux sites de ponte de l'Atlantique (de mars à août). Deux autres espèces sont communes et nidifient sur le territoire : la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*), dont certains juvéniles se nourrissent sur les algues des zones rocheuses des îles. La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la tortue caouanne (*Caretta caretta*) peuvent aussi être observées mais très occasionnellement.

Toutes ces espèces sont intégralement protégées par l'Arrêté du 14 octobre 2005 (JORF du 06/12/2005), fixant la liste des tortues marines protégées dans le département de la Guyane, et sont classées dans la liste rouge de l'UICN.

Les 3 espèces de tortues nidifiant en Guyane sont toutes en déclin à l'échelle mondiale. Leur situation en Guyane semble toutefois un peu plus favorable avec des populations ou des sous-populations en augmentation.

**Tableau 45. Liste et statut tortues observées dans la zone ZEE de Guyane française**

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Fréquence en Guyane Française	Statut IUCN au niveau mondial
<i>Caretta caretta</i>	Tortue caouanne	Commun	Vulnérable
<i>Chelonia mydas</i>	Tortue verte	Commun	En Danger
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tortue olivâtre	Commun	Vulnérable
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortue luth	Commun	Vulnérable

Sources : Bordin *et al.* 2012 ; Hardman 2010 ; Shell 2012a et b ; Van Canneyt *et al.* 2009

**Les tortues luth** pondent tous les 2-3 ans, de mars à début août. Des suivis télémétriques de tortues luth femelles ont montré que les tortues se dispersent au large de la Guyane française et du Suriname entre deux pontes, mais restent néanmoins sur le talus continental, sur des fonds de moins de 200 m. Hors des périodes de pontes, les tortues entreprennent de larges migrations à travers tout l'Atlantique Nord.

**Les tortues vertes** viennent pondre tous les 3 ans donc leur présence en Guyane est en dent-de-scie. Elles restent proches de la côte pendant la période de ponte. En dehors de la période de ponte, elles effectuent des migrations vers le sud-est de plusieurs milliers de kilomètres et plus d'une centaine de jours.

**Les tortues olivâtres** pondent tous les 2 ans, entre le mois d'avril et juillet. La tortue viendra pondre de 1 à 3 fois au cours de la saison, toutes les 2 semaines environ. Le nombre de tortues olivâtres venant pondre chaque année en Guyane est estimé entre 1 716 et 3 257. Après la saison de ponte, les tortues olivâtres ne font pas de grande migration : elles restent majoritairement sur le plateau continental de Guyane et du Suriname.

### 2.4.3. Les oiseaux

Une communauté importante d'oiseaux de mer est observée en Guyane, dont les principales espèces sont les suivantes (AAMP, 2009) :

- la frégate superbe (*Fregata magnificens*) s'observe surtout dans la bande côtière et aux alentours de l'île du Grand Connétable, où elle niche toute l'année,
- la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) est présente toute l'année, en particulier dans la bande côtière ;
- la sterne de Cayenne (*Thalasseus sandvicensis eurygnatha*), la sterne royale (*Thalasseus maximus*) et la mouette atricille (*Leucophaeus atricilla*) nichent au Grand Connétable d'avril à juillet mais sont observées toute l'année, surtout dans la bande côtière,
- la sterne fuligineuse (*Sterna fuscata*) et le noddin brun (*Anous stolidus*) nichent en petit nombre au Grand Connétable d'avril à juillet, mais sont présents toute l'année. La sterne fuligineuse se distribue en particulier au niveau du talus et en domaine océanique,
- le puffin des Anglais (*Puffinus puffinus*) est observé toute l'année, surtout au niveau du talus et dans le milieu océanique,
- l'océanite cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*) et l'océanite de Wilson (*Oceanites oceanicus*) sont surtout présents au niveau du talus du plateau continental.



**Photos 18. Frégates superbes**

La frégate, les sternes, les noddins, les mouettes et les goélands sont intégralement protégés en Guyane (Légifrance, 1986 : Arrêté Ministeriel du 15 mai 1986). La plupart des espèces sont classées dans la catégorie 'préoccupation mineure' (LC) de la liste rouge de l'UICN à l'échelle mondiale. En Guyane, la frégate superbe est classée comme « en danger », et plusieurs espèces de laridés sont vulnérables.



**Photos 19. Puffin cendré**

**Tableau 46. Statuts UICN des oiseaux de Guyane**

Code espèce	Nom binominal	Nom commun	Statut liste rouge Guyane	Réglementation
1027	<i>Puffinus puffinus</i>	Puffin des Anglais	Données insuffisantes	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
2468	<i>Fregata magnificens</i>	Frégate superbe	En danger	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
2504	<i>Ardea alba</i>	Grande aigrette	Préoccupation mineure	Directive 79/409/CEE (Directive européenne dite Directive Oiseaux) Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
2597	<i>Tringa melanoleuca</i>	Grand chevalier	Préoccupation mineure	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
2600	<i>Tringa flavipes</i>	Chevalier à pattes jaunes	En danger critique	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
3192	<i>Calidris canutus</i>	Bécasseau maubèche	En danger	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
3199	<i>Calidris pusilla</i>	Bécasseau semipalmé	En danger	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Quasi menacée (UICN)
3218	<i>Calidris fuscicollis</i>	Bécasseau de Bonaparte	Préoccupation mineure	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

Code espèce	Nom binominal	Nom commun	Statut liste rouge Guyane	Réglementation
				Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
3263	<i>Stercorarius skua</i>	Grande Labbe	Données insuffisantes	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
3332	<i>Gelochelidon nilotica</i>	Sterne hansel	Préoccupation mineure	Directive 79/409/CEE (Directive européenne dite Directive Oiseaux) Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
3343	<i>Sterna hirundo</i>	Sterne pierregarin	Données insuffisantes	Directive 79/409/CEE (Directive européenne dite Directive Oiseaux) Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
3371	<i>Chlidonias niger</i>	Guifette noire	Vulnérable	Directive 79/409/CEE (Directive européenne dite Directive Oiseaux) Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
199319	<i>Phaethon aethereus</i>	Phaéton à bec rouge	Données insuffisantes	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
199321	<i>Sula leucogaster</i>	Fou brun	Données insuffisantes	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)

Code espèce	Nom binominal	Nom commun	Statut liste rouge Guyane	Réglementation
199376	<i>Sterna maxima</i>	Sterne royale	Vulnérable	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
199379	<i>Anous stolidus</i>	Noddi brun	Vulnérable	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
441702	<i>Buteogallus aequinoctialis</i>	Buse buson	Quasi menacée	Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
441755	<i>Charadrius wilsonia</i>	Pluvier de Wilson	En danger critique	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
442330	<i>Rynchops niger</i>	Bec-en-ciseaux noir	Données insuffisantes	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
442378	<i>Stercorarius maccormicki</i>	Labbe de McCormick	Données insuffisantes	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
444423	<i>Calidris himantopus</i>	Bécasseau à échasses	Quasi menacée	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
528760	<i>Onychoprion fuscatus</i>	Sterne fuligineuse	En danger critique	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection



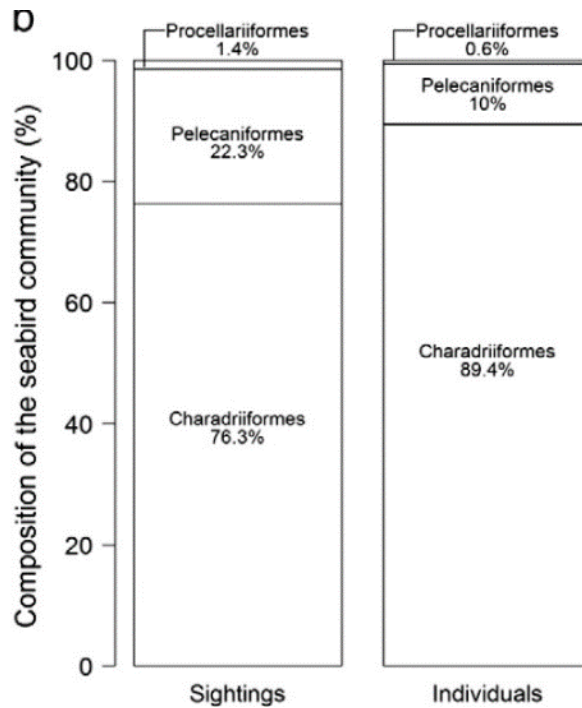
Code espèce	Nom binominal	Nom commun	Statut liste rouge Guyane	Réglementation
				Mesures de protection sur tout le territoire national des oiseaux représentés dans les Terres australes et antarctiques françaises Préoccupation mineure (UICN)
532688	<i>Sternula antillarum</i>	Petite sterne	Préoccupation mineure	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
625824	<i>Sternula superciliaris</i>	Sterne argentée	Quasi menacée	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)
626003	<i>Sterna aculavida eurygnatha</i>	Sterne de Cayenne	Non évaluée	Liste rouge des oiseaux de Guyane Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Non évaluée (UICN)
627332	<i>Leucophaeus atricilla</i>	Mouette atricille	Vulnérable	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Liste des oiseaux représentés dans le département de la Guyane protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection Préoccupation mineure (UICN)

Source : UICN, janvier 2018

### 2.4.3.1. Campagnes d'observation REMMOA (2008, 2017)

#### ► Campagne 2008

La campagne REMMOA a survolé la ZEE Guyanaise en septembre et octobre 2008 pour y recenser la grande faune marine. Un total de 283 observations d'oiseaux (1 331 individus) a été collecté durant la campagne. 11 espèces d'oiseaux ont été identifiées. Le taux de rencontre global pour les oiseaux est de 3,6 individus pour 100 km ce qui s'avère être un taux important comparativement à celui des Antilles par exemple.



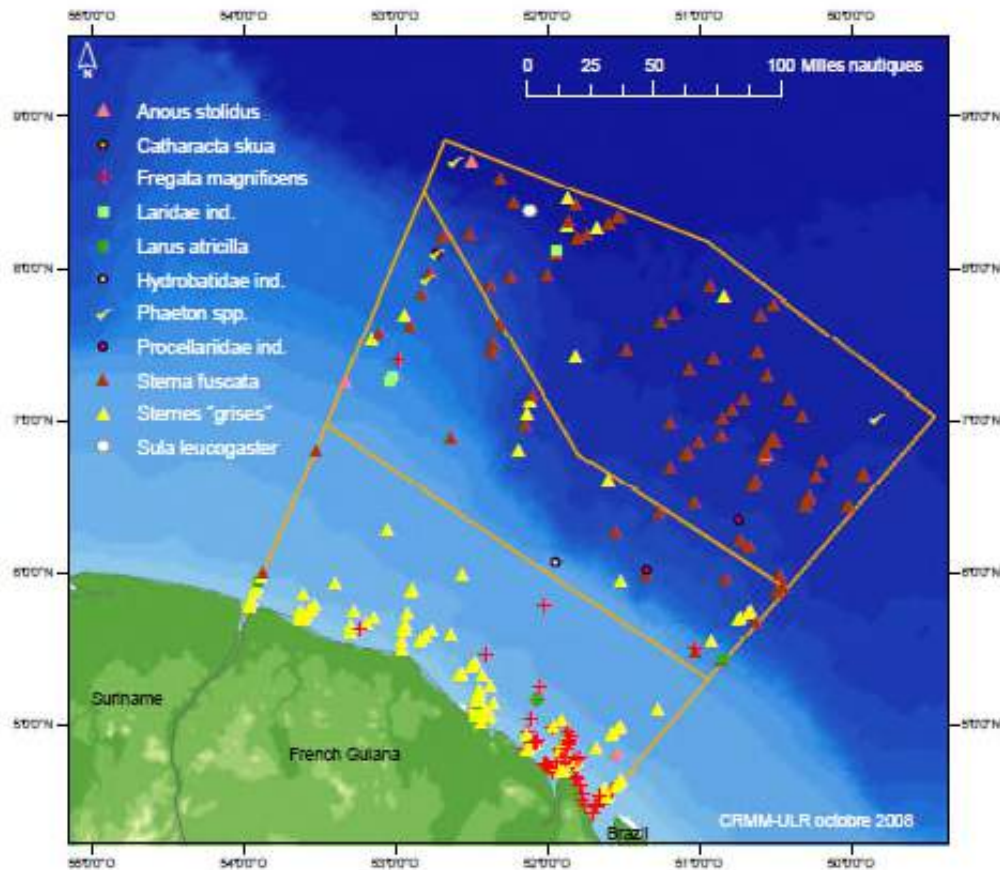
Source : Mannocei et al., 2013

**Figure 80. Composition des observations d'oiseaux marins**

Les oiseaux observés sont essentiellement représentés par les Charadriiformes (76% des observations et 89% des individus), suivis des Pelecaniformes (22% des observations, 10% des individus) et enfin les Procellariiformes (1,4% des observations, 0,6% des individus) (Figure 80).

**Tableau 47. Total des observations d'oiseaux marins**

Espèces	Nombre d'observations	Taille des groupes	
	Effort	Min-Max	Min-Max
Hydrobatidae ind.	1	5-5	5
Procellariidae ind.	3	-	1
<i>Sula spp.</i>	1	-	1
<i>Fregata magnificens</i>	59	1-50	2,2
<i>Phaeton spp.</i>	4	-	1
Laridae ind.	3	10-20	13,3
<i>Larus atricilla</i>	6	1-8	3
<i>Catharacta skua</i>	1	-	1
<i>Sterna fuscata</i>	90	1-50	7,7
<i>Sterna sandvicensis / eurygnatha : maxima / hirundo / dougallii / albifrons</i>	119	1-100	3,8
<i>Anous stolidus</i>	4	1-2	1,8
<b>TOTAL</b>	<b>291</b>	<b>-</b>	<b>3,7</b>



Source : Van Canneyt et al., 2009

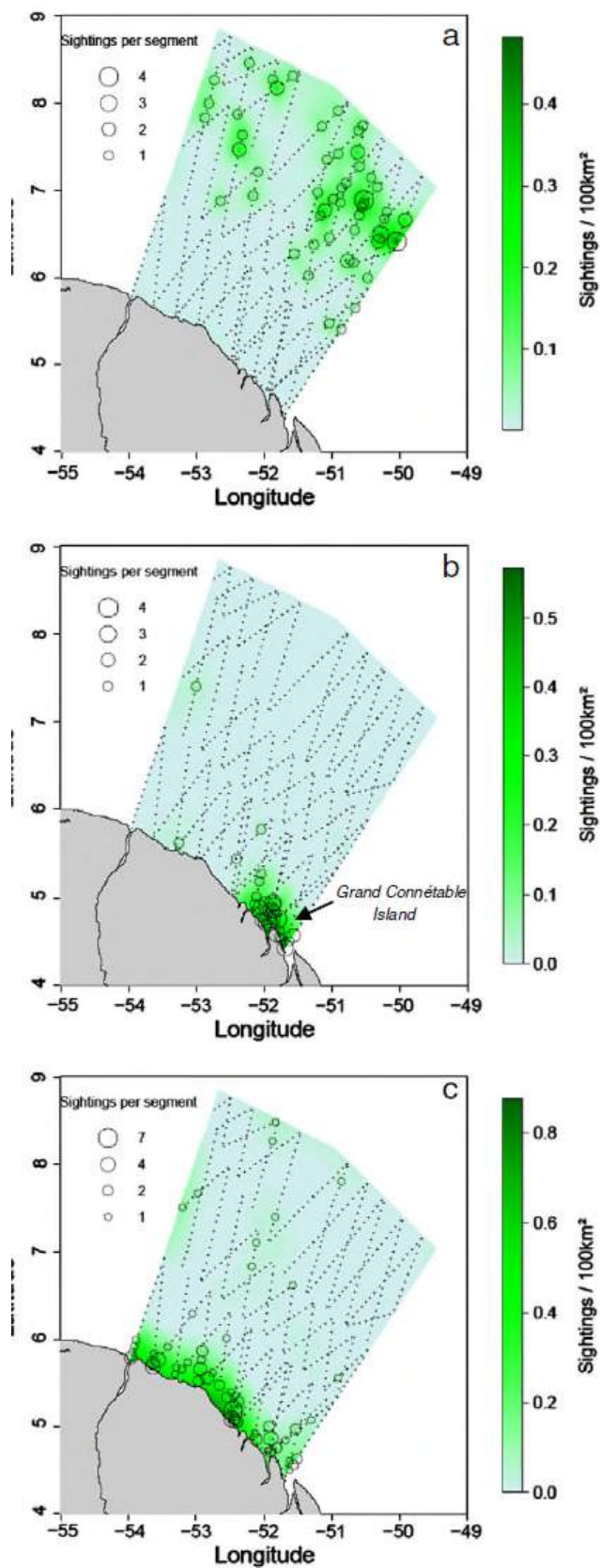
**Figure 81. Localisation des observations d'oiseaux marins**

Les sternes dites « grises » regroupent les sternes Caugék (*Sterna sandvicensis*), les sternes royales (*Sterna maxima*), les sternes pierregarin (*Sterna hirundo*), les sternes de Dougall (*Sterna dougallii*) et les sternes naines (*Sterna albifrons*). Ce groupe d'espèces représentent la majorité des observations réalisées. Les sternes fuligineuses (*Sterna fuscata*) arrivent en second (Figure 82).

Les observations d'oiseaux sont essentiellement distribuées le long de la côte et en secteur océanique. Les secteurs profonds du talus continental et le début de la pente sont peu fréquentés (cf. figure ci-dessus). Les sternes fuligineuses sont exclusivement observées en secteur océanique et sur la pente. A l'inverse, frégate et sternes grises sont localisées en secteurs côtiers. Les densités de frégates superbes sont les plus

importantes entre les rivières Approuague et Oyapock et autour de la réserve du Grand Connétable (cf. figure ci-dessus).

Le Grand Connétable est le seul site de reproduction entre l'Amazone et l'Orénoque. Entre avril et septembre, le site accueille de nombreuses colonies d'oiseaux : 1 500 couples de sternes royales, 8 000 couples de sternes caugék et plusieurs centaines de couples de sternes fuligineuses (Bird Life International, 2012). De plus, environ 650 couples de frégates superbes y nidifient (Bird Life International, 2012 ; Weimerskirch et al., 2006).



Source : Mannocei et al., 2013

Figure 82. Densité d'observation pour la sterne fuligineuse (a), la frégate superbe (b) et la sterne grise (c)



► **Campagne 2017**

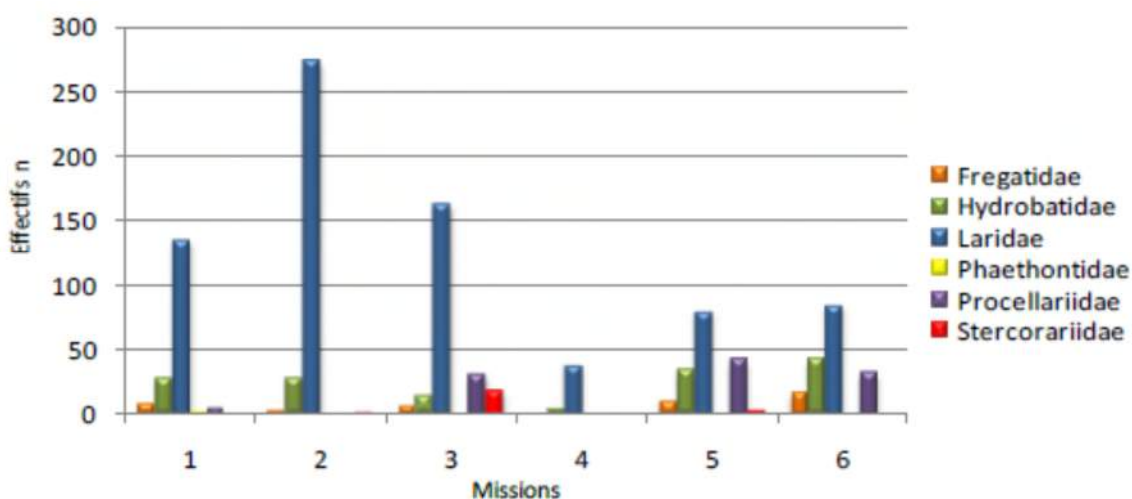
La campagne d'observation REMMOA 2017 n'a pas encore été entièrement analysée. Les résultats préliminaires indiquent l'observation de 11 espèces. Les sternes grises et les sternes fuligineuses sont les espèces majoritaires pour la période concernée (septembre – octobre). Les sternes grises et frégates sont essentiellement côtières alors que la sterne fuligineuse est océanique.

2.4.3.2. Campagne d'observations pélagique GEPOG<sup>26</sup> (2011, 2012)

410 observations d'oiseaux (1 167 individus) ont été effectuées au cours des six missions soit 8 familles et 29 espèces au total. Les familles d'oiseaux marins rencontrées étaient les Frégatidés (27 observations, 45 individus.), les Hydrobatidés (86 observations, 138 individus), les Laridés (180 observations, 766 individus), les Phaethontidés (6 observations, 6 individus), les Procellariidés (63 observations, 103 individus) et les Stercorariidés (24 observations, 29 individus).

Des limicoles de la famille des Scolopacidés (17 observations, 66 individus) et une espèce d'Hirundinidés (2 observations, 2 individus) ont également été rencontrés, mais ne seront pas traités dans la suite des analyses.

Les oiseaux marins les plus fréquents ont été les Laridés (70% des individus observés et 46% des observations), les Hydrobatidés (13% des individus observés et 22% des observations), les Procellariidés (9% des individus et 16% des observations). C'est en septembre, novembre et juillet que les oiseaux ont été les plus présents, avec une majorité de Laridés. Toutefois, pour les Frégatidés, Hydrobatidés et les Procellariidés, les effectifs ont été plus élevés en mars et mai-juin (Figure 83).



**Figure 83. Effectifs des familles d'oiseaux marins recensés lors des différentes missions**

<sup>26</sup> GEPOG : Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux de Guyane

(a) Ensemble de la zone prospectée

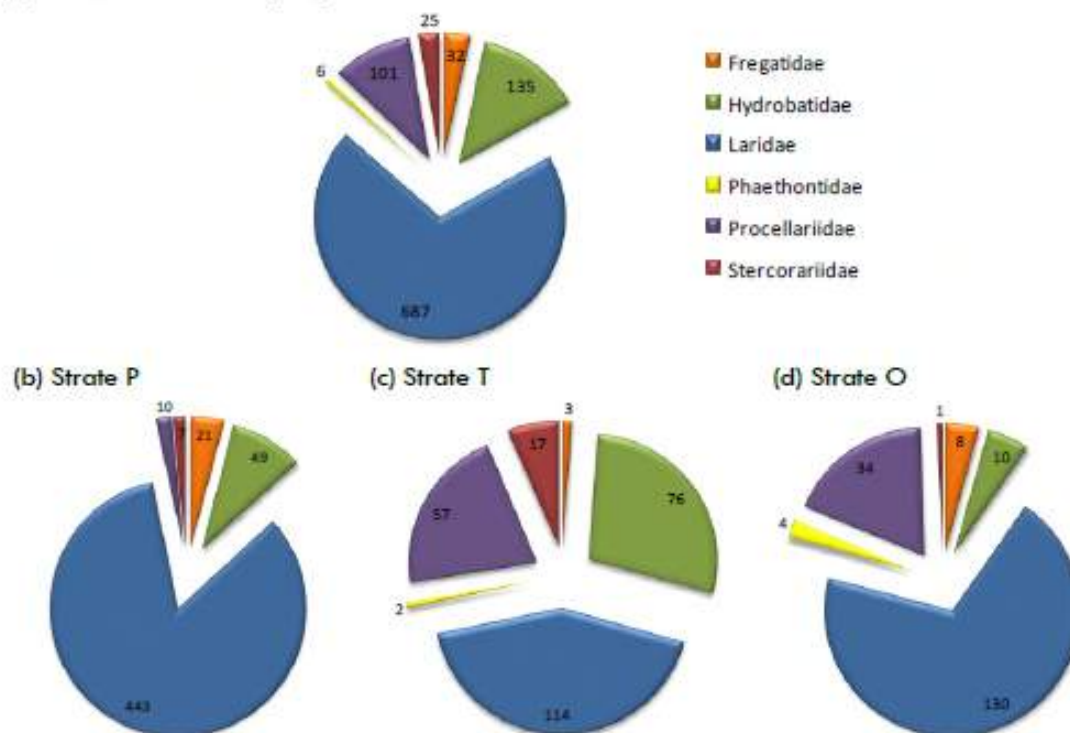


Figure 84. Familles d'oiseaux marins recensées dans l'ensemble de la zone prospectées (a), sur le plateau continental (b), sur le talus (c) et dans le domaine océanique (d)

Les six principales familles rencontrées ont été observées dans toutes les strates, excepté pour les Phaethontidés (en jaune) qui n'étaient pas présents sur le plateau. Sur le plateau continental, les Laridés (en bleu) ont été largement majoritaires suivi par les Hydrobatidés (en vert) et les Frégatidés (en orange). Le talus continental héberge également une majorité de Laridés mais dans une mesure plus restreinte, ainsi que des Hydrobatidés et des Procellariidés (en violet). Quant à la zone océanique, les Laridés sont également dominants, suivis des procellariidés. Des Phaethontidés (jaune) et des Frégatidés ont également été observés dans cette strate (Figure 84).

22 espèces d'oiseaux marins ont été observées lors de cet inventaire. La famille des Laridés, composée majoritairement des sternes de Cayenne, royale et pierregarin, de la mouette atricille et du noddie brun, a été dominante sur le plateau continental. Sa présence a été plus faible en novembre et janvier.

Quant à la zone océanique, c'est la sterne fuligineuse qui a été la plus présente, principalement au mois de juillet. Quelques observations de sternes Caugek, arctiques et de Dougall ont aussi été relevées. Les Frégates superbes ont été observées au cours de chaque mission et dans chaque strate. Concernant la famille des Stercorariidés (Labbe à longue queue, pomarin et parasite), elle a été observée pendant toutes les missions avec une présence plus importante en septembre et novembre au niveau du plateau et du talus. Les Hydrobatidés (Océanites cul-blanc et de Wilson) ont été rencontrés en mai-juin sur le plateau et de manière plus fréquente en septembre et mars au niveau du talus. Les Procellariidés (Puffins d'Audubon, des Anglais, cendré et majeur) a été abondante en mars et mai-juin sur le talus et au large. Les observations de Phaethontidés (Phaéon à bec rouge) sont peu nombreuses mais localisées sur le talus et en zone océanique pendant juillet, mars et mai-juin.

Un exemple de carte de distribution des espèces observées est donné sur la figure 85.

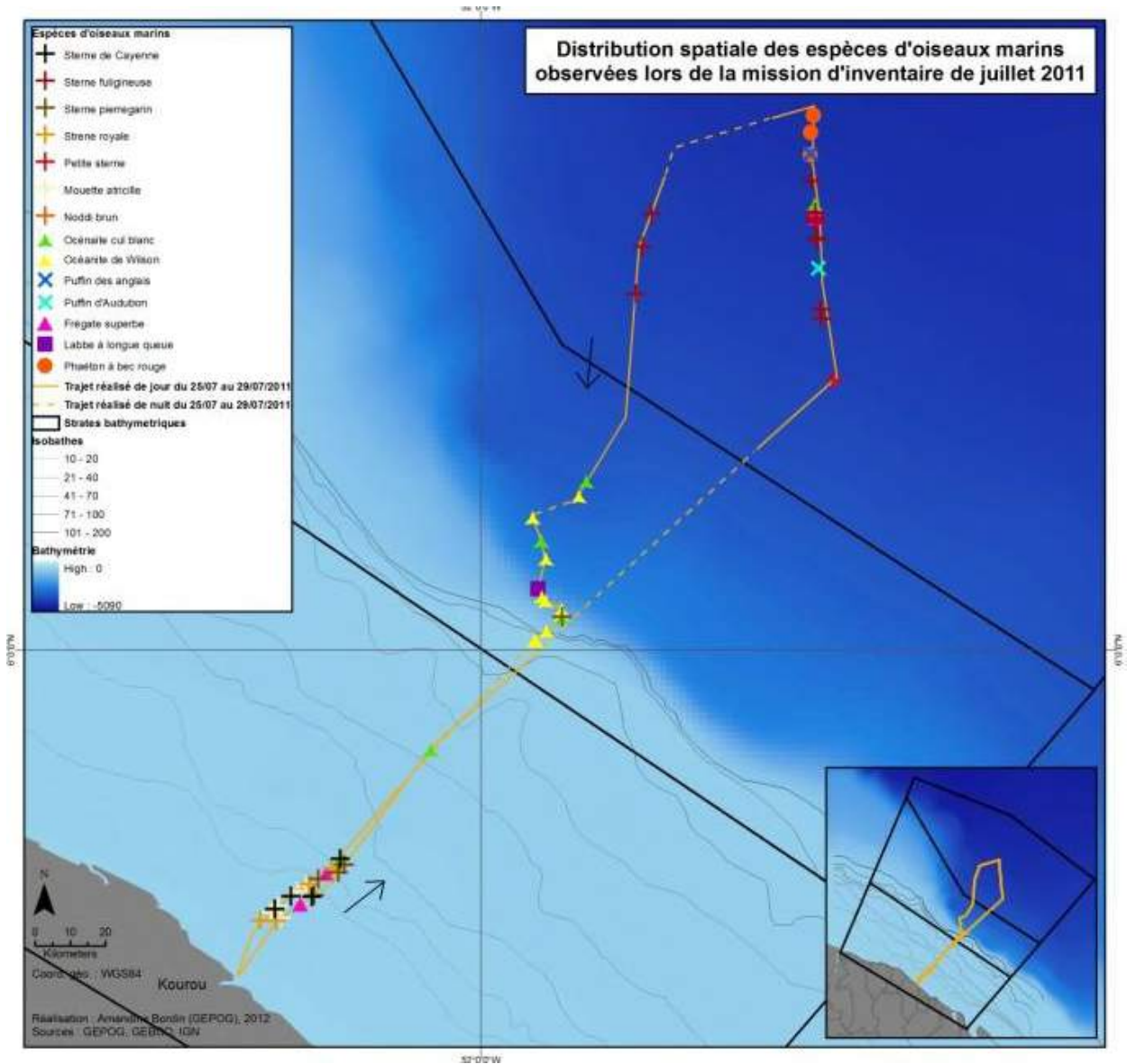
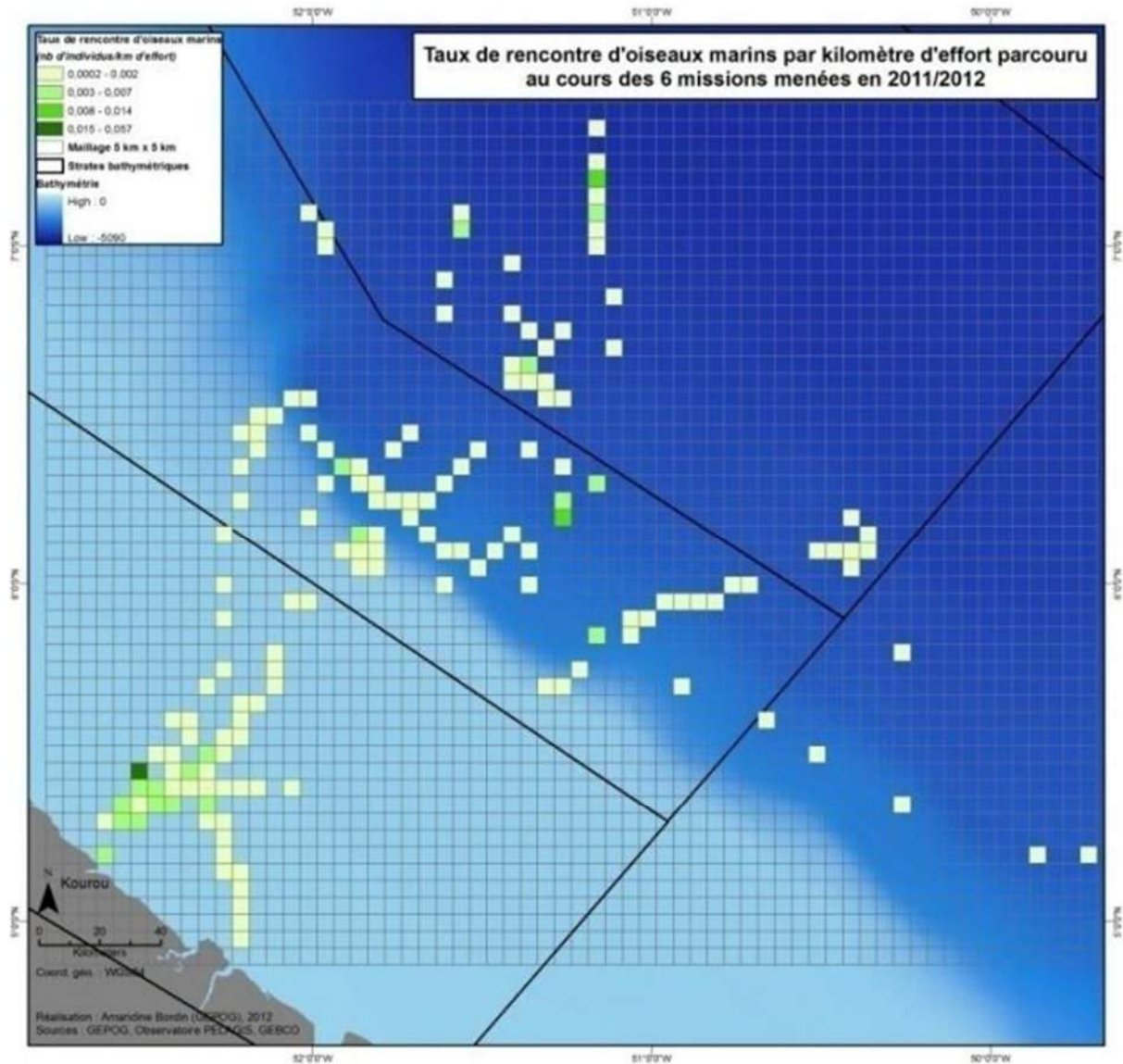


Figure 85. Distribution spatiale des observations d'oiseaux marins en juillet 2011



**Figure 86. Taux de rencontre d'oiseaux marins par kilomètre d'effort parcouru cumulés sur les 6 missions**

Les plus forts taux de rencontre d'oiseaux marins sont estimés entre 0,8 et 5,7 individus pour 100 km d'effort. Ils sont principalement situés à proximité des côtes et de manière plus éparse le long du talus. Quelques fortes concentrations d'oiseaux ont aussi été obtenues parmi les observations réalisées en zone océanique (Figure 86).



L'inventaire pélagique du GEPOG a permis de recenser 29 espèces d'oiseaux. Les Laridés sont largement représentés (des sternes de Cayenne, royales et pierregarin en majorité). Ces espèces ont été principalement observées à proximité des côtes et des îles du Salut entre avril et septembre, correspondant à leur période de reproduction. Les noddis bruns et les sternes fuligineuses, espèces strictement pélagiques, n'ont été observés qu'au large. Les sternes fuligineuses ont été très abondantes au mois de juillet pendant leur période de reproduction. Les frégates ont été observées toute l'année. Les océanites ont été rencontrées essentiellement au niveau du talus, principalement en juillet, septembre et mars. Les puffins (d'Audubon, des anglais, cendrés et majeurs) ont été observés abondamment en mars et mai-juin sur le talus et en domaine océanique. Le peu de données collectées en janvier ne permet pas de conclure sur la distribution des oiseaux à cette période.

La zone rapprochée de l'étude en marge du talus est donc moins riche que la frange côtière et le talus continental mais profite de la proximité de ces deux zones à forte diversité en avifaune.

### 2.4.3.3. Campagne d'observations Créocéan (2013)

126 observations d'oiseaux ont été réalisées lors d'une étude Créocéan pour Shell en 2013. 11 espèces ont été identifiées. L'espèce majoritairement observée est le puffin cendré (45 observations), suivi de la frégate superbe (11 observations). De nombreux fous ont été observés (fou masqué) et de nombreux laridés parmi lesquels la sterne fuligineuse et la sterne royale (Tableau 48).

**Tableau 48. Espèces d'oiseaux observées lors de la campagne 2013**

Nom commun	Nom binominal	Status <sup>1</sup> IUCN	Observations
Family Sulidae (boobies)			
Masked Booby	<i>Sula dactylatra</i>	Least Concern	8
Family Procellariidae (shearwaters)			
Cory's Shearwater	<i>Calonectris diomedea</i>	Least Concern	45
Shearwater spp.			2
Family Fregatidae (frigatebirds)			
Magnificent Frigatebird	<i>Fregata magnificens</i>	Least Concern	11
Frigate spp.			1
Family Phaethontidae (tropicbirds)			
Red-billed Tropicbird	<i>Phaethon aethereus</i>	Least Concern	7
Tropicbird spp.			3
Family Stercorariidae (skuas)			
Pomarine Jaeger	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Least Concern	6
Jaeger spp.			3
South Polar Skua	<i>Stercorarius maccormicki</i>	Least Concern	8
Family Laridae (gulls and terns)			
Sooty Tern	<i>Onychoprion fuscatus</i>	Not Yet Assessed	5
Arctic Tern	<i>Sterna paradisaea</i>	Least Concern	1
Royal Tern	<i>Thalasseus maximus</i>	Not Yet Assessed	3
Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>	Least Concern	1
Laughing Gull	<i>Leucophaeus atricilla</i>	Not Yet Assessed	3
Tern spp.			13
Family Hydrobatidae (storm-petrels)			
Storm-Petrel spp.			4
Family Ardeidae (herons and egrets)			
Heron spp.			1
Other Unidentified Birds			
Unidentified bird			1

Source : Créocéan, 2013



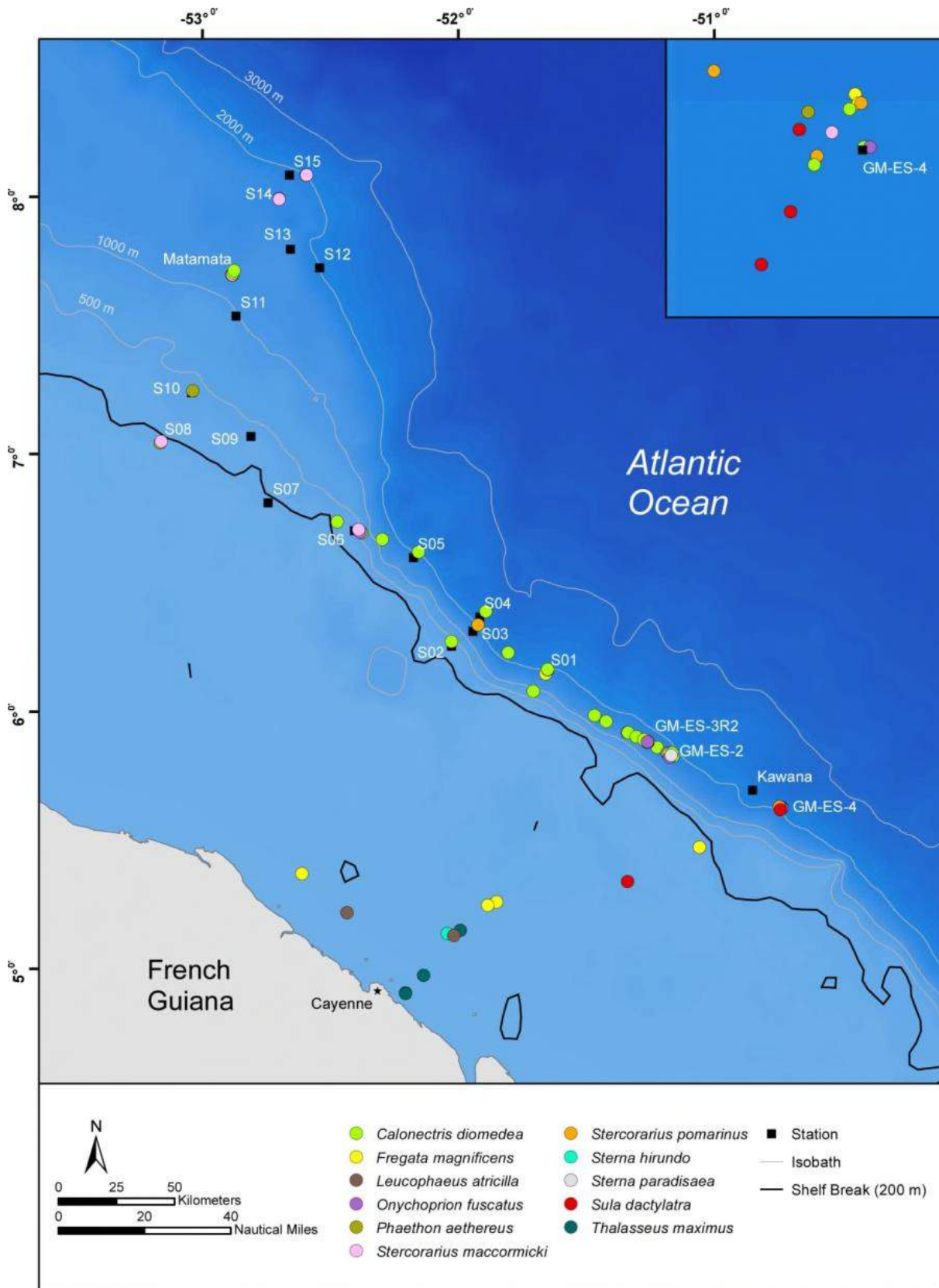


Figure 87. Localisation des observations d'oiseaux lors de la campagne Créocéan 2013

Les observations d'oiseaux sont distribuées sur l'ensemble du talus, avec le puffin cendré comme espèce majoritaire. Une concentration d'observation est constatée entre les points GM-ES-2 et GM-ES-3R et GM-ES-

4. Une forte activité est présumée sur ce secteur avec notamment des associations d'oiseaux avec des thons et des poissons volants. La zone pourrait être un site d'alimentation (Figure 87).

Lors de la campagne Créocéan de 2013, 11 espèces ont été identifiées avec une dominance marquée du puffin cendré. Des zones de fortes concentrations ont été observées, possiblement en raison de zones d'alimentation.

#### 2.4.3.4. Campagne d'observations MARGATS (2016)

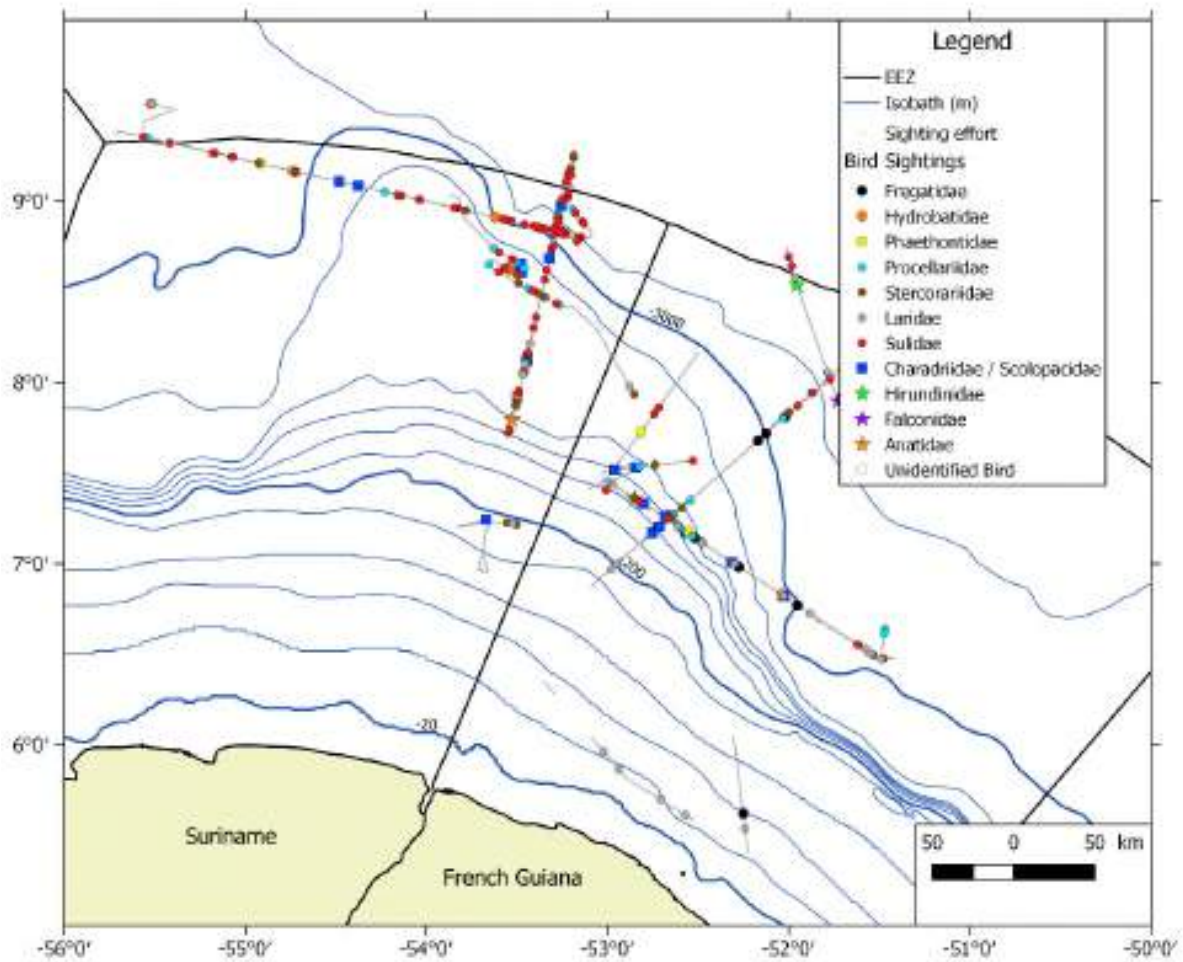
233 observations d'oiseaux marins ont été effectuées, soit 829 individus, lors de la campagne MARGATS du 21 octobre au 15 novembre 2016 à bord du N/O L'Atalante. 15 espèces ont pu être identifiées. La majorité des observations a concerné les Laridés (65%). Les sternes représentent 92% des Laridés observés, les 18% restant concernant les noddis bruns. Des fous masqués, des fous bruns et des fous à pieds rouges ont également été observés. Enfin, une cinquantaine d'observations de labbes et de puffins ont également été répertoriées (Tableau 49).

**Tableau 49. Espèces d'oiseaux et autres animaux marins observées lors de la campagne MARGATS**

Categories	Latin name	Sightings	Ind
<b>Sea Bird</b>			
<b>Fregatidae</b>			
Magnificent Frigatebird	<i>Fregata magnificens</i>	8	8
<b>Hydrobatidae</b>			
Leach's storm-petrel	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	1	1
Wilson's storm-petrel	<i>Oceanites oceanicus</i>	1	1
Unidentified Storm-petrel	-	8	13
<b>Laridae</b>			
Brown noddy	<i>Anous stolidus</i>	2	5
Unidentified noddy	-	1	40
Sooty tern	<i>Sterna fuscata</i>	8	57
Little tern	<i>Sterna albifrons</i>	1	1
Unidentified brown tern*	-	15	396
Unidentified grey tern**	-	5	8
Unidentified tern	-	3	34
<b>Phaethontidae</b>			
Red-billed Tropicbird	<i>Phaethon aethereus</i>	3	3
Unidentified Tropicbird	-	3	5
<b>Procellariidae</b>			
Cory's shearwater	<i>Calonectris borealis</i>	3	6
Manx's shearwater	<i>Puffinus puffinus</i>	15	51
Unidentified Shearwater	-	27	35
<b>Stercorariidae</b>			
Parasitic jaeger	<i>Stercorarius parasiticus</i>	2	2
Pomarine skua	<i>Stercorarius pomarinus</i>	13	17
South Polar skua	<i>Catharacta maccornicki</i>	1	1
Unidentified skua/jaeger	-	30	44
<b>Sulidae</b>			
Masked booby	<i>Sula dactylatra</i>	70	88
Brown booby	<i>Sula leucogaster</i>	9	9
Red-footed booby	<i>Sula sula</i>	2	2
Unidentified Booby	-	2	2
<b>Shorebirds</b>			
<b>Charadriidae</b>			
Grey Plover	<i>Pluvialis squatarola</i>	1	2
Semipalmated plover	<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	2
Unidentified charadriidae	-	3	5
<b>Scolopacidae</b>			
Sanderling	<i>Calidris alba</i>	3	3
Turnstone	<i>Arenaria interpres</i>	2	3
Unidentified shorebirds	-	9	41
<b>Land birds</b>			
<b>Anatidae</b>			
Northern pintail	<i>Anas acuta</i>	1	1
<b>Falconidae</b>			
Merlin	<i>Falco columbarius</i>	1	1
<b>Hirundinidae</b>			
Unidentified swallow	-	2	2
<b>Unidentified birds</b>			
Unidentified bird	-	4	10
<b>Other marine life</b>			
Unidentified tuna	<i>Thunnus spp.</i>	14	∞
Unidentified large fish	-	9	9
Unidentified turtle	-	1	2
Common dolphinfish	<i>Coryphaena hippurus</i>	2	2
Unidentified small fish	-	2	4
Unidentified jellyfish	-	1	1

Source : Guillon et al., 2016

Les fous sont majoritairement présents au large du Suriname alors que les observations effectuées face à la Guyane sont plus hétérogènes. Laridés et procellariidés sont largement présents sur le talus et au-delà. Les frégates ont également été observées sur le talus et en secteur océanique (Figure 88).



Source : Guillon et al., 2016

**Figure 88. Localisation des observations d'oiseaux lors de la campagne MARGATS**

Lors de la campagne MARGATS du 21 octobre au 15 novembre 2016, 15 espèces d'oiseaux ont été répertoriées, appartenant en majorité aux Laridés, et plus particulièrement aux sternes. Les fous ont également été observés en grand nombre, mais essentiellement face au Suriname.



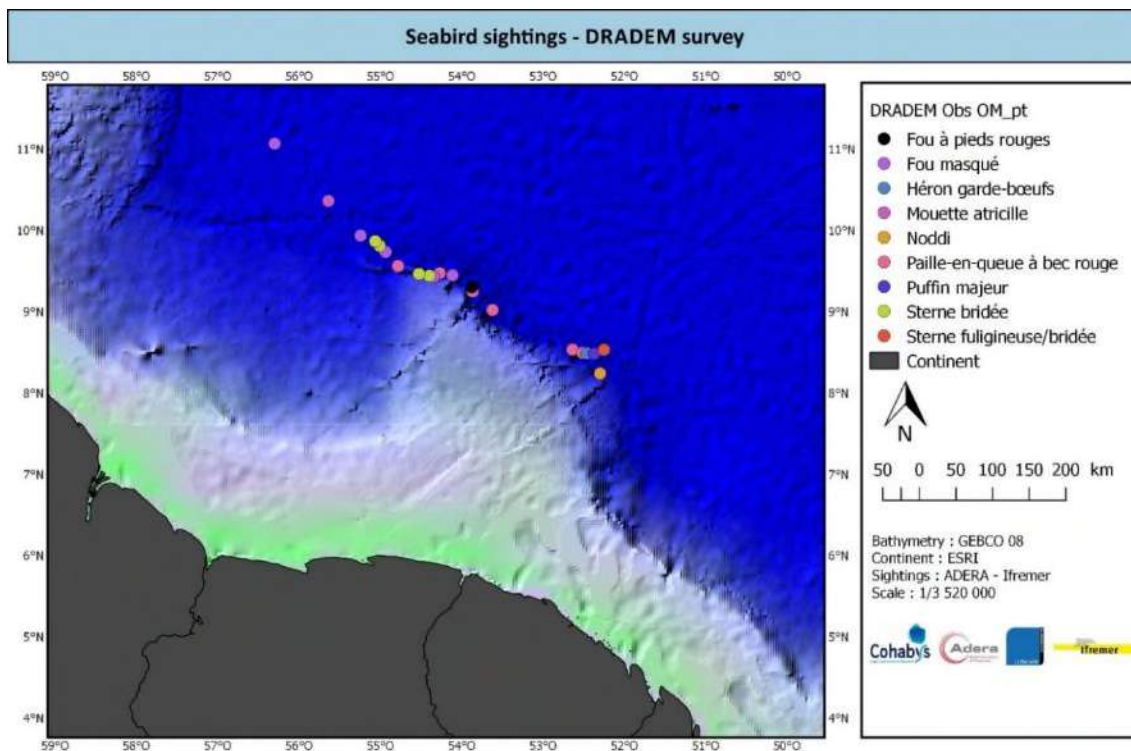
### 2.4.3.5. Campagne d'observations Ifremer (2016)

Lors de la campagne Ifremer DRADEM réalisée du 10 au 20 juillet 2016, 42 observations d'oiseaux marins ont eu lieu lors de la campagne pour un total de 71 individus. 9 espèces ont été identifiées. La majorité des observations a concerné les fous masqués. Les phaétons ont représenté également une part importante des observations avec 12 individus (Tableau 50).

**Tableau 50. Espèces d'oiseaux observées durant la campagne DRADEM**

Categories	Latin name	Sightings	Ind./Nb
<b>Sea Bird</b>			
<b>Procellariidae</b>			
Greater shearwater	<i>Puffinus gravis</i>	1	10
<b>Phaetontidae</b>			
Red-billed tropicbird	<i>Phaethon aethereus</i>	11	12
<b>Sulidae</b>			
Red-footed booby	<i>Sula sula</i>	2	2
Brown booby	<i>Sula leucogaster</i>	1	1
Masked booby	<i>Sula dactylatra</i>	15	22
<b>Laridae</b>			
Brown noddy	<i>Anous stolidus</i>	1	1
Unidentified noddy	-	1	1
Bridled tern	<i>Sterna anaethetus</i>	7	18
Unidentified brown tern*	-	1	2
Laughing gull	<i>Larus atricilla</i>	1	1
<b>Coastal Bird</b>			
<b>Ardeidae</b>			
Great egret	<i>Ardea alba</i>	1	1

Source : Guillon et al., 2016



Source : Guillon et al., 2016

**Figure 89. Localisation des observations d'oiseaux marins lors de la campagne DRADEM**



Les observations d'oiseaux sont dominées par les fous masqués. Les phaétons et les sternes ont toutefois été également observés en nombre significatif.

#### 2.4.3.6. Synthèse des données existantes

47 espèces ont été observées dans les eaux guyanaises. 24 sont occasionnelles voire communes (Figure 90). Plusieurs espèces d'oiseaux nidifient en Guyane, généralement entre avril et juillet : la frégate superbe, la sterne de Cayenne, la sterne royale, la mouette atricille, la sterne fuligineuse et le nodd brun.

La famille la plus représentée lors des observations en mer est celle des laridés avec de nombreuses espèces de sternes présentes sur le plateau, le talus et en domaine océanique. La plus largement répandue est la sterne fuligineuse, présente toute l'année dans toute la ZEE, avec un maximum en juillet. Les sternes royale, pierregarin et de Cayenne sont également commune sur le plateau, en particulier d'avril à septembre.

Le nodd brun est fréquemment observé sur le talus et en zone océanique. Les fous sont également communément rencontrés au large entre avril et novembre, en particulier le fou masqué. La frégate est présente toute l'année sur l'ensemble de la zone. Les puffins et les phaétons sont régulièrement observés sur le talus et en zone océanique de mars à juin. Les océanites semblent changer de distribution au cours de l'année : elles sont principalement observées sur le plateau en mai-juin alors qu'en septembre et mars elles semblent être présentes sur le talus.

De très nombreuses observations ont été effectuées en secteur côtier, sternes et frégates essentiellement. Mais le talus apparaît également comme une zone d'intérêt pour une majorité d'oiseaux : des taux de rencontre importants y ont été calculés et des zones d'alimentation y ont été observées.

La zone d'étude élargie comprend de nombreuses observations d'espèces pélagiques (sternes, océanites, puffins, phaétons, fous...) réparties à la fois sur le talus continental et en domaine plus océanique. La zone d'étude élargie apparaît comme un secteur fréquenté régulièrement par ces espèces que cela soit de façon saisonnière (océanites, puffins) ou annuelle (sternes fuligineuses, sterne brunes, frégates superbes).

La zone d'étude rapprochée apparaît également comme une zone fréquentée par des oiseaux marins pélagiques : de nombreux puffins et océanites y ont été observés, ainsi que quelques sternes et labbes. Comparativement à la zone d'étude élargie, il convient en effet de noter que le nombre d'océanites est plus important au sein de la zone rapprochée et de ses abords proches.

La zone d'étude élargie comprend de nombreuses observations d'espèces pélagiques (sternes, océanites, puffins, phaétons...) réparties à la fois sur le talus continental et en domaine plus océanique. La zone d'étude élargie apparaît comme un secteur fréquenté régulièrement par ces espèces. La zone d'étude rapprochée apparaît également comme une zone fréquentée par des oiseaux marins pélagiques : de nombreux puffins et océanites y ont été observés.

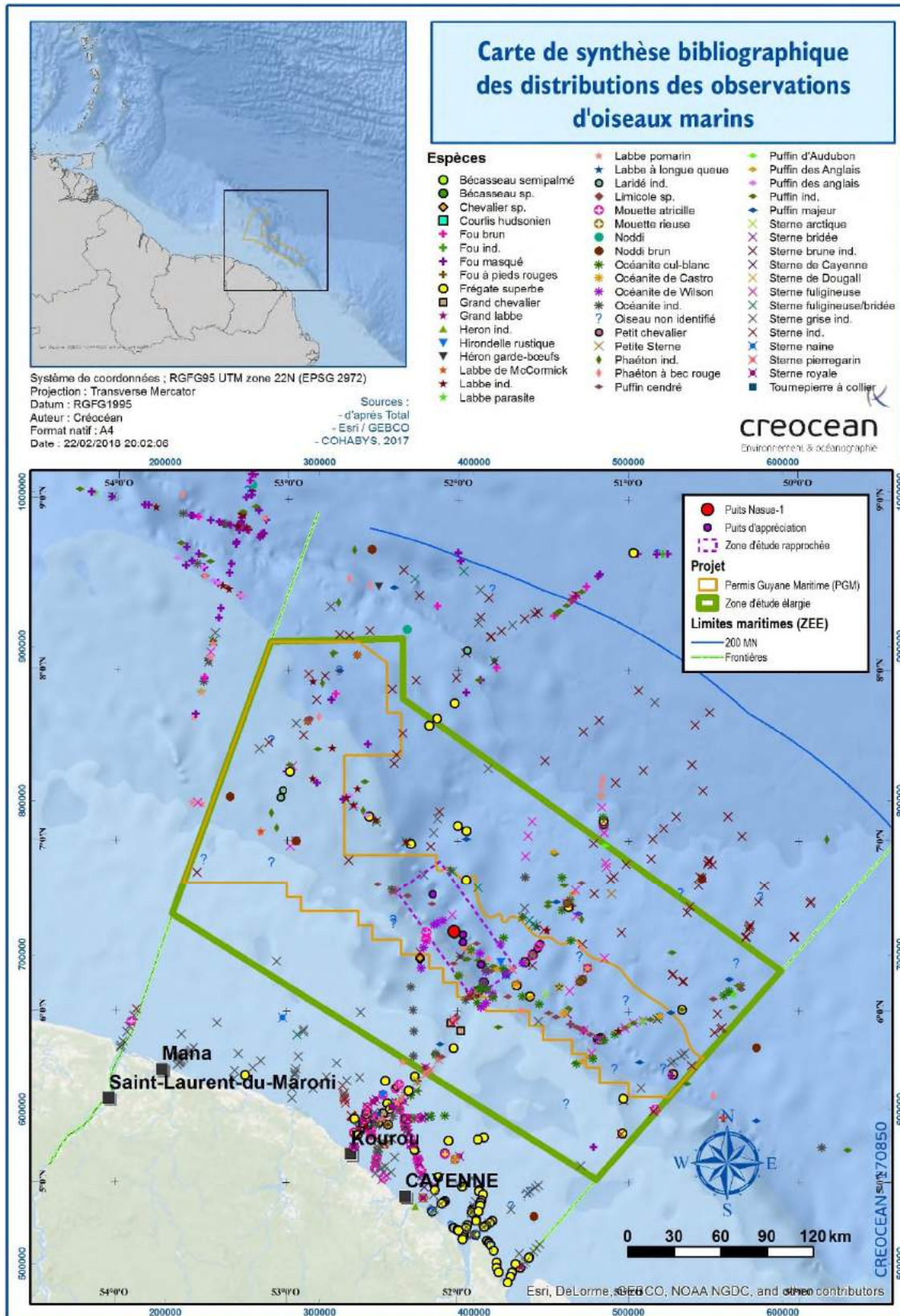


Figure 90. Carte de synthèse des distributions des observations d'oiseaux marins

Etant donné l'hétérogénéité de l'effort d'observation dans la ZEE lors des différentes campagnes menées, il est difficile de déterminer si la concentration d'observations dans certaines zones reflète une importance écologique majeure du secteur pour les espèces en question ou un sur-échantillonnage de la zone. Il apparaît toutefois que le talus continental est une zone très fréquentée par les oiseaux marins.

D'autres espèces d'oiseaux ont été observées lors des différents recensements et campagnes (développés ci-dessus). Ces espèces rares ou exclusivement côtières sont listées dans le tableau suivant.

Cette synthèse se base sur la bibliographie existante et les données disponibles au moment de sa rédaction. Elle peut ne pas être exhaustive, mais entend faire le bilan des éléments de connaissance actuels. Il convient de noter que l'acquisition de connaissances sur la grande faune marine en Guyane est somme toute récente. Des informations précieuses ont déjà été collectées par les structures académiques, les associations locales mais également dans le cadre des explorations pétrolières. Néanmoins, les informations existantes présentent des lacunes, notamment en termes de saisonnalité. Les données sont collectées le plus souvent de façon opportuniste, et ne permettent donc pas de définir un plan d'échantillonnage et une fréquence adaptée. Les recensements organisés sont généralement une image à un moment donné de la distribution. Il est donc difficile de conclure sur la saisonnalité des espèces présentes, en particulier pour des mois peu prospectés en raison des mauvaises conditions météorologiques (décembre à mars en particulier).

La bancarisation de l'ensemble des données existantes sur la zone et leur accessibilité est à encourager afin que les études d'impacts puissent se baser sur tous les éléments existants.

**Tableau 51. Principales espèces d'oiseaux marins observés dans les eaux guyanaises**

Famille	Espèces	Période	Secteur	Présence
Laridés	Sterne de Cayenne	Max d'avril à septembre ; Min en novembre-janvier	Plateau	commune
	Sterne royale		Plateau	commune
	Sterne Pierregarin		Plateau	commune
	Mouette atricille		Plateau	commune
	Noddi brun	Toute l'année, max en juillet	Talus, zone océanique	commune
	Sterne fuligineuse		Talus, zone océanique	commune
	Sterne caugek		Plateau	commune
	Sterne Arctique		Plateau	occasionnelle
	Sterne de Dougall		Plateau	occasionnelle
Stercorariidés	Labbe parasite	Toute l'année, max en septembre et novembre	Plateau, talus	occasionnelle
	Labbe pomarin		Plateau, talus	occasionnelle
	Labbe à longue queue		Plateau, talus	occasionnelle
Hydrobatidés	Océanite cul-blanc	Mai-juin, septembre, mars	Plateau en mai-juin	occasionnelle
	Océanite de Wilson		Talus en septembre et mars	occasionnelle
Procélaridés	Puffin d'Audubon	Mars, mai-juin	Talus, zone océanique	occasionnelle
	Puffin des anglais			occasionnelle
	Puffin cendré			occasionnelle
	Puffin majeur			occasionnelle
Phaétonidés	Phaéton à bec rouge	Mars, mai-juin, juillet	Talus, zone océanique	occasionnelle
Fregatidés	Frégate superbe	Toute l'année	Plateau, talus, zone océanique	commune
Sulidés	Fou masqué	Avril à novembre	Talus, zone océanique	commune
	Fou à pied rouge			occasionnelle
	Fou brun			occasionnelle

**Tableau 52. Autres espèces d'oiseaux présents en Guyane : les espèces rares ou exclusivement côtières**

Famille	Espèces	Secteur	Présence
Diomedéidés	Albatros à nez jaune	pélagique	rare
Procellariidés	Pétrel des Desertas	pélagique	rare
	Pétrel de Bulwer	pélagique	rare
Hydrobatidés	Océanite de Castro	pélagique	rare
Stercorariidés	Grand Labbe	pélagique	rare
	Labbe de McCormick	pélagique	rare
Laridés	Mouette tridactyle	pélagique	rare
	Mouette de Sabine	pélagique	rare
	Mouette pygmée	pélagique	rare
	Mouette à tête grise	côtier	rare
	Mouette rieuse	côtier	rare
	Mouette de Franklin	côtier	rare
	Goéland cendré	côtier	rare
	Goéland dominicain	côtier	rare
	Goéland marin	côtier	rare
	Goéland brun	côtier	rare
	Goéland argenté	côtier	rare
	Sterne bridée	pélagique	rare
	Petite Sterne	côtier	commune
	Sterne argentée	côtier	occasionnelle
	Sterne à gros bec	côtier	occasionnelle
	Sterne hansel	côtier	commune
	Guifette noire	côtier - pélagique	occasionnelle
	Guifette leucoptère	côtier	rare
Sterne élégante	côtier	rare	

#### 2.4.4. Les mammifères marins

Les survols réalisés dans le cadre du programme REMMOA (Van Canneyt *et al.*, 2009), les campagnes d'observations menées par le GEPOG (Bordin *et al.*, 2012) les campagnes d'exploration sismiques (Schuler *et al.*, 2012 ; Créocéan, 2013, RPS Energy, 2010) et les campagnes Ifremer DRADEM (Guillon et Rinaldi, 2016) et MARGATS (Guillon *et al.*, 2016) ont mis en évidence une diversité de cétacés relativement importante en Guyane, avec 24 espèces supposées et 18 espèces identifiées avec certitude : un sirénien (le lamantin), 3 mysticètes (le rorqual bleu, le rorqual commun et la baleine à bosse), 14 odontocètes dont le cachalot, un ziphiidé et 12 delphinidés.



**Photos 20. Grand dauphin (à gauche) et dauphins tachetés pantropicaux (à droite)**

*Photos prises pendant la campagne Guyane 2017*

Le dauphin de Guyane ou sotalie (*Sotalia guianensis*) ainsi que le lamentein (*Trichechus manatus*) sont des espèces inféodées au milieu côtier. Malgré leur statut IUCN (En danger), nous ne les considérerons pas dans le reste de cette synthèse. En effet, la probabilité de présence de ces deux espèces au large dans la zone d'intérêt pour le projet, est nulle.

Le reste de la ZEE (Zone Economique Exclusive) est principalement dominé en termes d'abondance par le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) et les petits delphinidés, nombreux et diversifiés (*Stenella sp.*, *Delphinus sp.*, *Peponocephala electra...*). D'autres espèces ont également été observées notamment des grands plongeurs (baleines à bec et cachalots) et des rorquals en secteurs océaniques.

Trois espèces présentes en Guyane sont classées dans la liste rouge mondiale de l'UICN : le rorqual commun et le rorqual bleu sont classés dans la catégorie *En Danger* (EN) et le cachalot dans la catégorie *Vulnérable* (VU). A l'échelle régionale, les rorquals ont été classés dans la catégorie *Manque de données* (DD), le cachalot a été classé dans la catégorie *Vulnérable* et le dauphin de Guyane dans la catégorie *En danger* (UICN *et al.*, 2017).

La réglementation interdisant l'altération ou la dégradation des sites de reproduction, on notera que le cachalot ainsi que l'ensemble des delphinidés, à l'exception de l'orque, ont été identifiés comme reproducteurs certains ou probables dans la ZEE de Guyane (UICN, 2017). La baleine à bosse n'a pas été classée dans cette catégorie, cependant, trois observations de couples mère-petits ont été réalisées par les observateurs présents sur le navire sismique en 2012 (Shell, 2012b), et deux nouvelles observations ont été réalisées : une lors des survols REMMOA II (Ridou, V. com. pers., 2017) et une par un plaisancier au large de la Guyane (GEPOG com. pers., 2017). Ces nouvelles informations laissent supposer que la Guyane pourrait être un site de reproduction pour l'espèce.

La densité relativement importante de cétacés et la présence notable de certaines espèces menacées ont constitué des éléments clés dans l'établissement des ZNIEFFs-Mer (Zone d'Intérêt Écologique, Faunistique



et Floristique) au large de la Guyane (Bordin *et al.*, 2015), avec l'établissement d'une ZNIEFF sur le plateau, et d'une ZNIEFF sur la partie est du talus qui a aussi été classée pour les mêmes raisons en Zone Clé pour la Biodiversité (Roger *et al.*, 2016).

**Note** : Pour les espèces de mégafaune marine (tortues, mammifères marins, oiseaux marins), nous avons eu recours à un certain nombre de campagnes d'acquisition en mer pour dresser cet état initial. Nous détaillerons ici ces campagnes, leurs objectifs et leurs protocoles. Nous ne listerons ici que les études dont nous avons eu connaissance et pour lesquelles nous avons eu accès au rapport.

**Tableau 53. Récapitulatif des données existantes sur la zone**

Références	Date	Jeu de données	Méthode	Type d'acquisition	Période	Taxons concernés
<b>Van Canneyt <i>et al.</i>, 2009</b>	2009	REMMOA 1	Avion	Visuel	Septembre – Octobre	MM, OM, TM, GP
<b>Mannocci <i>et al.</i>, 2013</b>	2013	REMMOA 1	Avion	Visuel	Septembre – Octobre	MM, OM
<b>Bordin <i>et al.</i>, 2012</b>	2012	Inventaire GEPOG	Bateau	Visuel + acoustique	Janvier - Décembre	MM, OM
<b>Georges <i>et al.</i>, 2007 ; Plot <i>et al.</i>, 2015 ; Chambault <i>et al.</i>, 2015, 2016a, 2016b, 2017</b>	2007 2015	Suivi des tortues luth, verte et olivâtre	Téléométrie	Balises téléométriques	Juillet - Août	TM
<b>Guillon <i>et al.</i>, 2016</b>	2016	Campagne Ifremer MARGATS	Bateau	Visuel + acoustique	Octobre - Novembre	MM, OM, TM, GP
<b>Guillon et Rinaldi</b>	2016	Campagne Ifremer DRADEM	Bateau	Visuel	Juillet	MM, OM, TM, GP
<b>RPS Energy, 2010</b>	2010	Campagne Guyane Hardman Petroleum	Bateau	Visuel	Septembre à Février	MM
<b>Schuler <i>et al.</i>, 2012</b>	2012	Campagne Guyane Shell	Bateau	Visuel + acoustique	Juillet	MM
<b>Créocéan, 2013</b>	2013	Campagne Guyane Shell	Bateau	Visuel	Avril - Mai	MM, OM, TM
<b>de Boer, 2013</b>	2013	Campagne sismique Suriname	Bateau	Visuel	Mai – Septembre	MM

MM = mammifères marins ; OM = oiseaux marins ; TM = tortues marines ; GP = grands poissons pélagiques  
En bleu : les acquisitions de données dédiées – En vert, les acquisitions opportunistes

Deux grands types de données sur la faune marine sont à distinguer :

- les acquisitions dédiées, dont l'objectif est de collecter des données sur la grande faune marine et dont le protocole et plan d'échantillonnage ont été définis spécifiquement pour répondre à cet objectif,
- les acquisitions de données opportunistes, réalisées à partir des bateaux effectuant des travaux ou prospections sur la zone. Pour cette seconde catégorie, l'observation de la mégafaune marine n'est pas la priorité, mais le navire étant une plateforme d'opportunité, des observations sont relevées selon un protocole standardisé.

#### 2.4.4.1. Campagne d'observations REMMOA (2009, 2017)

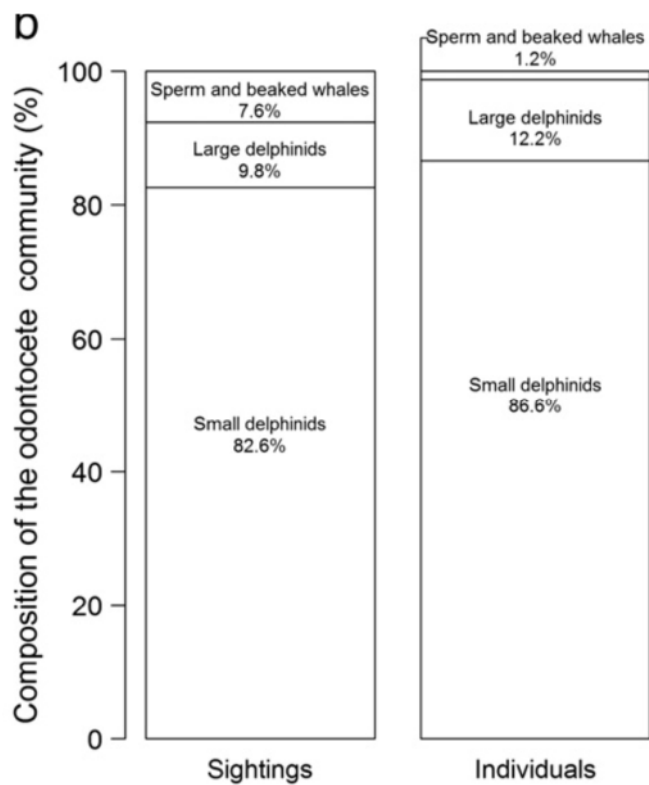
##### ► Campagne 2009

Un total de 140 observations de cétacés (1 756 individus) a été collecté durant la campagne (tableau 54). 7 espèces de cétacés ont été identifiées. Les cétacés observés sont majoritairement des petits delphinidés (grand dauphin essentiellement) : ils représentent plus de 82% des observations. Un peu moins de 10% sont des grands delphinidés. Enfin, 7,6% des observations sont des cachalots et baleines à bec.

**Tableau 54. Observations de cétacés réalisées dans le cadre de la campagne REMMOA (2009)**

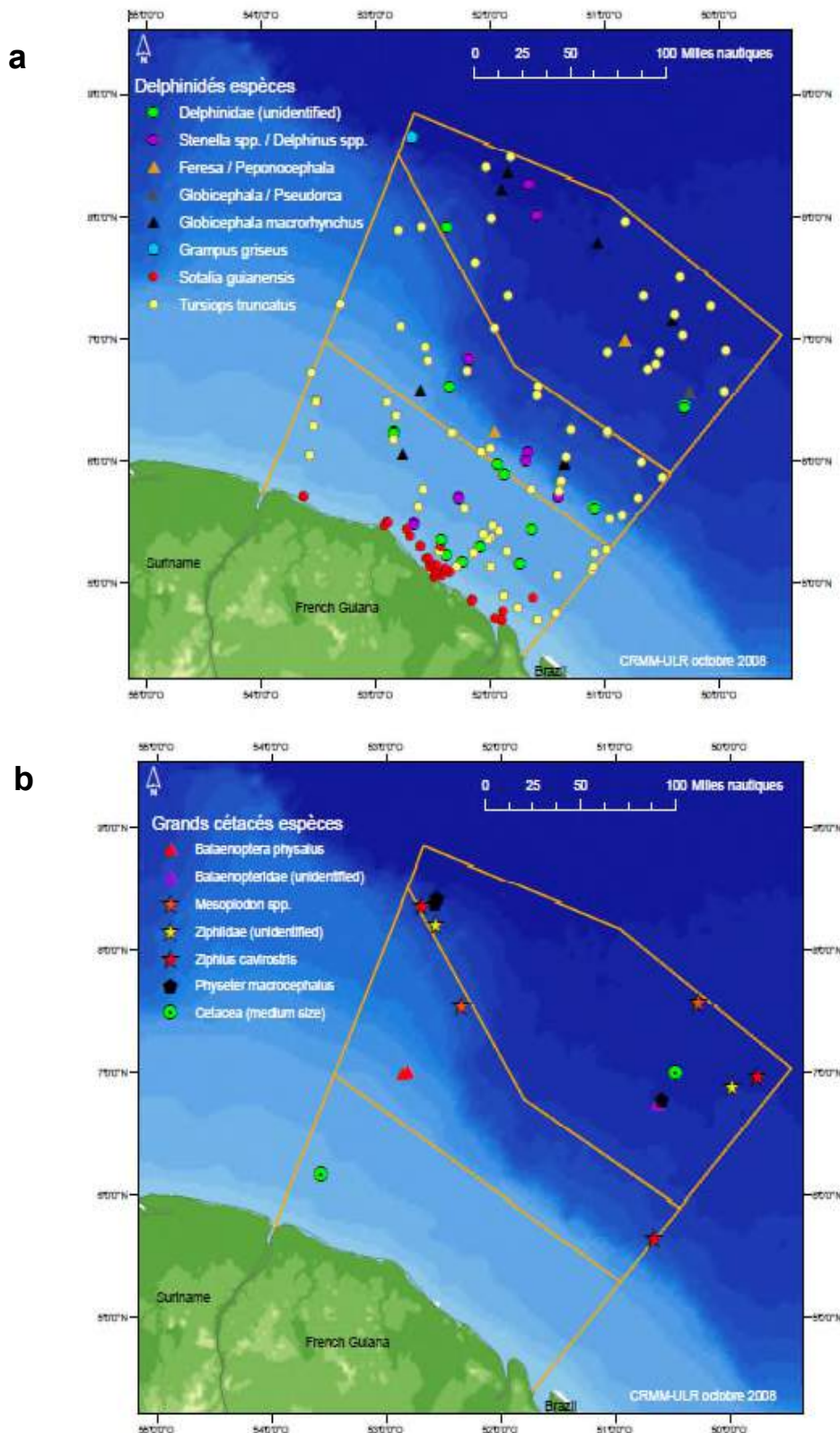
Espèces	Nombre d'observations			Taille des groupes	
	Effort	Transit	Total	Min-Max	Moyenne
Cetacea ind.	2		2	-	-
Balaenoptéridae ind.	1		1	-	-
<i>Balaenoptera physalus</i>	2		2	1	-
Delphinidae ind.	12	2	14	1-10	-
<i>Stenella</i> spp. / <i>Delphinus</i> spp.	8		8	1-60	21,5
<i>Tursiops truncatus</i>	70	13	83	1-120	18,8
<i>Sotalia guianensis</i>	22	9	31	1-8	1,6
<i>Grampus griseus</i>	1		1	10	-
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	8		8	2-35	20,3
<i>Globicephala mac.</i> / <i>Pseudorca crassidens</i>	1		1	8	-
<i>Peponocephala electra</i> / <i>Feresa attenuata</i>	3		3	15-20	16,6
<i>Physeter macrocephalus</i>	3		3	1-7	3,3
Ziphiidae ind.	2		2	-	-
<i>Mesoplodon</i> spp.	2		2	1-3	2
<i>Ziphius cavirostris</i>	3		3	1-2	1,6
<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>24</b>	<b>164</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

En termes d'individus la prédominance des petits delphinidés est encore plus importante puisqu'elle représente alors plus de 86% des observations (Figure 91).



Source : Mannoci et al., 2013

**Figure 91. Composition des observations de cétacés**



Source : Van Canneyt et al., 2009

**Figure 92. Distribution des observations de delphinidés (a) et de grands cétacés (b)**

Le grand dauphin est l'espèce majoritairement présente dans la ZEE guyanaise. La sotalie ou dauphin de Guyane est abondante dans la frange côtière, marquée par la turbidité des eaux (Tableau 55). Les densités

de présence des cétacés en Guyane sont relativement importantes (1,8 observations pour 100 km), soit 3 fois plus fortes que par exemple aux Antilles (Mannocci *et al.*, 2013). La différence est d'autant plus parlante si on s'intéresse au nombre d'individus (22,59 contre 4,23 pour 100 km). Les petits delphinidés sont le groupe le plus présent et représentent 83% des odontocètes observés. Le grand dauphin notamment, est particulièrement abondant (37 732 individus, Coefficient de variance CV=0,13) (Tableau suivant).

**Tableau 55. Estimation d'abondance pour les principales espèces observées**

Espèces	Abondance (ind.)	CV
Grand dauphin	37 732	0,13
Sotalie	2 027	0,54

*Source : Mannocci et al., 2013*

#### 2.4.4.2. Campagne d'observations RPS Energy (2010)

##### ► Méthodologie de la campagne

Une campagne d'acquisition sismique a été réalisée entre le 6 septembre 2009 et le 17 février 2010 sur la zone d'étude élargie. Deux Observateurs de Mammifères Marins (MMO) étaient à bord pour appliquer les mesures de mitigation. 1782 heures d'effort d'observation ont été effectuées par les MMO. Les conditions d'observations ont été bonnes à moyennes sur septembre, octobre et novembre puis relativement mauvaises en décembre, janvier et février. Malgré un temps d'observation accru en 2010, 81% des observations réalisées l'ont été en 2009.

##### ► Résultats

81 observations de cétacés ont été effectuées sur la campagne, pour 2085 individus. 14 espèces de cétacés ont été identifiées (Tableau 56).

Le dauphin à long bec est l'espèce majoritairement observée avec 17 observations. 9 observations de globicéphales ont également été collectées, ainsi que de nombreuses observations de petits delphinidés du genre *Stenella* (dont le dauphin bleu et blanc). Plusieurs grandes baleines ont été observées (rorquals communs et baleines à bosse). Des pseudorques, péponocéphales et dauphins de Risso ont été répertoriés ainsi qu'une observation d'orque. Enfin, des cachalots et baleines à bec de Cuviers ont aussi été observés. Pour ces dernières, l'observation concernait un groupe de 9 individus, chose rare pour ces animaux plutôt solitaires.

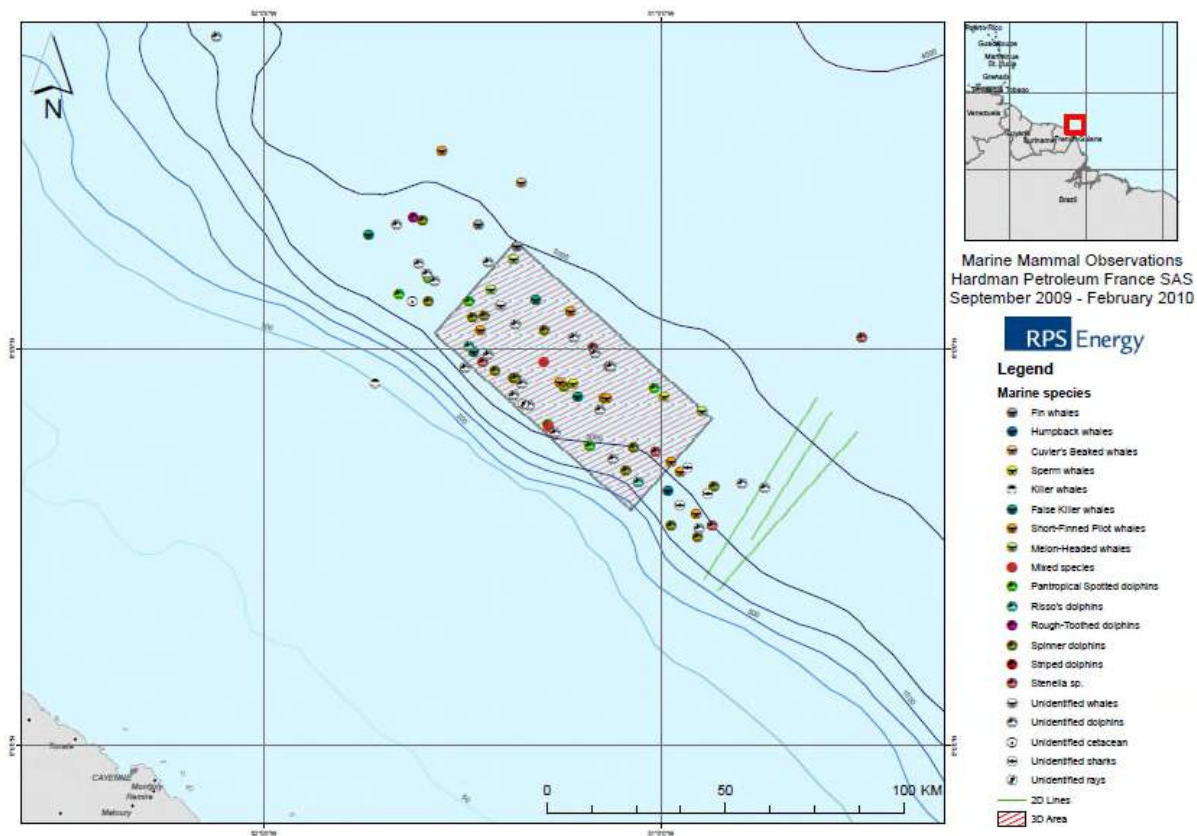


**Tableau 56. Espèces de cétacés observées durant la campagne Hardman (2010)**

Espèces	Nombre observations	Nombre individus	Nombre observations/heure
<b>Baleen Whales (Mysticeti)</b>			
Fin whales ( <i>Balaenoptera physalus</i> )	2	3	0,001
Humpback whales ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )	1	2	0,001
Unidentified whales	1	1	0,001
<b>Toothed Whales (Odontoceti)</b>			
Unidentified dolphins	21	517	0,012
Spinner dolphins ( <i>Stenella longirostris</i> )	17	922	0,010
Short-finned pilot whales ( <i>Globicephala macrorhynchus</i> )	9	104	0,005
Pantropical Spotteci dolphins ( <i>Stenella attenuata</i> )	6	230	0,003
False killer whales ( <i>Pseudorca crassidens</i> )	5	30	0,003
<i>Stenella</i> species	5	51	0,003
Melon-headed whales ( <i>Peponocephala electra</i> )	3	120	0,002
Risso's dolphins ( <i>Grampus griseus</i> )	2	31	0,001
Sperm whales ( <i>Physeter macrocephalus</i> )	2	6	0,001
Mixed species	2	19	0,001
Cuviers beaked whales ( <i>Ziphius cavirostris</i> )	1	9	0,001
Killer whales ( <i>Orcinus orca</i> )	1	5	0,001
Rough-toothed dolphins ( <i>Steno bredanensis</i> )	1	8	0,001
Stripped dolphins ( <i>Stenella coeruleoalba</i> )	1	25	0,001
Unidentified cetaceans	1	2	0,001
<b>Elasmobranchs (Elasmobranchii)</b>			
Unidentified sharks	4	4	0,002
Unidentified rays	1	1	0,001
<b>All species</b>	<b>86</b>	<b>2090</b>	<b>0,048</b>

Source : RPS Energy, 2010

De nombreuses observations ont donc eu lieu sur la zone, mais la répartition des espèces est relativement homogène. Le talus est fréquenté à la fois par des mysticètes, des grands delphinidés, des grands plongeurs et des petits delphinidés (Figure 93). La carte de ce rapport ne permet toutefois pas de comparer les distributions mensuelles puisque toutes les observations sont symbolisées sur la même carte.



Source : RPS Energy, 2010

**Figure 93. Distribution des observations réalisées lors de la campagne RPS Energy 2010**

14 espèces de cétacés ont été identifiées sur la zone : des nombreux petits delphinidés mais également des grands plongeurs, des mysticètes et de grands delphinidés comme les orques, les globicéphales et les dauphins de Risso. Les observations ont toutes eu lieu sur le talus, qui apparait comme un habitat important pour l'ensemble des espèces. La grande majorité des observations a été effectuée entre septembre et novembre. Il est difficile de conclure si les mauvaises conditions météo rencontrées de décembre à février n'ont pas permis d'observer les animaux ou si la présence des cétacés est réellement moins importante à cette période de l'année.

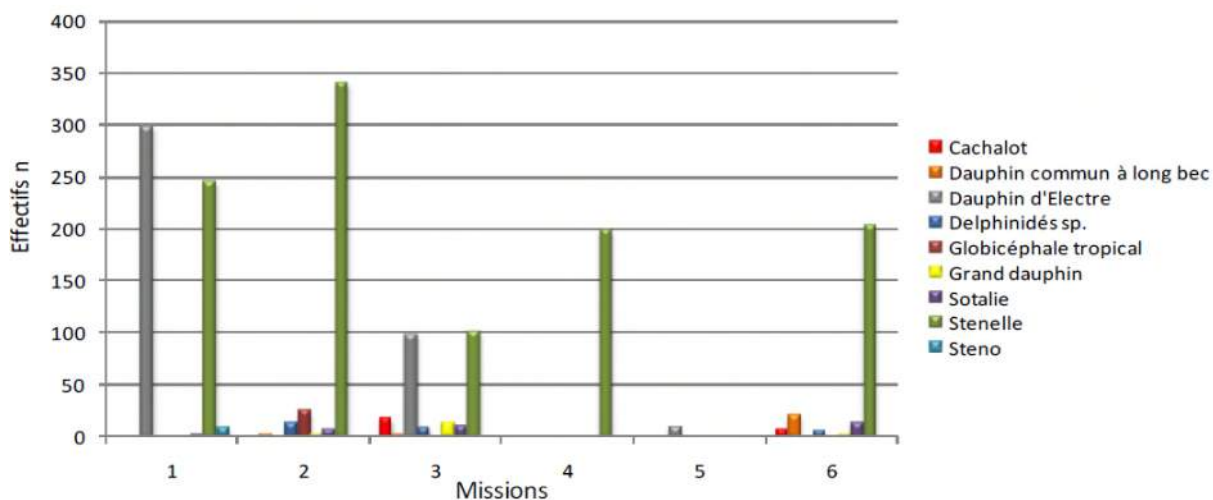
### 2.4.4.3. Inventaires pélagiques GEPOG (2011, 2012)

#### ► Méthodologie de la campagne

Le GEPOG (Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux en Guyane) a entrepris à partir de 2011 un inventaire par bateau de la faune marine de la ZEE Guyanaise. Composé de 6 missions en mer d'une durée de 3 à 5 jours, l'inventaire s'est déroulé entre juillet 2011 et juin 2012. Des prospections acoustiques ont également été réalisées à l'aide d'hydrophones. Des cartes de distribution et des taux de rencontre ont ensuite été réalisés. Les sorties ont ainsi eu lieu en juillet, septembre et novembre 2011, ainsi qu'en janvier, mars, et mai-juin 2012. Un total de 163h d'effort a été réalisé en 2011 et 133h en 2012 pour 2 447 km prospectés. Les conditions météorologiques les plus favorables ont été rencontrées en juillet, septembre et novembre. En janvier, mars et mai-juin, les conditions ont été plus défavorables, en particulier janvier où les prospections ont dû être arrêtées.

#### ► Résultats

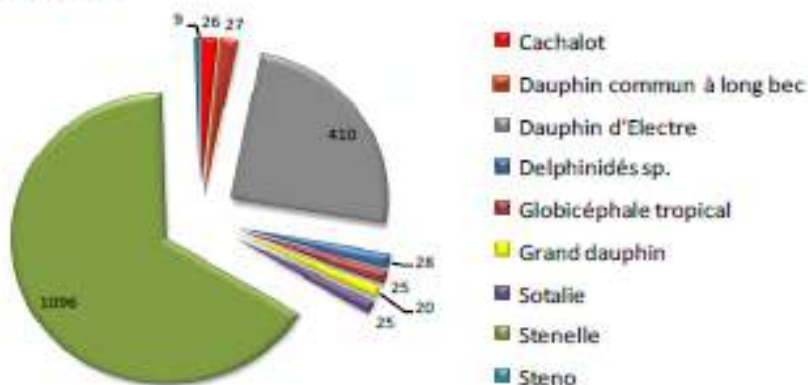
65 observations de cétacés ont été effectuées durant les 6 missions (1 678 individus). Deux familles et dix espèces ont été recensées. Les familles rencontrées ont été les Delphinidés (58 observations et 1652 individus) et les Physétéridés (7 observations et 26 individus). Les espèces les plus fréquentes ont été les dauphins à long bec, dauphins tachetés pantropicaux et dauphins tachetés de l'Atlantique avec respectivement 443 (38% des individus ; 9% des observations), 435 (37% des individus ; 12% des observations) et 208 individus (18% des individus ; 11% des observations.). Les péponocéphales ont été nombreux avec 410 animaux recensés (35% des individus ; 6% des observations). Des Cachalots ont été observés en novembre puis en mai-juin (Figure 94).



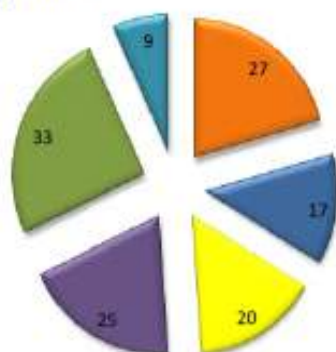
**Figure 94. Effectifs des familles de cétacés recensés lors des différentes missions**

En termes de répartition spatiale, les delphinidés ont été observés dans chacune des strates bathymétriques. Sur le plateau continental, excepté les péponocéphales et les globicéphales tropicaux, toutes les espèces de dauphins ont été rencontrées avec des effectifs sensiblement similaires. Au niveau du talus, les espèces du genre *Stenella* et les péponocéphales ont été largement majoritaires et les quelques observations de globicéphales ont également été enregistrées dans cette strate. Quant à la zone océanique, les observations n'étaient composées que de dauphins du genre *Stenella* et de cachalots (Figure 95).

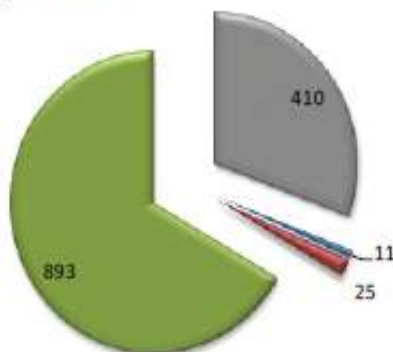
(a) Ensemble de la zone prospectée



(b) Strate P



(c) Strate T



(d) Strate O



Figure 95. Familles de cétacés recensées dans l'ensemble de la zone prospectées (a), sur le plateau continental (b), sur le talus (c) et dans le domaine océanique (d)

Dix espèces de cétacés ont été identifiées lors des 6 missions. Les Delphinidés ont été rencontrés dans toutes les strates bathymétriques. Le dauphin de Guyane a été observé au cours de chaque mission sur le plateau continental. Le dauphin commun à long bec et le grand dauphin ont également été observés à proximité des côtes en septembre, novembre et mai-juin. Quant au sténo, il n'a été rencontré qu'en juillet au large de Kourou et la seule observation de globicéphale tropical a été enregistrée au niveau du talus au mois de septembre. Le groupe de *Stenella*, composé du dauphin à long bec, du dauphin tacheté pantropical et du dauphin tacheté de l'Atlantique, a été rencontré dans toutes les strates et au cours de chaque mission, excepté en mars.

Les Physétéridés ont été rencontrés en novembre et mai-juin dans des secteurs où les profondeurs atteignent au moins 2 000 m.

Des exemples de cartes de distribution des espèces observées sont donnés dans la figure suivante.

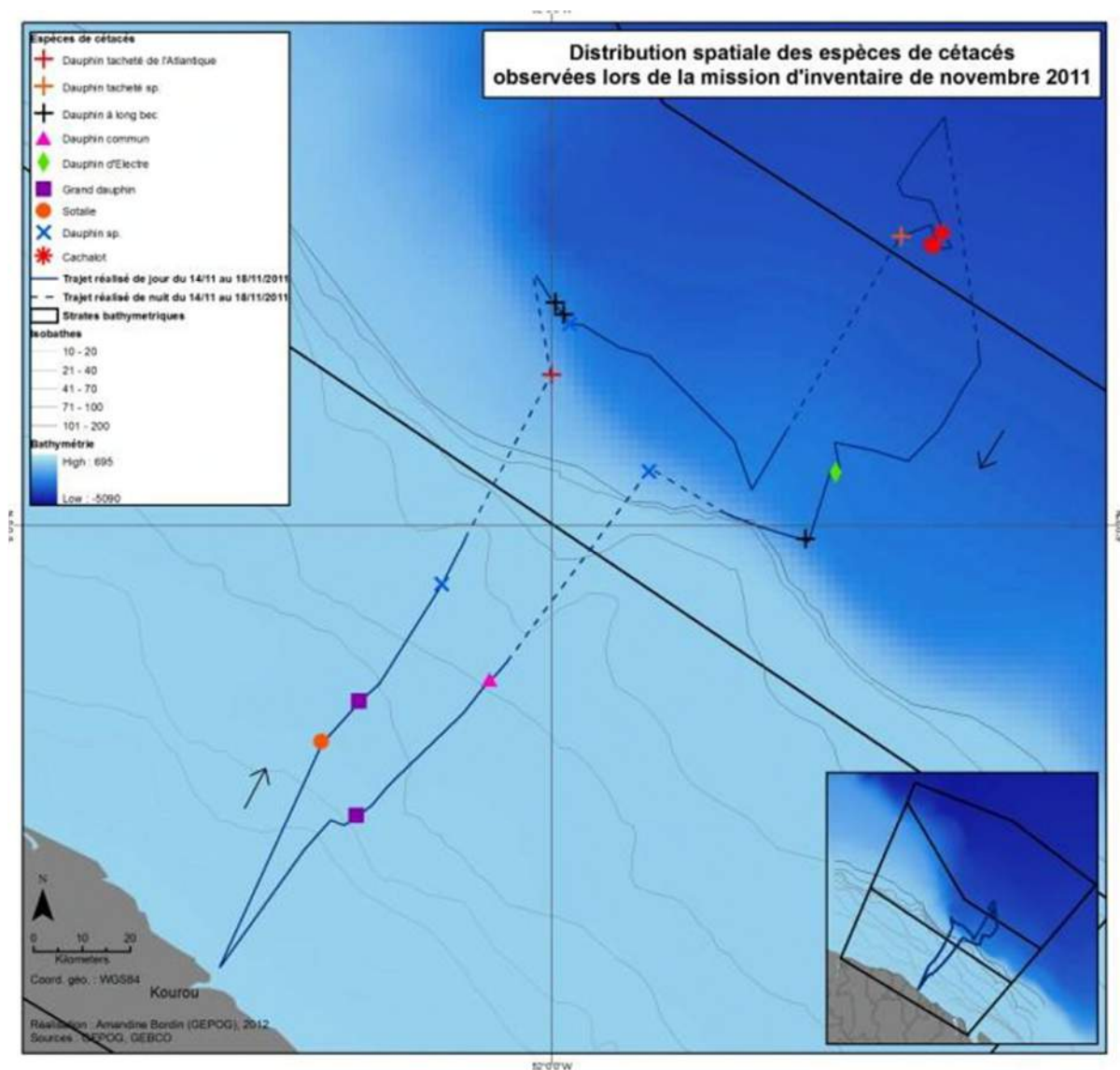
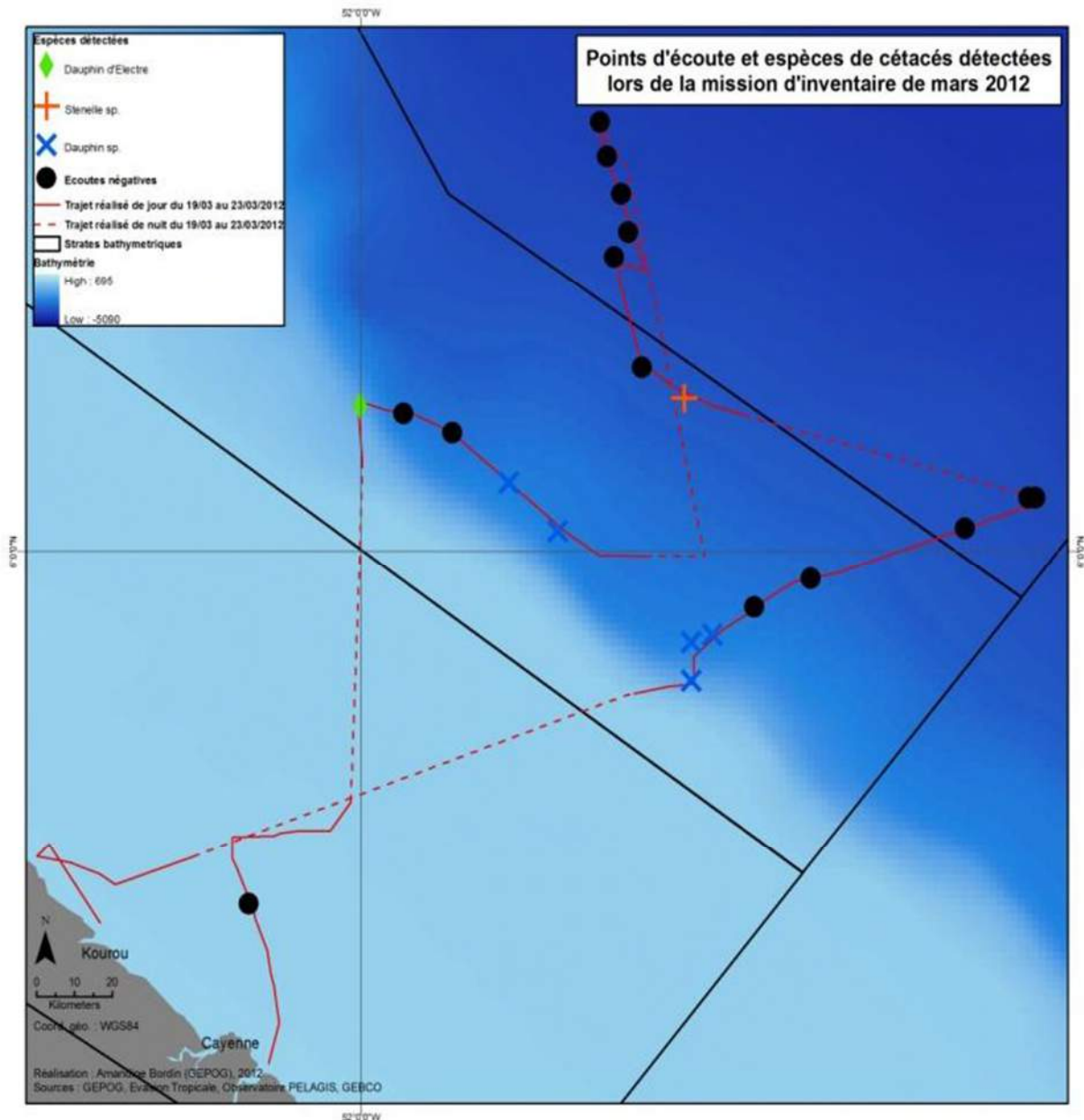


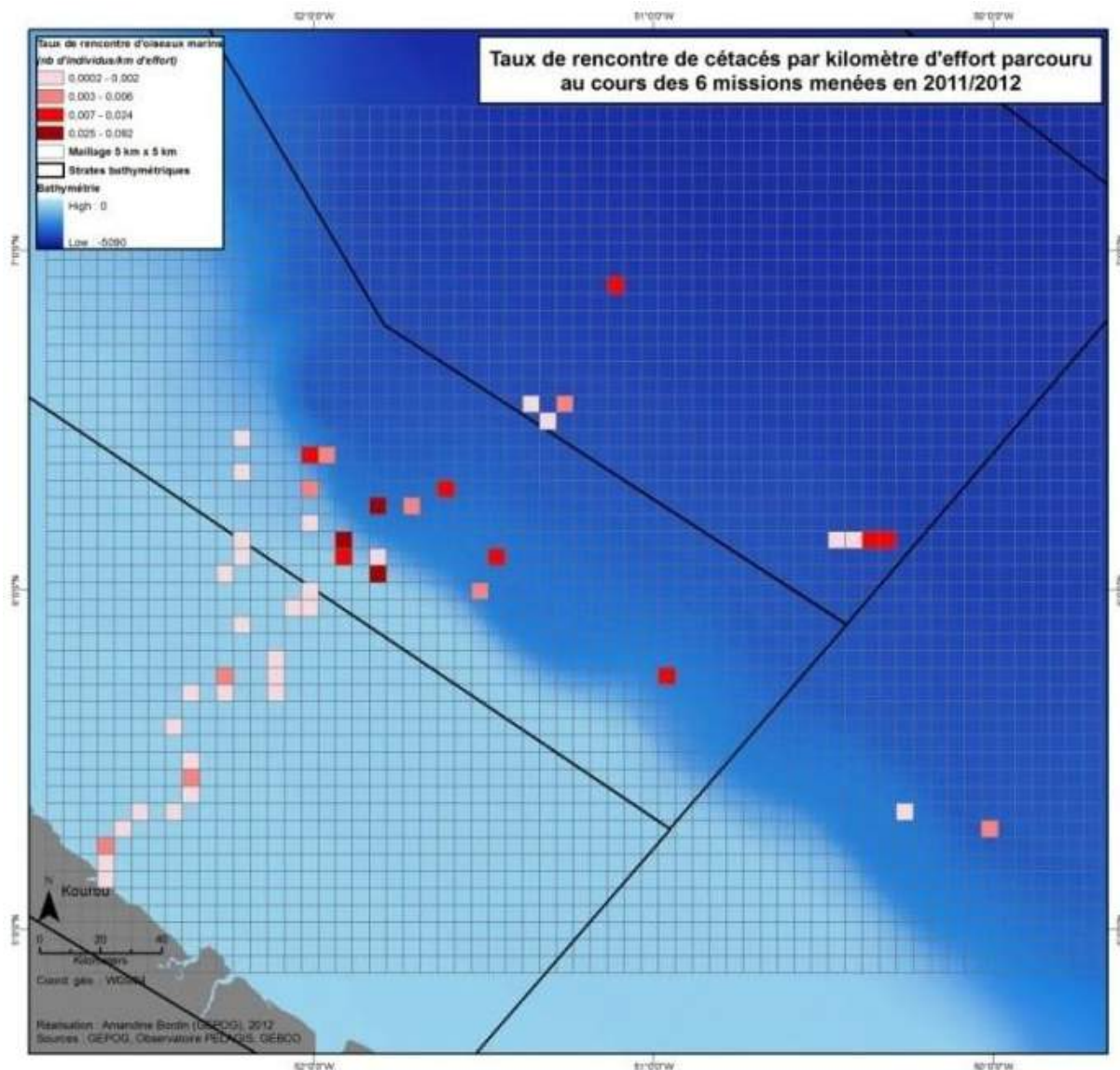
Figure 96. Distribution spatiale des observations de cétacés – novembre 2011





**Figure 97. Points d'écoutes et espèces de cétacés détectées – mars 2012**

54 stations d'écoute acoustique ont été mises en place pendant les missions. 30 écoutes ont été positives et ont permis de détecter des delphinidés et des cachalots (Figure 98). Les Delphinidés ont été majoritairement détectés au niveau du talus continental et sur le plateau. Toutes les détections acoustiques de cachalots ont été effectuées en strate océanique. Des dauphins du genre *Stenella* ont également été entendus dans cette zone.



**Figure 98. Taux de rencontre des cétacés par kilomètre d'effort parcouru pour les 6 missions cumulées**

Les plus forts taux de rencontre pour les cétacés sont estimés entre 0,007 et 0,092 individu/km d'effort. La zone du talus présente les plus importantes concentrations de cétacés alors que le plateau présente des taux de rencontre beaucoup plus faibles. Les fortes valeurs obtenues en domaine océanique confirment une abondance élevée d'individus au large.

Les cétacés ont été principalement rencontrés au niveau du talus continental et en zone océanique. Les Delphinidés ont été largement observés en secteur côtier (Sotalie, dauphin commun, grand dauphin) et océanique (*Stenella* sp, péponocéphale, globicéphale). Les cachalots ont été rencontrés sur le talus et en secteur océanique.

Les petits delphinidés océaniques ont été rencontrés à chacune des missions sur l'ensemble de la zone, attestant du caractère récurrent de leur présence. Le grand dauphin a été observé essentiellement sur le plateau en septembre, novembre et mai. Les globicéphales ont eux aussi été observés en septembre. Les cachalots ont été observés en novembre et mai. La campagne de janvier ne permet pas de conclure.

#### 2.4.4.4. Campagne sismique (2012)

##### ► Méthodologie de la campagne

Une campagne d'acquisition sismique a eu lieu dans la zone est de la ZEE guyanaise du 13 au 30 juillet 2012 à bord du navire de recherche Oceanic Phenix. Deux observateurs de mammifères marins) et un opérateur PAM<sup>27</sup> étaient à bord pour mettre en application les mesures de mitigations pour les mammifères et tortues marines (Schuller *et al.*, 2012).

##### ► Résultats

12 observations visuelles et 4 détections acoustiques ont été effectuées lors de la campagne. 8 espèces de cétacés ont été identifiées visuellement (plus le globicéphale par acoustique). Les dauphins à long bec ont été l'espèce la plus observée (3 observations). De nombreux petits delphinidés ont également été signalés. Plusieurs espèces jusqu'alors non ou peu signalées en Guyane sont à noter (dauphin Clymène et dauphin de Risso) (Tableaux suivants).

Aucune carte des observations n'est fournie dans ce rapport.

**Tableau 57. Espèces de cétacés observées visuellement lors de la campagne Shell en 2012**

Espèces	Nombre d'observations	Nombre d'individus
Steno	1	8
Dauphins à long bec	3	25
Dauphin tacheté pantropical	1	8
Péponocéphale	1	6
Dauphin de Risso	1	5
Dauphin de Fraser	2	?
Dauphin Clymène	1	40
Delphinidés non identifiés	1	?
Grand dauphin	112	?

Source : Schuller *et al.*, 2012

**Tableau 58. Cétacés détectés acoustiquement lors de la campagne Shell en 2012**

Espèces	Nombre d'observations
Grand dauphin	1
Globicéphale	1
Delphinidés non identifiés	2

Source : Schuller *et al.*, 2012

<sup>27</sup> PAM : *Passive Acoustic Monitoring* - Terme anglais qui signifie surveillance acoustique passive.

#### 2.4.4.5. Campagne géophysique 2012 au Suriname

##### ► Méthodologie de la campagne

Une campagne géophysique (de Boer, 2013) utilisant de la sismique a eu lieu au large du Surinam entre le 17 mai et le 3 septembre 2012 à bord du R/V Western Regent. La zone prospectée est au large des côtes dans des milieux similaires à la zone d'étude du projet TOTAL.

Deux observateurs ont effectué des observations de faune marine durant la campagne. 1268h d'effort d'observation ont été effectuées pour un total de 6 073 km.

##### ► Résultats

68 observations ont été effectuées, soit 2 152 individus. 9 espèces de cétacés ont été identifiées. L'espèce de delphinidé majoritairement observée est le dauphin à long bec (9 observations, 410 individus). L'autre espèce dominante est le cachalot avec 8 observations et 67 individus (Tableau 59). Des jeunes ont été observés dans certains groupes, dont une possible observation d'allaitement.

L'observation de rorqual de Bryde est intéressante car rare dans ce secteur.

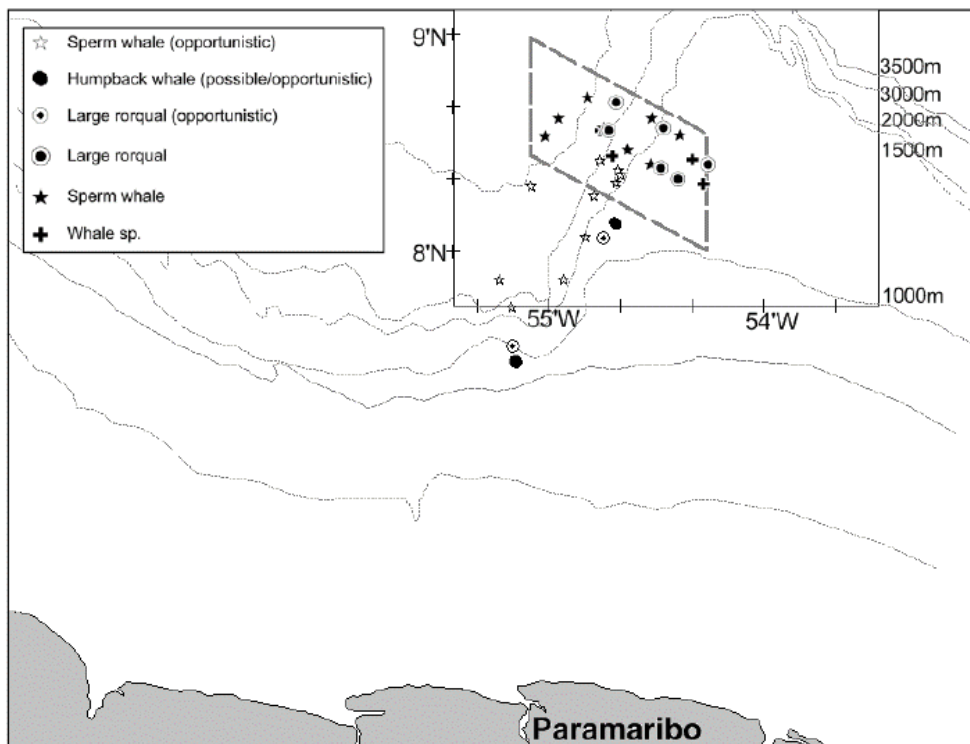
Les observations ont été plus nombreuses de fin juin à début septembre que sur le début de la campagne.

**Tableau 59. Espèce de cétacés observés pendant la campagne au Suriname**

Espèces	Nombre d'observations	Nombre d'individus
Rorqual de Bryde	1	1
Rorqual de Bryde ou boréal	3	5
Cachalot	8	67
Pseudorque	1	3
Péponocéphale	3	520
Dauphin à long bec	9	410
Dauphin tacheté pantropical	3	290
Dauphin de Fraser	2	90
Dauphin commun	1	50
Steno	2	65
Stenella sp	1	30
Delphinidés non identifiés	24	582
Grand delphinidé non identifié	1	30
Baleine non identifiée	4	4
Rorqual non identifié	2	2

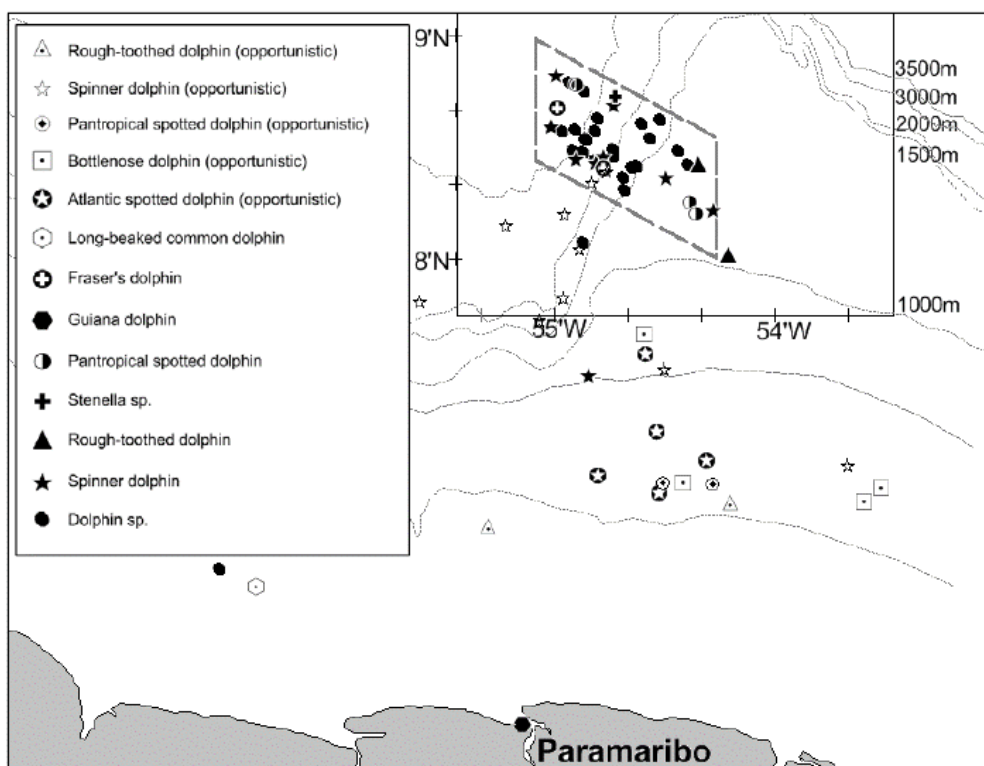
Source : d'après de Boer, 2013

Les observations de cachalots sont distribuées sur l'ensemble de la zone prospectée, sur des fonds de plus de 1 500 m. Les observations de delphinidés sont également plus nombreuses sur le talus et les fonds de plus de 1 500 m. Les points d'observation indiqués comme « opportunistes » dans les cartes ci-dessous proviennent d'observations acquises en dehors de la campagne sismique dédiée mais ont tout de même été figurées à titre informatif (Figures suivantes).



Source : de Boer, 2013

Figure 99. Distribution des observations de mysticètes et cachalots lors de la campagne au Suriname



Source : de Boer, 2013

Figure 100. Distribution des observations de delphinidés lors de la campagne au Suriname



Neuf espèces ont été observées, et notamment les cachalots de façon relativement fréquente. La zone semble donc particulièrement fréquentée entre fin juin et début septembre et pourrait faire office de zone de nurserie. Les petits delphinidés ont également été observés régulièrement sur la zone, la plupart du temps sur des fonds de plus de 1 500 m.

#### 2.4.4.6. Campagne d'observations Créocéan (2013)

##### ► Méthodologie de la campagne

En amont des opérations de forage réalisées en Guyane sur la zone du PGM (secteur Sud Est), la société Shell a contracté Créocéan en 2013 pour la réalisation d'un état initial. Des observations de grande faune pélagique ont été conduites durant la campagne par des biologistes (MMO). Les stations échantillonnées étaient situées majoritairement sur des profondeurs de plus de 2 000 m. La campagne a eu lieu du 21 avril au 21 mai 2013 à bord du navire de recherche GeoExplorer avec deux MMO de la société Geo-Marine. Les MMO ont effectué 306 h d'effort sur environ 840 km. Les conditions d'observations rencontrées ont été globalement moyennes avec une majorité de l'effort d'observation effectuée avec 3 à 5 Beaufort.

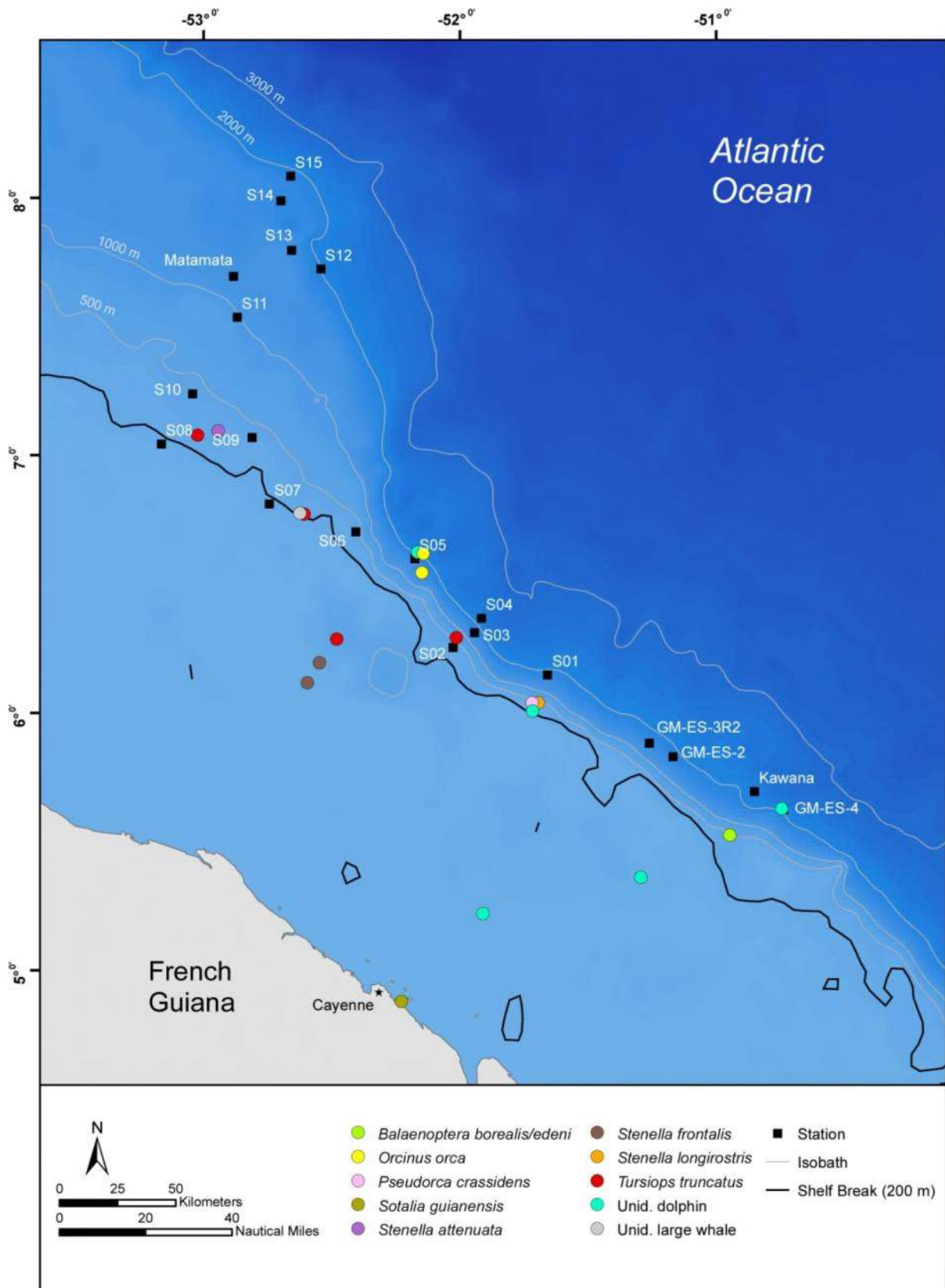
##### ► Résultats

19 observations de cétacés ont été effectuées durant la campagne appartenant à 8 espèces. Le grand dauphin est l'espèce la plus fréquente en termes d'observations (4 observations pour 11 individus). Des petits delphinidés comme le dauphin tacheté de l'Atlantique, le dauphin tacheté pantropical et le dauphin à long bec ont également été observés. 2 observations d'orques sont à signaler, cas rare en Guyane. De même, une observation de rorqual de Bryde ou boréal a été effectuée (Tableau suivant). Une seule autre avait été rapportée jusqu'alors (de Boer, 2013). A noter également que lors d'une des observations de grands dauphins, un nouveau-né a été observé ainsi qu'une femelle probablement gestante. Ces informations apportent des indices intéressants quant à la période de reproduction de ces espèces.

**Tableau 60. Espèces de cétacés observées en 2013**

Espèces	Nombre d'observation	Taille moyenne du groupe <sup>1</sup>	Profondeur d'eau moyenne (mètres)
<i>Balaenoptera edeni/B. borealis</i> Rorqual de Bryde/boréal	1	1	472
<i>Sotalia guianensis</i> Dauphin de Guyane	1	8	2
<i>Tursiops truncatus</i> Grand Dauphin	4	11	374
<i>Stenella attenuata</i> Dauphin tacheté pantropical	1	62	300
<i>Stenella frontalis</i> Dauphin tacheté de l'Atlantique	2	6	88
<i>Stenella longirostris</i> Dauphin à long bec	1	46	363
<i>Pseudorca crassidens</i> Pseudorque	1	3	281
<i>Orcinus orca</i> Orque	2	4	1842
Baleine indéterminée	1	1	213
Dauphin indéterminé	5	8	857

Source : Créocéan, 2013



Source : Créocéan, 2013

**Figure 101. Localisation des observations de cétacés effectuées lors de la campagne Créocéan (2013)**

La majorité des observations a eu lieu sur le talus, hormis quelques observations effectuées sur le plateau. La diversité d'espèces rencontrées sur le talus (rorquals, petits delphinidés, pseudorques...) est intéressante

(Figure 101). Il est toutefois intéressant de noter qu'aucun cachalot n'a été observé, alors qu'ils le sont presque systématiquement sur toutes les campagnes.

8 espèces de cétacés ont été identifiées dont 2 relativement nouvelles pour la zone : l'orque et le rorqual de Bryde ou boréal. La plupart des observations a eu lieu sur le talus, ce qui confirme l'intérêt de la zone pour de nombreuses espèces de cétacés.

#### 2.4.4.7. Campagne d'observations Ifremer (2016)

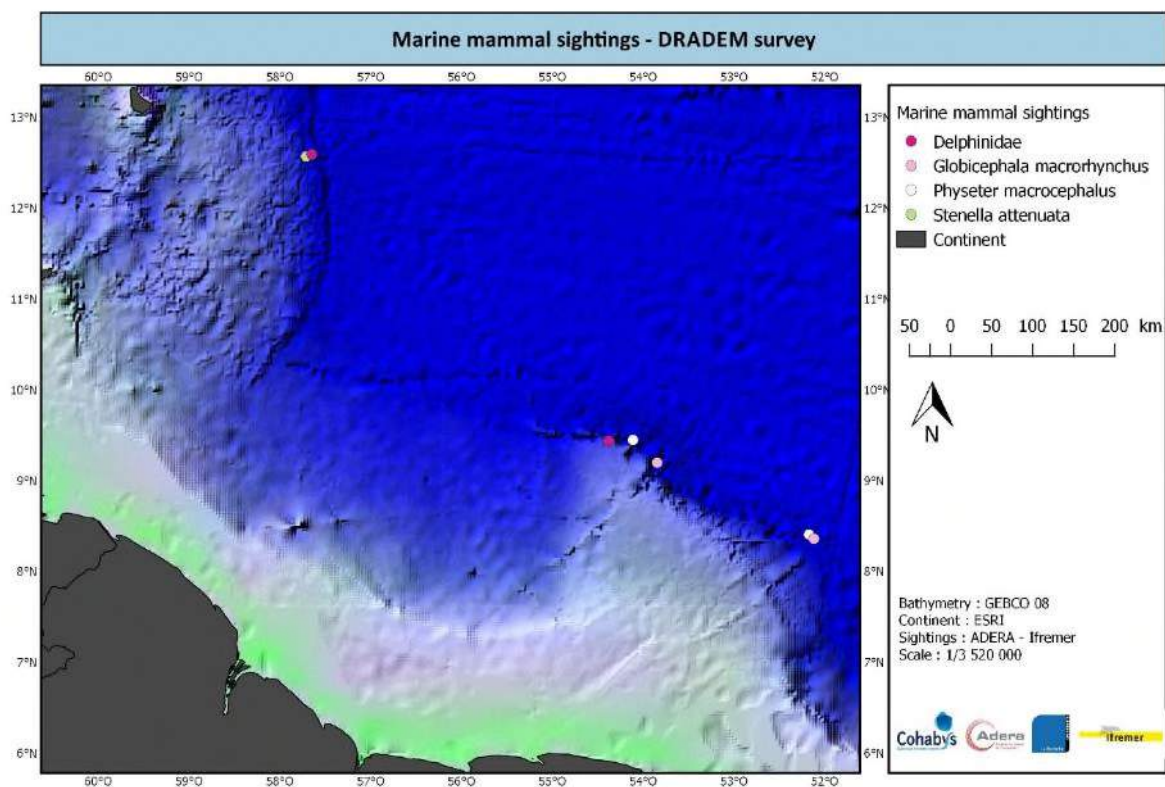
La campagne DRADEM organisée par l'Ifremer s'est déroulée du 10 au 20 juillet 2016 à bord du navire océanographique « Pourquoi Pas ? ». Menée par Ifremer, cette campagne avait pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement géologique du plateau du Démérara, au large du Suriname et de la Guyane française. Deux MMO de Cohabys étaient à bord pour procéder à des observations de faune marine. Plus de 122 h d'effort d'observation ont été conduits lors de la campagne. 50% du temps en effort a bénéficié de bonnes voire d'excellentes conditions d'observation.

Sept observations de cétacés ont été réalisées durant la campagne appartenant à trois espèces : le dauphin tacheté pantropical, le globicéphale tropical et le cachalot. Des delphinidés n'ont pas pu être identifiés (Tableau suivant).

**Tableau 61. Espèces de cétacés observés pendant la campagne DRADEM.**

Espèces	Nombre d'observation	Nombre d'individus
Dauphin tacheté pantropical	1	5
Globicéphale tropical	2	28
Cachalot	2	10
Petits delphinidés non identifiés	2	20

Source : Guillon et Rinaldi, 2016



Source :  
 Guillon et Rinaldi, 2016

**Figure 102. Localisation des observations de cétacés durant la campagne DRADEM**

Les observations effectuées sont localisées exclusivement sur le talus, habitat préférentiel des grands plongeurs (Figure 102).

Peu d'observations ont été effectuées en 10 jours de campagne. Cependant la plupart des observations concernent des grands plongeurs (cachalots et globicéphales), ce qui confirme leur présence dans ce secteur.

#### 2.4.4.8. Campagne d'observations, Ifremer (2016)

La campagne MARGATS (Guillon *et al.*, 2016) a eu lieu du 21 octobre au 15 novembre 2016 à bord du N/O L'Atalante. Menée par Ifremer et l'Université de Bretagne Occidentale. Cette campagne avait pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement des marges transformantes en général et du plateau de Démérara en particulier. Cette campagne a utilisé de la sismique réflexion et réfraction. Trois MMOs et un opérateur PAM de Cohabys étaient à bord pour mettre en place les procédures de mitigation définies par Ifremer.

Près de 300 h d'effort d'observation visuel ont été réalisées (207h en observation classique et 92h lors des tirs sismiques) pour 2 468 km parcourus (1 739 en observation classique et 729 en tirs sismiques). 102h de surveillance acoustique ont également été effectuées par l'opératrice PAM (de nuit), soit 920 km.

Durant les périodes d'observation, 69% de l'effort a été réalisé avec des conditions bonnes ou excellentes, 31% avec des conditions moyennes ou mauvaises.

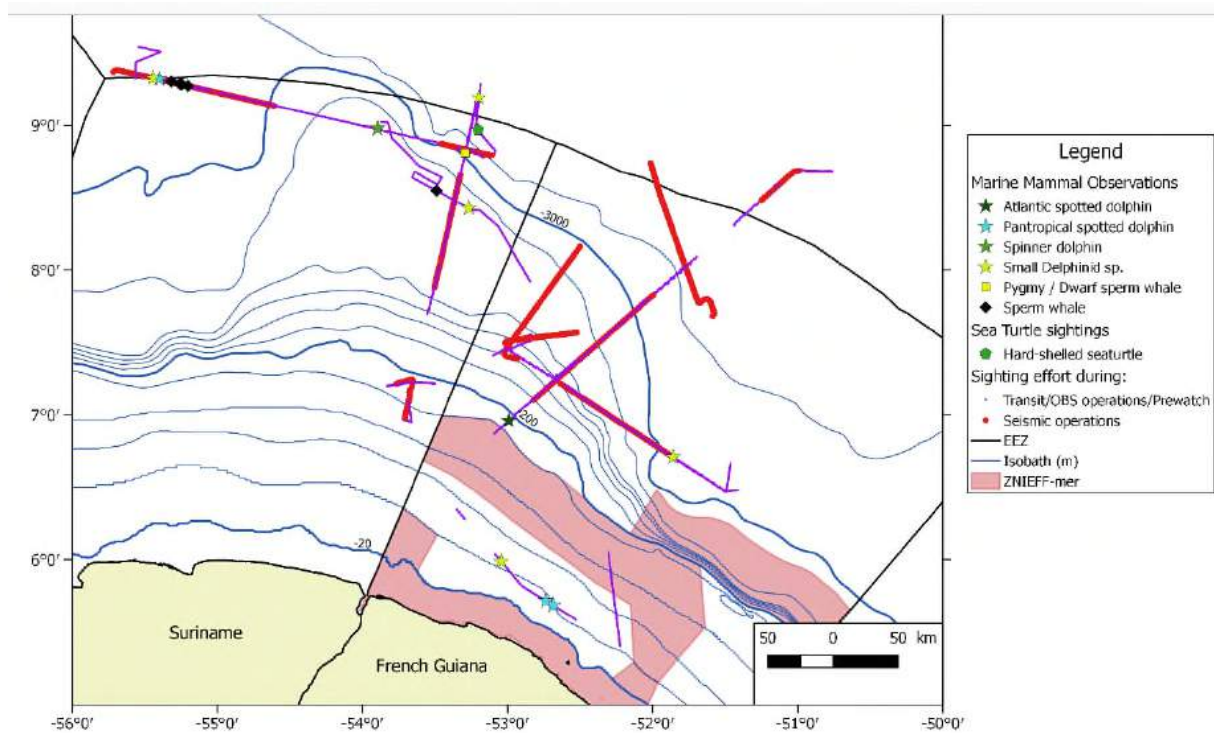
15 observations de cétacés ont été effectuées durant la campagne correspondant à 4 espèces : le dauphin à long bec, le dauphin tacheté pantropical, le dauphin tacheté de l'Atlantique et le cachalot. Une carcasse de cachalot nain (*Kogia sima*) a également été observée (Tableau 62).

**Tableau 62. Espèces de cétacés observées durant la campagne MARGATS**

Espèces	Nombre d'observation	Nombre d'individus
Dauphin tacheté de l'Atlantique	1	20
Dauphin tacheté pantropical	3	90
Dauphin à long bec	1	50
Cachalot	5	8
Petits delphinidés non identifiés	5	450
Cachalot nain	1 - mort	1 - mort

Source : Guillon et al., 2016

La majorité des observations a eu lieu dans la ZEE du Suriname. Du côté Guyane, les observations ont concerné des dauphins tachetés pantropicaux, des dauphins long bec et des delphinidés non identifiés (Figure 103).

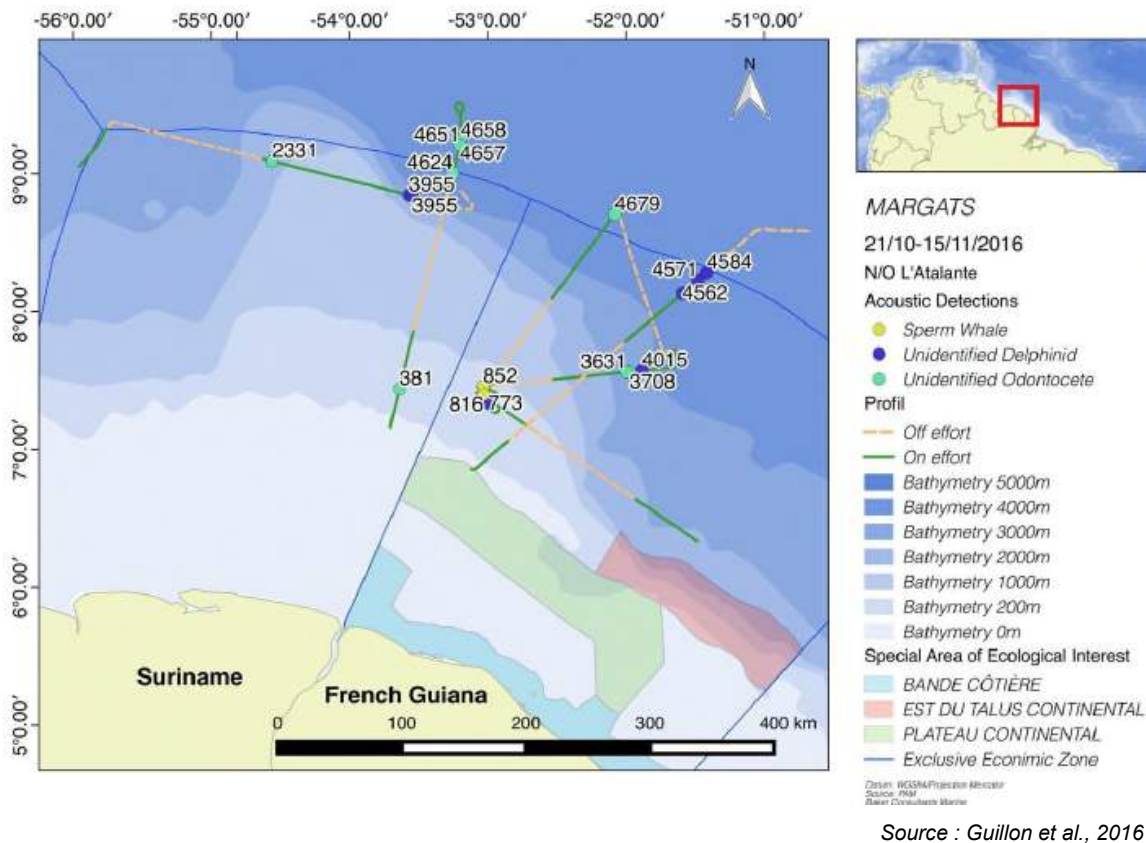


Source : Guillon et al., 2016

**Figure 103. Distribution des observations de cétacés et tortues durant la campagne MARGATS**



18 détections acoustiques ont été effectuées : 8 ont concerné des delphinidés non identifiés à l'espèce, 8 des odontocètes non identifiés et 2 des cachalots. Les détections de cachalots ont eu lieu sur le talus, les détections de petits delphinidés en domaine océanique. Contrairement aux observations visuelles, la majorité des détections ont eu lieu côté Guyane (Figure 104).



**Figure 104. Localisation des détections acoustiques effectuées pendant la campagne MARGATS**

Lors de la campagne MARGATS, qui a eu lieu du 21 octobre au 15 novembre 2016 à bord du N/O L'Atalante, 4 espèces de cétacés ont été formellement identifiées : le dauphin tacheté pantropical, le dauphin tacheté de l'Atlantique, le dauphin à long bec et le cachalot. Une carcasse de cachalot nain a été observée, indice que l'espèce peut être présente dans la zone. Les détections acoustiques ont été plus nombreuses que les observations visuelles. Observations et détections ont majoritairement eu lieu sur le talus.

#### 2.4.4.9. Synthèse sur les cétacés

La Guyane accueille une diversité spécifique de cétacés particulièrement importante. Une vingtaine d'espèces y sont observées. Les delphinidés sont majoritaires, avec à la fois des petits delphinidés du genre *Stenella* et le grand dauphin, et des grands delphinidés comme le globicéphale, le pseudorque et le péponocéphale. Des baleines sont également rencontrées en domaine océanique (rorqual commun, baleine à bosse), ainsi que de nombreux cachalots. Enfin des baleines à bec ont également été observées sur le talus. L'hypothèse que les eaux guyanaises seraient une zone de mise-bas et de nurserie semble se confirmer pour plusieurs espèces (cachalot, grand dauphin et possiblement baleine à bec) (de Boer, 2013 ; RPS Energy, 2010 ; Créocéan, 2013).

Certaines espèces sont observées très régulièrement, et leur présence à l'année sur la zone fait peu de doute. C'est notamment le cas pour le grand dauphin, la sotalie, le dauphin à long bec, le dauphin tacheté pantropical, le dauphin tacheté de l'Atlantique et le cachalot. Pour d'autres espèces, les informations récoltées sont moins nombreuses mais attestent tout de même d'une présence récurrente, au moins saisonnièrement : l'orque,

observé entre septembre et février et avril-mai ; le globicéphale, observé entre juillet et novembre ; le pseudorque, observé en octobre et avril-mai ; le péponocéphale observé entre juillet et février ; le sténo, observé en juillet et entre septembre et février et le dauphin de Risso, observé entre juillet et septembre. Les connaissances sur la présence de certaines autres espèces dans la zone restent fragmentaires, en particulier pour les grandes baleines (rorquals et baleine à bosse) et baleine à bec de Cuvier pour qui des observations éparses ont eu lieu.

Enfin, une dizaine d'espèce n'ont jamais fait l'objet d'identification formelle en Guyane française mais peuvent potentiellement fréquenter la zone. Elles sont listées dans le Tableau 63.

Globalement, on constate que la fréquentation des mammifères marins est concentrée sur la zone du talus continental et que, de ce secteur, elle diffuse vers le large et vers la cote. La zone d'étude spécifique au projet est donc largement utilisée par les cétacés, avec un secteur de concentration élevée relativement proche. De nombreuses observations ont eu lieu dans la zone d'étude élargie : delphinidés du genre *Stenella*, péponocéphales, grands dauphins mais aussi cachalot et balénoptéridés... Au sein même de la zone d'étude rapprochée, une composition spécifique relativement variée a été observée : dauphins à long bec, dauphins tachetés, grands dauphins, péponocéphales et orques.

Etant donné l'hétérogénéité de l'effort d'observation dans la ZEE lors des différentes campagnes menées, il est difficile de déterminer si la concentration d'observations dans certaines zones reflète un réel intérêt écologique du secteur pour les espèces en question ou un sur-échantillonnage de la zone. Il apparaît toutefois que le talus continental est une zone très fréquentée par les mammifères marins.

Cette synthèse se base sur la bibliographie existante et les données disponibles au moment de sa rédaction. Elle peut donc ne pas être exhaustive, mais entend faire le bilan des éléments de connaissance actuels. Il convient de noter que l'acquisition de connaissances sur la grande faune marine en Guyane est somme toute récente. Des informations précieuses ont déjà été collectées par les structures académiques, les associations locales mais également dans le cadre des explorations pétrolières. Néanmoins, les informations existantes présentent des lacunes, notamment en termes de saisonnalité. Les données sont collectées le plus souvent de façon opportuniste, et ne permettent donc pas de définir un plan d'échantillonnage et une fréquence adaptée. Les recensements organisés sont généralement une image à un moment donné de la distribution. Il est donc difficile de conclure sur la saisonnalité des espèces présentes, en particulier pour des mois peu prospectés en raison des mauvaises conditions météorologiques (décembre à mars en particulier).

Par ailleurs, l'accès à certains jeux de données est difficile, ce qui complique le travail de synthèse engagé ici. La bancarisation de l'ensemble des données existantes sur la zone et leur accessibilité est donc à encourager afin que les études d'impact puissent se baser sur tous les éléments existants.



**Tableau 63. Récapitulatif des principales espèces de mammifères marins observés en Guyane**

Famille	Nom latin	Nom commun	Présence	Période	Secteur	Statut IUCN mondial	Statut IUCN Guyane
Balénoptéridés	<i>Balaenoptera physalus</i>	Rorqual commun	occasionnelle	octobre, février	Océanique / Talus	EN	DD
	<i>Balaenoptera brydei/edeni</i>	Rorqual de Bryde	occasionnelle	avril-mai	Océanique / Talus / Plateau	DD	-
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleine à bosse	occasionnelle	entre septembre et février	Océanique / Talus	LC	DD
Physéteridés	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot	commune, reproduction	Toute l'année, zone de nurserie entre juin et septembre ?	Océanique / Talus	VU	VU
Ziphiidés	<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleine à bec de cuvier	occasionnelle	octobre, entre septembre et février	Océanique / Talus	LC	DD
Delphinidés	<i>Orcinus orca</i>	Orque	occasionnelle	avril-mai, entre septembre et février	Océanique / Talus	DD	DD
	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale tropical	commune	juillet, septembre, octobre, novembre	Océanique / Talus / Plateau	DD	DD
	<i>Pseudorca crassidens</i>	Pseudorque	occasionnelle	octobre, avril- mai	Océanique / Talus / Plateau / côtier	DD	DD
	<i>Peponocephala electra</i>	Péponocéphale	commune	octobre, juillet, entre septembre et février	Talus	LC	DD
	<i>Sotalia guianensis</i>	Dauphin de Guyane	commune	toute l'année	Côtier	DD	EN
	<i>Steno bredanensis</i>	Sténo	commune	juillet, entre septembre et février	Talus / Plateau	LC	DD
	<i>Grampus griseus</i>	Dauphin de Risso	commune	juillet, septembre	Océanique / Talus	LC	DD
	<i>Tursiops truncatus</i>	Grand dauphin	commune, reproduction	toute l'année, observation de nouveau-né en avril-mai	Talus / Plateau / côtier	LC	LC
	<i>Stenella longirostris</i>	Dauphin à long bec	commune	toute l'année	Océanique / Talus	DD	LC
	<i>Stenella frontalis</i>	Dauphin tacheté de l'Atlantique	commune	toute l'année	Talus / Plateau	DD	DD
	<i>Stenella attenuata</i>	Dauphin tacheté pantropical	commune	toute l'année	Océanique / Talus	LC	LC
	<i>Delphinus delphis</i>	Dauphin commun	occasionnelle	?	Plateau	LC	DD
	Trichechidés	<i>Trichechus manatus</i>	Lamantin	commune	toute l'année	Côtier	VU

**Tableau 64. Liste des espèces de mammifères marins potentiellement présent en Guyane mais non encore observés ou formellement identifiés**

Famille	Nom latin	Nom commun	Présence	Secteur	Statut IUCN	
					mondial	Guyane
Kogiidés	<i>Kogia breviceps</i>	Cachalot pygmée	possible	Océanique / Talus	DD	-
	<i>Kogia sima</i>	Cachalot nain	possible	Océanique / Talus	DD	-
Ziphiidés	<i>Mesoplodon densirostris</i>	Baleine à bec de Blainville	possible	Océanique / Talus	DD	-
	<i>Mesoplodon europaeus</i>	Baleine à bec de Gervais	possible	Océanique / Talus	DD	-
Delphinidés	<i>Feresa attenuata</i>	Orque pygmée	possible	Talus / Océanique	DD	-
	<i>Stenella clymene</i>	Dauphin de Clymene	possible	Océanique / Talus	DD	-
	<i>Lagenodelphis hosei</i>	Dauphin de Fraser	possible	Océanique / Talus	LC	-
	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Dauphin bleu et blanc	possible	Océanique	LC	-
Balaenoptéridés	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Petit rorqual	possible	Océanique / Talus / Plateau	LC	-
	<i>Balaenoptera musculus</i>	Baleine bleue (Rorqual bleu)	occasionnelle	Océanique / Talus	EN	DD

Légende des statuts UICN

- **DD** pour **Data Deficient** (en français: Données insuffisantes)
- **EN** pour **Endangered** (en français: En danger)
- **VU** pour **Vulnerable** (en français: Vulnérable)
- **LC** pour **Least Concern** (en français: Préoccupation mineure)



## 2.5. Patrimoine et services et fonctionnalités écosystémiques

### 2.5.1. Patrimoine naturel

#### 2.5.1.1. Les ZNIEFF

Il n'existe pas en Guyane de zones protégées en mer mais des zones d'inventaires du patrimoine naturel (ZNIEFF).

Les ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique) correspondent à un inventaire lancé à l'initiative du Ministère chargé de l'Environnement en 1982, avec l'appui du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN). Il a pour objectif de recenser les zones importantes de patrimoine naturel national, régional ou local.

Deux types de ZNIEFF se distinguent :

- **les ZNIEFF de type 1** : ce sont des secteurs de superficie limitée caractérisés par leur intérêt biologique remarquable, et qui constituent le plus souvent des portions de ZNIEFF de type 2,
- **les ZNIEFF de type 2** : ce sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Ils constituent des zones de richesses naturelles plus diffuses et sont moins sensibles que les ZNIEFF de type 1.

Le projet d'exploration pétrolière (zone d'étude rapprochée) se trouve au sein de la ZNIEFF de type 2 « Est du Talus continental » et se trouve également à proximité de la ZNIEFF de type 2 « Plateau continental ». Ces zones ont fait l'objet de mesures d'inventaire en raison de leur fréquentation par des mammifères marins, des tortues marines, des oiseaux et des poissons d'intérêt patrimonial.

Plusieurs espèces fréquentant ou survolant les eaux marines guyanaises sont inscrites sur des conventions internationales de protection de la faune applicables en Guyane (Convention de Carthage, Convention sur la conservation des espèces migratrices (CMS), etc.).

Les autres espaces naturels protégés sont terrestres ou se situent sur la bande côtière, éloignés de 150 km du projet.

La densité relativement importante de cétacés et la présence notable de certaines espèces menacées ont constitué des éléments clés dans l'établissement des ZNIEFFs-Mer (Zone d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) au large de la Guyane (Bordin *et al.*, 2012), avec l'établissement d'une ZNIEFF sur le plateau, et d'une ZNIEFF sur la partie est du talus qui a aussi été classée pour les mêmes raisons en Zone Clé pour la Biodiversité (Roger *et al.*, 2016).

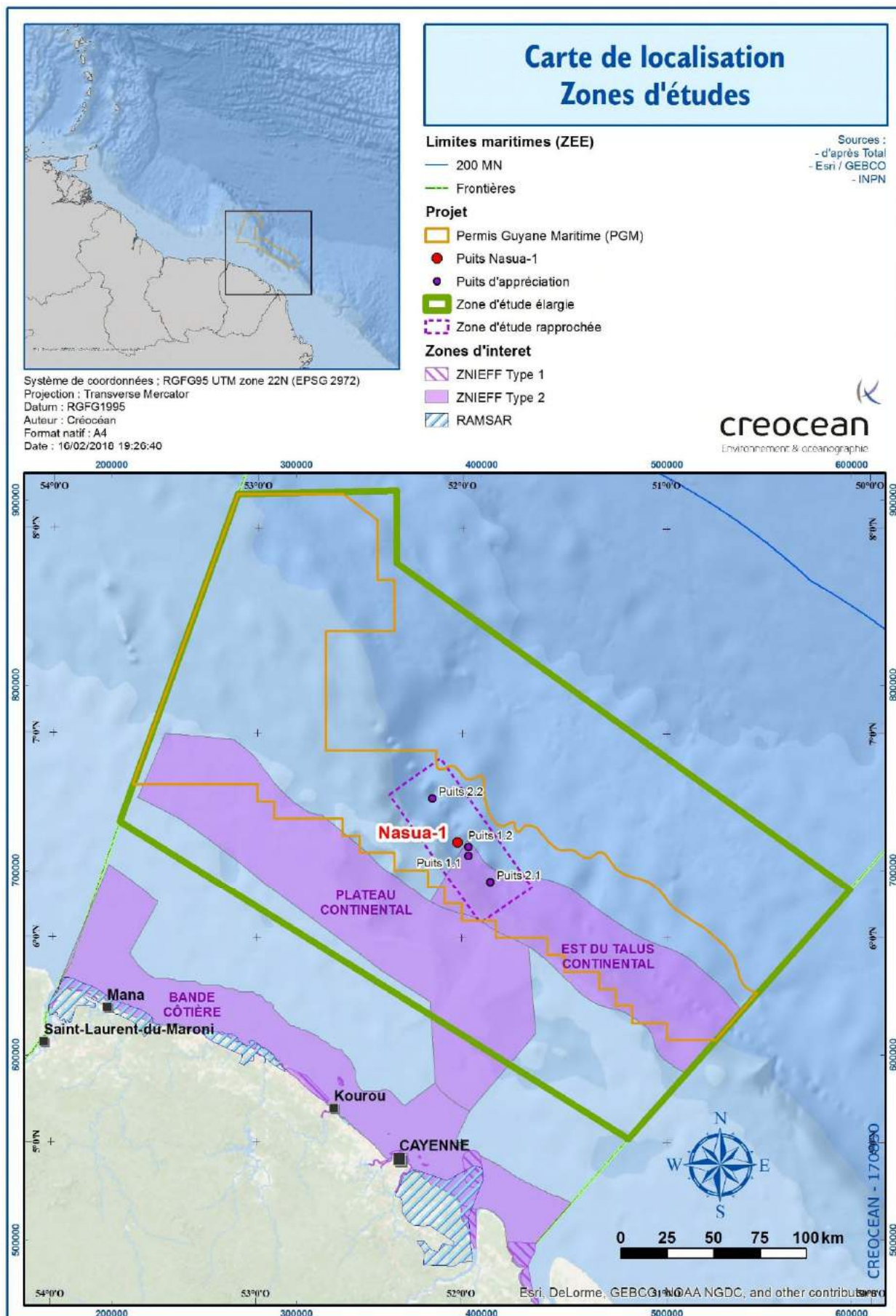


Figure 106. Localisation des ZNIEFF

### 2.5.1.2. Les espèces inscrites sur les listes UICN

Les espèces citées ci-dessous incluent les poissons, les tortues marines, les oiseaux marins et les cétacés. Elles ne concernent pas les herbiers de phanérogames qui sont hors zone d'étude, les macroalgues ou les espèces des récifs mésophotiques qui sont insuffisamment connus pour savoir s'ils abritent des espèces protégées. Il faut souligner toutefois sur ces récifs la présence probable d'espèces à caractère patrimonial comme les coraux coloniaux et/ou solitaires, certains gorgonaires et antipathaires (coraux noirs), des poissons de récifs coralliens et des grands crustacés comme notamment la grande cigale (cf *Scyllarides latus*).

#### ► Les poissons

Plusieurs espèces de poissons présentes en Guyane sont inscrites sur la liste rouge mondiale de l'IUCN mais aucune ne dispose d'un statut national particulier.

43 espèces de poissons fréquentant les eaux Guyanaises sont inscrites sur la liste rouge de l'IUCN. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Concernant les poissons chondrichthyens, 30 espèces sont citées sur la liste rouge de l'IUCN, dont 10 des 11 espèces des Carcharhinidae présentes en Guyane, 4 des espèces des Sphynidae et 2 espèces des Triakidae de Guyane. Les 2 espèces représentatives de l'ordre des Orectolobiformes et des Squatiniformes sont également citées. Parmi l'ordre des raies, 11 des espèces présentes en Guyane sur 12 sont citées sur la liste rouge de l'IUCN, à savoir 5 Dasyatidae, 1 Urolophidae, 2 Myliobatidae, 1 Mobulidae, 1 Gymnuridae. L'espèce représentante de l'ordre des Torpediniformes est également sur la liste.

13 poissons téléostéens sont aussi cités sur la liste rouge de l'IUCN dont 11 Serranidae, 1 Balistidae et 1 Lutjanidae.

Les espèces observées en Guyane et listées dans l'annexe 2 de la convention CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, janvier 2018) sont les suivantes : les raies manta (et mobula) ; le requin pèlerin ; les requins marteaux.

#### ► Les tortues marines

Cinq espèces sont recensées en Guyane :

- la tortue luth (*Dermochelys coriacea*),
- la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*),
- la tortue verte (*Chelonia mydas*),
- la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*),
- la tortue caouanne (*Caretta caretta*) - occasionnelle.

Elles sont intégralement protégées par l'Arrêté du 14 octobre 2005 (JORF du 06/12/2005), fixant la liste des tortues marines protégées dans le département de la Guyane, et sont classées dans la liste rouge de l'IUCN.

#### ► Les oiseaux

Une communauté importante d'oiseaux de mer est observée en Guyane, dont les principales espèces sont les suivantes (AAMP, 2009) :

- la frégate superbe (*Fregata magnificens*),
- la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*),
- la sterne de Cayenne (*Thalasseus sandvicensis eurygnatha*), la sterne royale (*Thalasseus maximus*) et la mouette atricille (*Leucophaeus atricilla*) nichent au Grand Connetable,
- la sterne fuligineuse (*Sterna fuscata*) et le nodd brun (*Anous stolidus*),
- le puffin des Anglais (*Puffinus puffinus*),
- l'océanite cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*) et l'océanite de Wilson (*Oceanites oceanicus*).

La frégate, les sternes, les noddis, les mouettes et les goélands sont intégralement protégés en Guyane (Légifrance, 1986 : Arrêté Ministeriel du 15 mai 1986). La plupart des espèces sont classées dans la catégorie 'préoccupation mineure' (LC) de la liste rouge de l'IUCN à l'échelle mondiale. En Guyane, la frégate superbe est classée comme « en danger », et plusieurs espèces de laridés sont vulnérables.

Le tableau 46 présenté en section 2.4.3 liste les différentes espèces qui bénéficient d'un statut UICN.

## ► Les cétacés

La diversité de cétacés est relativement importante en Guyane, avec 24 espèces supposées et 18 espèces identifiées avec certitude.

Trois espèces présentes en Guyane sont classées dans la liste rouge mondiale de l'UICN : le rorqual commun et le rorqual bleu sont classés dans la catégorie et le cachalot dans la catégorie *Vulnérable* (VU). A l'échelle régionale, les rorquals ont été classés dans la catégorie *Manque de données* (DD), le cachalot a été classé dans la catégorie *Vulnérable* et le dauphin de Guyane dans la catégorie *En danger* (UICN *et al.*, 2017). Le dauphin de Guyane ou sotalie (*Sotalia guianensis*), espèce estuarienne, ainsi que le lamentin (*Trichechus manatus*) ont un statut IUCN *En Danger* (EN), mais elles ne fréquentent pas la zone d'étude.

Le cachalot ainsi que l'ensemble des delphinidés, à l'exception de l'orque, ont été identifiés comme reproducteurs certains ou probables dans la ZEE de Guyane (UICN, 2017).

## 2.5.2. Fonctionnalités

L'espace marin guyanais s'étend du littoral (comprenant les fleuves et les estuaires) aux fonds abyssaux à une distance de 200 milles nautiques et représente une superficie de 126 000 km<sup>2</sup> en comparaison des 84 000 km<sup>2</sup> de terre ferme guyanaise. Il est influencé par les apports amazoniens ce qui le rend singulier par sa dynamique et sa dimension exceptionnelle. La côte guyanaise est la côte vaseuse la plus étendue au monde. C'est l'une des plus dynamiques et elle ne peut être appréhendée qu'à partir d'une vision régionale globale partant de l'Amazone à l'Orénoque.

### Un projet situé en zone abyssale

La zone d'étude élargie du projet recouvre à la fois une partie du plateau continental et une partie de la zone abyssale (domaine profond) de la Guyane. Les eaux marines de ces zones sont influencées par de nombreux facteurs environnementaux locaux (apports des cours d'eau locaux et mangroves, processus de remises en suspension...) ou régionaux (apports de l'Amazone en matières dissoutes et particulaires, courant de réflexion nord brésilien, courant des Guyanes...). Ces influences vont façonner la nature de la faune se développant de la bande côtière jusqu'aux plus grandes profondeurs.

### Un rôle important des apports continentaux sur la faune et flore marine

Les eaux douces des fleuves continentaux peu salées et chargées en nutriments se déversent et enrichissent toute l'année les eaux côtières dont profite le phytoplancton marin. Ces apports d'eau douce influencent la température, la salinité, la turbidité et l'enrichissement en nutriments des eaux marines surtout au niveau du plateau continental mais également plus au large. Ils sont plus ou moins importants selon la saison. Ils alimentent la base du réseau trophique. Cet enrichissement est sans doute l'un des facteurs à l'origine de l'abondance avérée des stocks halieutiques et la présence au large de grands cétacés et de nombreuses autres espèces remarquables.

### Des algues microscopiques jusqu'aux mammifères marins : une chaîne alimentaire complète

Les apports continentaux (mais pas uniquement) sont à l'origine d'une chaîne alimentaire complète qui débute par les algues microscopiques et qui se termine par les plus gros prédateurs. Sur le plateau continental, la vie se développe dans les fonds sableux, à leur surface et en pleine eau. Le plancton est riche et sert de nourriture à de nombreuses espèces de petite taille, poissons ou invertébrés résidant au voisinage du fond. Ceux-ci sont en majorité enfouis dans le sable ou la vase, sauf s'ils arrivent à se fixer sur une roche. Cette roche affleure vers le large et permet justement le développement d'une vie fixée abondante qui peut profiter directement de l'abondante nourriture en suspension dans l'eau. Roche et invertébrés fixés permettent à de nombreuses espèces de se protéger et de se nourrir. Ce milieu complexe offre en effet des habitats d'une grande richesse. Ils se trouvent à l'extrémité du plateau continental, là où la pente du fond s'accroît et chute rapidement jusqu'aux grandes profondeurs. C'est dans cette zone que les grands cétacés vont trouver le plus de ressources, que ce soit en se nourrissant directement du plancton ou en recherchant des proies de tailles variables. Les grands fonds peuvent être également une source d'apports importants. Au pied de la pente, plus de roche. La vie reste enfouie à la surface du sédiment et de très nombreux petits organismes profitent de la pluie de matières organiques nutritives provenant de la surface pour prospérer.

Les investigations réalisées ont permis de décrire tous les compartiments de cet écosystème complexe. Elles sont basées sur la synthèse d'études existantes mais ont fait l'objet d'observations spécifiques dans le cadre des campagnes de prélèvements décrites précédemment.

### La limite du plateau et le talus continental : un carrefour biologique

Le talus est une zone de transition écologique entre le plateau continental et la plaine abyssale. Il se situe à la frontière entre deux milieux très différents offrant des gradients très élevés de conditions physico-chimiques et de profondeurs. Comme sur la plupart des **écotones** (zone de transition écologique entre plusieurs écosystèmes), la variation rapide des paramètres du milieu engendre une mosaïque d'habitats favorisant une diversité d'espèces très élevée. Le relief constitué par le talus continental modifie la courantologie et les circuits trophiques avec pour conséquence directe la fréquentation du secteur par une forte diversité de cétacés et d'oiseaux marins.

La présence d'un récif mésophotique carbonaté en bordure haute du talus continental contribue à renforcer encore la diversité globale de cet écotone en constituant un habitat très particulier colonisé par des peuplements de substrat dur riches en espèces et très originaux.

## 2.5.3. Services écosystémiques

Le domaine des grands fonds joue un rôle important dans la régénération des nutriments et les cycles biogéochimiques globaux, essentiels au maintien de la production primaire et secondaire dans les océans. Il soutient une grande diversité d'habitats et d'espèces ainsi que d'énormes ressources minérales.

Cependant, la fonction et les services fournis par les écosystèmes des fonds marins n'ont été abordés que récemment (par exemple, Thurber *et al.*, 2014). Les services fournis par les écosystèmes des fonds marins sont classifiés en 4 catégories :

- support,
- régulation,
- approvisionnement,
- culture.

### 2.5.3.1. Services de support et de régulation

Les services de support sont nécessaires à la production de tous les autres services écosystémiques. Les services de régulation sont les bénéfices tirés de la régulation des processus écosystémiques, comme la régulation de la qualité de l'eau.

Pour les écosystèmes d'eau profonde, il s'agit de :

- la circulation de l'eau, en tant que service de soutien et la capacité de la masse en eau profonde à tamponner les cycles de nutriments et de carbone en tant que service de régulation (en particulier l'absorption du CO<sub>2</sub>),
- le recyclage des nutriments, qui est crucial pour la production de biomasse (service de soutien) et constitue également un moyen de séquestration du carbone (service de régulation),
- l'absorption et la désintoxication des contaminants, pour lesquels la haute mer constitue une zone où les contaminants sont stockés (service d'approvisionnement) et où une réhabilitation biologique et une désintoxication peuvent se produire (service de régulation).

### 2.5.3.2. Services d'approvisionnement

Les services d'approvisionnement décrivent les produits ou les rendements énergétiques des écosystèmes. Ils comprennent la nourriture, l'eau et d'autres ressources.

Pour les écosystèmes d'eau profonde, il s'agit de :

- la pêche, grâce à l'exploitation des stocks de poissons d'eau profonde pour la nutrition humaine,
- l'exploitation pétrolière et gazière suite à la découverte de grandes réserves d'hydrocarbures en haute mer et l'amélioration des technologies de forage permettant d'accéder à ces ressources,
- l'extraction de nodules polymétalliques présents dans les abysses pour extraire des éléments métalliques de grande valeur utilisés dans les composants électroniques,
- l'élimination des déchets, pour lesquels la grande profondeur du domaine des grands fonds a servi de dépotoir pour de nombreux types de déchets (substances radioactives, munitions, carcasses d'animaux ...),



- la bio-prospection, pour laquelle l'océan profond représente une source d'un certain nombre de nouveaux produits naturels et médicaux,
- la connexion entre les civilisations ainsi que l'infrastructure humaine, en raison de la stabilité de l'environnement en haute mer qui permet le développement de câbles sous-marins.

### 2.5.3.3. Services culturels

Les services culturels fournis par le domaine des eaux profondes sont les avantages non matériels pour l'humanité.

Ces services comprennent :

- de précieuses connaissances scientifiques,
- valeur éducative,
- avantages économiques générés par la science,
- exploration et découverte,
- services esthétiques et inspirants comme la littérature, le divertissement, les considérations éthiques, le tourisme et la richesse spirituelle et le bien-être.

## 2.6. Bilan

Il ressort de ces investigations que la zone marine de la Guyane est riche et diversifiée, et plus particulièrement au niveau du talus continental qui concentre la plus forte richesse en termes de vie fixée, de poissons et de mammifères.

- La production **phytoplanctonique** est largement influencée par l'apport en nutriments des fleuves, et notamment de l'Amazone. La biodiversité est élevée, en particulier dans les échantillons prélevés lors de la dernière campagne Créocéan de décembre 2017.
- Le **zooplancton** est également riche et diversifié dans tout le domaine maritime guyanais (plateau et domaine profond), avec des peuplements de compositions différentes selon l'éloignement à la côte. La diversité est particulièrement élevée au large.
- La **faune benthique** révèle une forte disparité selon les secteurs avec un gradient côte/large prononcé lié aux conditions hydrosédimentaires singulières, des diversités et abondances plus élevées en limite de plateau, mais aussi de l'existence d'habitats rares et méconnus que sont les substrats durs en limite de plateau continental.
- La présence de ces **substrats durs en bordure de plateau** (roches, plateaux carbonatés, blocs rocheux), génère une hétérogénéité du substrat qui conduit à la colonisation du milieu par une communauté d'espèces originale, avec notamment des organismes filtreurs comme des éponges et quelques taxons habituellement inféodés aux récifs coralliens.
- Les **ressources halieutiques** sur le plateau continental sont élevées avec également un peuplement structuré selon un gradient côte/large, la profondeur des fonds et la nature du substrat. Les dernières campagnes de pêche entre 2012 et 2015 de Créocéan et l'Ifremer recensent 169 espèces avec des effectifs et des biomasses élevées. Parmi ces espèces, un grand nombre est classé en « préoccupation mineure » et 12 sont considérées comme « vulnérables », « en danger » ou « en danger critique » selon la liste rouge mondiale de l'UICN. La diversité des espèces et des modes de vie est également élevée avec des poissons qui évoluent dans la colonne d'eau (poissons pélagiques, requins, thonidés.), près des fonds meubles (sciaenidés, poissons plats), des espèces inféodées aux fonds rocheux (vivaneaux, mérours) et même aux récifs coralliens au niveau des substrats durs en limite de plateau continental.  
La bordure du plateau continental et le talus continental abritent également une forte diversité de **crustacés décapodes**, avec deux espèces largement dominantes : la crevette orange (*Solenocera acuminata*) et la crevette impériale (*Aristaeopsis edwardsiana*).
- Cinq espèces de **tortues** peuvent être observées en Guyane et trois espèces y nidifient régulièrement : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), pour qui la Guyane constitue un des principaux sites de ponte de l'Atlantique, la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*), dont certains juvéniles se nourrissent sur les algues des zones rocheuses des îles. La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la tortue caouanne (*Caretta caretta*) peuvent aussi être observées mais très occasionnellement. Toutes ces espèces sont protégées et classées dans la liste rouge de Guyane de l'UICN. En 2017, quatre observations ont été faites dans le cadre de l'analyse de l'état initial du projet : une tortue verte, une observation de tortue caouanne et deux observations de tortues à écailles indéterminées. Les tortues ne sont pas très fréquentes dans la zone du projet.
- La Guyane accueille une diversité spécifique de **cétacés** particulièrement importante. Une vingtaine d'espèces y sont observées. Les delphinidés sont majoritaires, avec à la fois des petits delphinidés du genre *Stenella* et le grand dauphin, et des grands delphinidés comme le globicéphale, le pseudorque et le péponocéphale. Des baleines sont également rencontrées en domaine océanique (rorqual commun, baleine à bosse), ainsi que de nombreux cachalots. Enfin des baleines à bec ont également été observées sur le talus. L'hypothèse que les eaux guyanaises seraient une zone de mise-bas et de nurserie semble se confirmer pour plusieurs espèces (cachalot, grand dauphin et possiblement baleine à bec) (de Boer, 2013 ; RPS Energy, 2010 ; Créocéan, 2013). Les nouvelles observations de 2017 confirment la présence de la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*), le dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis*), le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*).

- Une communauté importante **d'oiseaux de mer** est observée dans les eaux guyanaises, dont la frégate, les sternes, les noddis, les mouettes et les goélands sont intégralement protégés en Guyane (Arrêté Ministeriel du 15 mai 1986). 47 espèces, dont 24 occasionnelles voire communes, sont recensées. Le talus apparait comme une zone d'intérêt pour une majorité d'oiseaux, notamment pour les laridés (qui constituent la famille la plus représentée), les océanites (ente septembre et mars), le noddi brun, les fous, la frégate, les puffins et les phaétons. Les nouvelles données acquises en 2017 ont permis d'observer 17 espèces d'oiseaux dont les plus fréquentes étaient la frégate superbe et la sterne pierregarin. Ces observations ont confirmé une large fréquentation de la zone du large et notamment du talus continental.

Le tableau suivant donne une synthèse des résultats bibliographiques en s'attachant à proposer des valeurs moyennes de l'état initial des milieux (ou des fourchettes de valeurs) pouvant servir de valeurs références et de comparaison pour interpréter les données acquises lors des campagnes 2017.

**Tableau 65. Proposition de valeurs de référence d'après les données issue de la bibliographie**

Paramètres	Plateau continental	Talus et plaine abyssale
Température	24 à 30°C en surface	Entre 30°C en surface et quelques degrés au fond (4-5°C)
Salinité	20 à 34 PSU selon panache des fleuves	20 PSU en surface à 37 PSU en sub-surface et 35 PSU au fond
MES	> 40 dans les panaches fluviaux à quelques mg/l hors panaches	Variable selon les profils : entre 2 une 20 mg/l selon la profondeur
O2	> 5 mg/l sous influence des fleuves et inférieur dans eaux mairnes ; de l'ordre de 5 mg/l en profondeur	Entre 4 et 6 mg/l en surface , de l'ordre de 6 mg/l à mi-profondeur et 8 mg/l au fond
Nitrates	Entre 3,5-5,0 mg/l dans la zone cotière et 0,5 mg/l au large	Faible en surface (<1 mg/l) et en profondeur (< 2 mg/l)
Phosphates	1,5 et 4,5 mg/l dans la zone cotière et > 10mg/l dans les eaux marines du large	Négligeable en surface et <0,2 mg/l en profondeur
Métaux	–	Globalement très faibles : inférieures au seuils de détection ou comparables au bruit de fond océanique Sauf le plomb et l'étain qui présentent des valeurs supérieures à la normale
Hydrocarbures	–	Concentrations inférieures à la limite de détection sinon faibles
Pigments chlorophylliens	Elevés dans la zone d'influence des fleuves : plusieurs centaines de µg/l Quelques µg/l à 50µg/l plus au large	Eaux très pauvres au large (< 1µg/l) et concentrations nulles ou négligeables en profondeur
Zooplancton	Peuplement homogène sur le plateau	Peuplement plus diversifié au large
Granulométrie	Gradient allant des vases pures à la côte aux sable sen limite de plateau	Vases pures (60%) ou vases sableuses (36%)
COT	Gradient décroissant de la côte (>1%) vers le large (< 0,2%)	Entre <1 et 6,2%
Azote	Gradient décroissant de la côte (>1,2 mg/kg) vers le large (< 0, 2 mg/kg)	Entre 0,06 et 0,20 mg/kg
Phosphore	Variables entre 100 et 600 mg/kg	Très variable : entre 40 et 1000 mg/kg
Métaux	–	Concentrations très faibles à normales (bruit de fond) sauf pour l'Aluminium : valeurs élevées (> 7 % du poids sec du sédiment) dans les vases pures et le Baryum (315 mg/kg), le Chrome (55 mg/kg), le Nickel (26 mg/kg) et le Vanadium (99 mg/kg) : valeurs moyennes dans les vases pures
Hydrocarbures	–	Concentrations inférieures au seuil de détection (40 mg/kg sec) sinon faibles (bruit de fond)
Macroalgues et phanérogames	Absents en dehors des petits fonds et du pourtour des îles	Absent
Benthos - richesse spécifique	Gradient cote large positif : entre 40 et > 130 espèces par station (0,3m <sup>2</sup> )	Moyenne : entre 20 et 50 espèces par station environ (0,3 m <sup>2</sup> )
Benthos - densité	Gradient cote large positif : entre 500 et > 3000 individus/m <sup>2</sup>	Densité souvent forte mais variable : entre 440 et plus de 4 000 ind./m <sup>2</sup>
Benthos - biomasse	Gradient cote large positif : entre 5 g/m <sup>2</sup> et > 16 g/m <sup>2</sup>	Biomasses variables de faibles à très élevées 1,5 à > 140 g/m <sup>2</sup>
Benthos - indice de Shannon	Globalement entre 3 et 4 bits	Variable : entre 2,5 et > 4 bits
Benthos - indice trophique	toujours entre 60 et 70%	Elevé : entre 65 et 75%
Poissons et autres espèces halieutiques	Près de 150 espèces recensées dont au moins 65 espèces de poissons mais une dominance des péneïdés (crevettes abondantes) Gradient côte large positif des effectifs et négatif des biomasses (gros individus à la côte)	Richesse très faible en espèces et en effectifs : 9 à 10 espèces pour un effectif de 14 à 58 individus et une biomasse de 1 à 3 kg pour une surface d'échantillonnage de 36 000 m <sup>2</sup>
Habitat mésophotique	Pas de données chiffrées	
Tortues	5 espèces présentes dont trois nidifient en Guyane et deux autres sont très occasionnelles	
Cétacés	47 espèces recensées	
Oiseaux	Une vingtaine d'espèces recensées Zone de fréquentation concentrée sur le talus continental	

## 3. Matériel et méthode

### 3.1. Programme d'étude

#### 3.1.1. Objectifs de l'étude

Le programme de l'étude, dont les résultats sont présentés ici, a été conçu pour répondre à plusieurs problématiques :

1. connaître la qualité du milieu avant les nouveaux travaux de forage sur le secteur de Nasua,
2. évaluer la résilience des écosystèmes benthiques 5 ans la fin de la campagne de forage menée par Shell (GM-ES),
3. mener une campagne de reconnaissance sur les affleurements rocheux situé sur le rebord du plateau continental Guyanais qui reste à ce jour relativement peu décrit dans la littérature scientifique que ce soit d'un point de vue structurel ou fonctionnel,
4. estimer la fréquentation de la zone d'étude par les mégafaune (oiseaux, tortues et mammifères marins).

Pour répondre à ces problématiques, une étude bibliographique a été menée sur les données existantes et a été complétée par une campagne océanographique de grande envergure en fin d'année 2017. Cette campagne s'inscrivait dans le cadre des prescriptions de la politique environnementale du groupe Total pour la réalisation d'un état initial avant des travaux forage et était encadrée par l'arrêté préfectoral du 19 octobre 2017.

Afin de remplir l'ensemble de ces objectifs, la campagne en mer s'est déroulée en trois temps (legs) dont les objectifs étaient les suivants :

- Leg 1 - État initial des futurs puits de la zone Nasua et suivi environnemental des puits déjà forés sur la zone de GM-ES (les puits GMES-2 et GMES-3R qui sont au sud et à proximité de la zone Nasua),
- Leg 2 - Acquisition de données géophysiques sur le récif mésophotique,
- Leg 3 - Acquisition de données biologique sur le rebord du plateau continental.

Pour cela différentes équipes constituées de scientifiques et techniciens de spécialisés se sont succédées en fonction de leur domaine de compétence entre le 21 octobre et le 10 décembre 2017.



### 3.1.2. Stratégie d'échantillonnage globale

Le tableau ci-dessous présente par compartiment, le type d'investigation et leurs objectifs associés. Dans le cadre de cette étude quatre compartiments ont été définis : colonne d'eau, rebord mésophotique, sédiment meuble profond et mégafaune marine.

**Tableau 66. Stratégie d'échantillonnage globale par compartiment**

Compartiment	Type d'investigation (prélèvements/analyses/paramètres)	Objectif
<b>Colonne d'eau</b>	Physico-chimie	Évaluation de la qualité des masses d'eaux (superficielle, intermédiaires et profonde) et détection d'éventuels polluants (métaux lourds, hydrocarbure...)
	Profil multiparamètres	Caractérisation des différentes masses d'eaux en présence à partir de différents paramètres (salinité, température...)
	Zooplancton	Caractérisation et qualité des communautés zooplanctoniques (identification et biomasse)
	Phytoplancton	Caractérisation des communautés phytoplanctoniques
	Pigments chlorophylliens	Évaluation indirecte du phytoplancton
<b>Rebord du plateau continental</b>	Morpho-sédimentologie	Caractérisation morphologique et sédimentaire du rebord de plateau
	Transect vidéo	Caractérisation qualitative des fonds par évaluation de la faune épibenthique et des caractéristiques morphologies
	Macrofaune épibenthique	Caractérisation qualitative de la faune épibenthique
<b>Sédiment meuble profond</b>	Sédiment superficiel	Caractérisation de la nature du sédiment superficiel
	Physico-chimie	Caractérisation de la nature et de la qualité des sédiments (granulométrie nutriment...) et détection d'éventuels polluants (métaux lourds, hydrocarbure...)
	Alcènes	Évaluation de la dispersion des boues de forages utilisées par Shell en 2012 et 2013
	Microbiologie	Évaluation de la présence d'hydrocarbures via la présence de champignon, bactérie et levure
	Macrofaune benthique	Caractérisation et qualité des peuplements de faune macrobenthique (identification et biomasse)
	Macrofaune épibenthique	Illustration ponctuelle et caractérisation qualitative de la faune épibenthique
<b>Mégafaune marine</b>	Observation visuelle et enregistrement acoustique	Reconnaissance et évaluation de la présence de mégafaune marine (mammifères marin, tortue, oiseaux...)

Pour chacune des trois zones d'étude, l'effort d'échantillonnage et les moyens d'investigations sont présentés dans les parties suivantes.

### 3.1.3. Stratégie d'échantillonnage par secteur

#### 3.1.3.1. Effort d'échantillonnage sur le rebord du plateau continental

L'effort d'échantillonnage est présenté de manière synthétique l'effort dans le tableau ci-dessous. Les équipements utilisés sont également mentionnés dans ce tableau et sont présentés dans la partie matériel et méthode de ce rapport.

**Tableau 67. Effort d'échantillonnage sur le récif mésophotique**

Compartiment	Équipements	Type d'investigation	Détail
Rebord du plateau continental	Sonar à balayage latéral et sondeur multifaisceaux	Caractérisation morphologique et sédimentaire	630 km <sup>2</sup> couvert soit 1 653 km de ligne cumulé pour la zone principale 23 km <sup>2</sup> couvert soit 312 km pour la zone de détail
	Luge benthique	Transects vidéo et photographies	44 transects vidéo
	Drague Warren	Macrofaune épibenthique	49 traits de dragues

#### 3.1.3.2. Effort d'échantillonnage sur le secteur de Nasua

Le secteur de Nasua correspond à la zone envisagée pour les futurs travaux de forages et le premier puits d'exploration prévu est Nasua-1. Si ce premier puits conduit à la découverte d'un gisement pétrolier, une première phase d'appréciation, comprenant le forage des puits 1.1 et 1.2, sera lancée pour délimiter le gisement. En fonction des résultats de ces puits, une deuxième phase de forage (puits 2.1 et 2.2) sera effectuée afin d'affiner la découverte. Ces quatre puits d'appréciation seraient réalisés entre 2020 et 2022.

L'effort d'échantillonnage a donc été conçu pour couvrir l'ensemble des zones de forage potentielles en tenant compte des différentes phases de travaux et de leurs possibles impacts ainsi que la bathymétrie. La zone d'étude est en effet relativement accidentée avec la présence de plusieurs canyons sous-marins créant des chenaux. Il est composé d'un total de 57 stations de prélèvement de sédiments, 2 stations d'eau et 6 transects vidéos.

On peut noter également que des données :

- sur la mégafaune marine ont été collectées de manière opportuniste et a fait l'objet de campagnes spécifiques entre janvier et mai 2018 par des observateurs qualifiés<sup>28</sup> à raison de 5 jours par mois,
- de subsurface ont été acquises sur une portion réduite de la zone d'étude.

<sup>28</sup> Les observateurs sont des experts MMO (Marine Mammal Observers), de la Cellule ADERA Cohabys de l'Université de La Rochelle.

**Tableau 68. Effort d'échantillonnage sur Nasua**

Compartiment	Équipement	Type d'investigation	Nombre	
			Station	Échantillon
Colonne d'eau	Rosette avec bouteilles Niskin et sonde Multiparamètre	Physico chimie	2	6
		Profil multiparamètre	2	2
		Pigments Chlorophylliens	2	4
	Bouteille Niskin et filet Bongo	Phytoplancton	2	4
	Filet Bongo	Zooplancton	3	3
Sédiment meuble profond	Carottier boîte (Grey O'hara)	Physico chimie	57	61
		Alcènes	0	0
		Microbiologie	57	65
		Macrofaune benthique	57	171
		Vidéo sur benne de prélèvement	57	122
	Luge benthique	Transect vidéo	6 transects vidéo	
Sondeur de sédiment	Cartographie sédimentaire	68 km <sup>2</sup>		
Mégafaune marine	Jumelles et appareils photo	Mégafaune marine (mammifère, oiseaux, tortue et poissons)	600 heures	
	PAM (Passive Acoustic Monitoring)	Enregistrement acoustique de mammifères marins	32	4755 minutes

### 3.1.3.3. Effort d'échantillonnage sur le secteur de GM-ES

La zone d'étude GM-ES est située dans la partie Sud-Est du permis, c'est dans celles-ci que les premiers puits d'exploration ont été forés par les opérateurs précédents (GM-ES-1 à 5).

La zone d'étude comprend une sélection des stations déjà utilisées lors du programme de surveillance environnemental de la campagne de forage menée par Shell. Les stations qui ont été retenues sont principalement situées dans la zone proche des puits et de stations de référence et les plus éloignées. Elles incluent 9 stations de prélèvement de sédiments et 2 stations d'eau ainsi que la collecte opportuniste de données sur la mégafaune par des observateurs qualifiés.

Les contraintes liées aux conditions météo océaniques ont en partie dicté le nombre de stations, en effet en raison de très forts courant de surface certaines opérations initialement prévues ont dû être ajustées car les conditions de sécurité ne permettaient pas les prélèvements.

Le tableau 69 présente de manière synthétique l'effort d'échantillonnage sur la zone. Les équipements utilisés sont également mentionnés dans ce tableau et sont présentés dans la partie matériel et méthode de ce rapport.

**Tableau 69. Effort d'échantillonnage sur le secteur GM-ES**

Compartiment	Équipement	Type d'investigation	Nombre	
			Station	Échantillon
Colonne d'eau	Rosette avec bouteilles Niskin et sonde Multiparamètre	Physico chimie	2	8
		Profil multiparamètre	2	2
		Pigments Chlorophylliens	2	4
	Bouteille Niskin et filet Bongo	Phytoplancton	2	2
	Filet Bongo	Zooplancton	2	2
Sédiment meuble profond	Carottier boîte (Grey O'hara)	Physico chimie	9	9
		Alcènes	9	9
		Microbiologie	9	9
		Macrofaune benthique	9	27
		Vidéo sur benne de prélèvement	9	21
	Luge benthique	Transect vidéo	3 points	
Mégafaune marine	Jumelles et appareils photo	Mégafaune marine (mammifère, oiseaux, tortue et poissons)	86 heures	
	PAM (Passive Acoustic Monitoring)	Enregistrement acoustique de mammifères marins	1	30 minutes

## 3.2. Organisation générale

Les campagnes océanographiques se sont déroulées entre le 21 octobre et le 10 décembre 2017 en trois legs distincts. Les équipes scientifiques et techniques ont été différentes pendant ces trois legs, mais le navire est resté ainsi que le personnel navigant.

Le leg 1 était dédié à la description des caractéristiques environnementale à proximité des points de forage (secteurs Nasua et GM-ES essentiellement). Il s'est déroulé sur trois périodes distinctes :

- à bord du *Proteus* en début en octobre et novembre 2017,
- à bord du *Proteus* en début en décembre 2017,
- sur le *Guyavoile* de janvier à mai 2018.

Ces trois parties du leg 1 sont distinguées comme suit la cette partie du rapport : leg 1.1, leg 1.2 et leg 1.3.

Le leg 2 était dédié à la cartographie des affleurements rocheux en bordure de plateau continental. La campagne s'est déroulée début décembre 2017.

Le leg 3 visait à caractériser la richesse biologique du rebord du plateau continental par des prélèvements d'espèces et des vidéos sous-marines des fonds. La campagne s'est déroulée à la suite du Leg.2.

### 3.2.1. Navire océanographique *R/V Proteus*

Le *R/V Proteus* est le navire océanographique qui a été utilisé pour mener à bien la campagne en mer à la fin de l'année 2017. Le navire était armé pour mener l'ensemble des opérations prévues par l'arrêté préfectoral. La société privée TDI-Brooks International (TDI-Brooks) en est le propriétaire et l'opère partout dans le monde.



**Photos 21. Navire de recherche R/V Proteus**

**Tableau 70. Caractéristiques du navire R/V Proteus**

<b>Longueur totale :</b> 53,34 m	<b>Autonomie :</b> 15 700 miles	<b>Utilisation :</b> Recherche océanographique	<b>Endurance :</b> 40 jours
<b>Largeur :</b> 11,58 m	<b>Capacité en carburant :</b> 286 821 litres	<b>Vitesse de croisière :</b> 10 nœuds	<b>Surface de pont libre pour le travail :</b> 150 m <sup>2</sup>
<b>Tirant d'eau max :</b> 3,66 m	<b>Capacité en eau :</b> 125 000 litres	<b>Moteurs :</b> 825 HP, Twin Diesel, D-398, Caterpillar	<b>Franc bord au pont de travail :</b> 0,83 m
<b>Matière de la coque :</b> Acier	<b>Réservoir de retenue :</b> 6 814 litres	<b>Classifications :</b> ABS A1+AMS	<b>Système électrique :</b> stabilisé pour l'équipement électrique
<b>Configuration de la coque :</b> Semi-déplacement	<b>Immatriculation :</b> Vanuatu	<b>Cabine de commandant</b> : oui	<b>SOLAS :</b> Oui
<b>Matière du pont :</b> Acier	<b>Année :</b> Mfg-1977 Model-1977, Refit-2009	<b>Couchettes :</b> 35	<b>MARPOL :</b> Oui
<b>Tonnage :</b> 249 tonnes	<b>Constructeur :</b> RYSCO	<b>Nombre de WC :</b> 11	<b>Équipement de communication par satellite :</b> oui

### 3.2.1.1. Équipements du navire

Les principaux équipements du navire nécessaires à la réalisation de la mission sont présentés ci-dessous.

### 3.2.1.2. Systèmes de positionnement du navire

Le navire est équipé avec un système de navigation avancé (Furuno SC-11), un gyrocompas Hemisphere Vector VS131 et le Hemisphere V102 en gyrocompas secondaire. Le positionnement du navire se fait avec « C-Nav3050 integrated C-Nav/RTK Extend Receiver » qui donne une précision au décimètre près. Un deuxième système C-NAV est disponible au cas où le premier ne fonctionne pas.

Le positionnement sous-marin se fait avec un Kongsberg HiPAP 351P qui est un système de positionnement acoustique « Super Short Base Line » (SSBL ou USBL) pouvant fonctionner en eaux peu profondes comme sur de très grands fonds allant jusqu'à 4 500 m. Le système USBL est mis à l'eau par un cylindre sur le côté du navire (voir la figure 107). Le HiPAP 351P est utilisé pour la navigation et pour le suivi du positionnement des équipements mis à l'eau par rapport au navire.





**Photos 22. Équipements de positionnement**

### 3.2.1.3. Systèmes de connexion internet

Le navire est équipé de deux systèmes de communication par satellite à large bande qui permettent la communication internet / email (système primaire : SAILOR 500 FleetBroadband, 284 kbps ; système secondaire : SAILOR 900 VSAT, 1024 kbps).

### 3.2.1.4. Équipements de levage

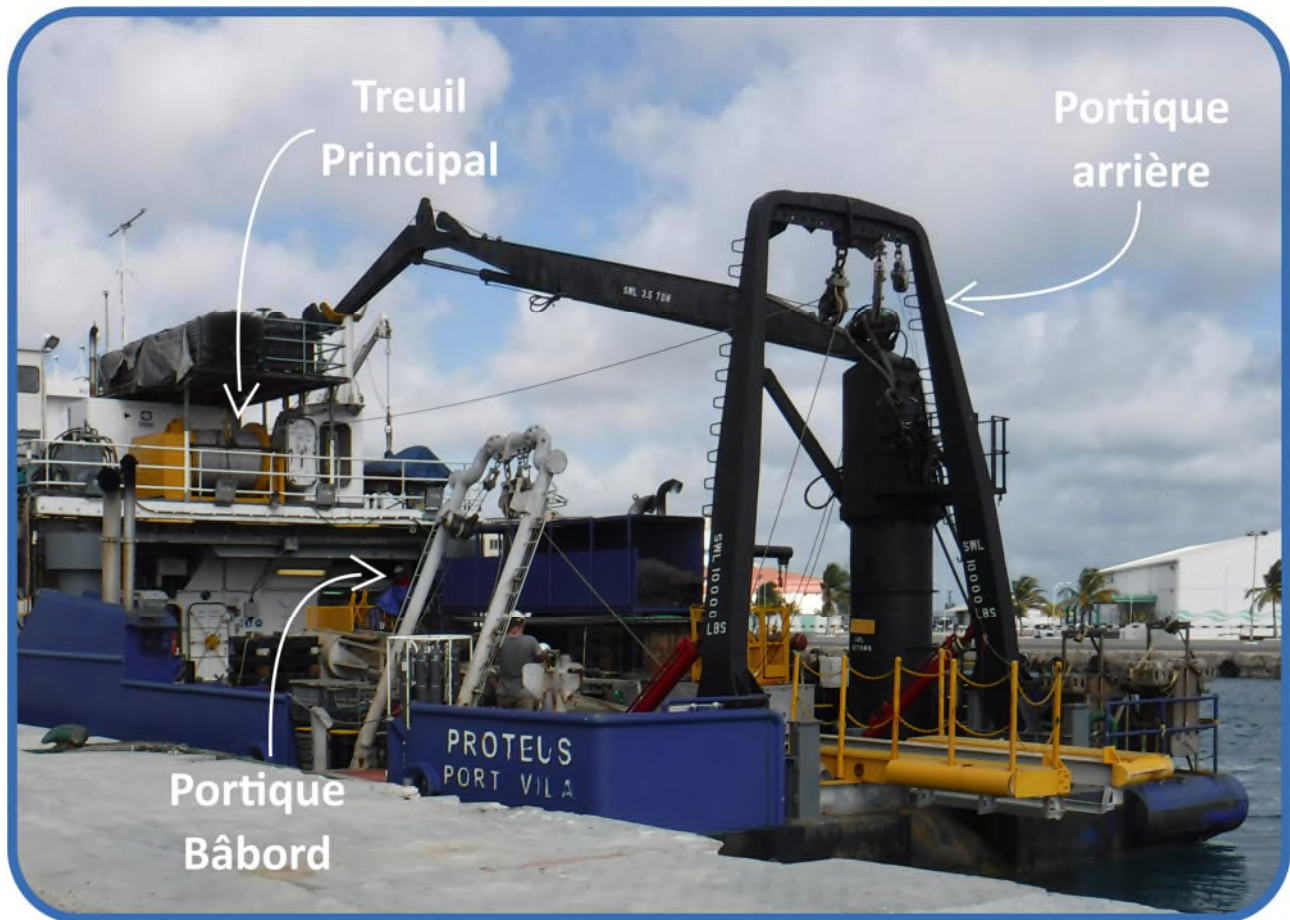
Le navire possède deux treuils : L'un disposé sur le pont principal arrière et l'autre sur le pont supérieur. Ces deux treuils sont alimentés par un générateur diesel de 160 kW se trouvant sur le pont supérieur.

Le treuil utilisé pour les opérations du leg 3 est positionné sur le point supérieur et a une capacité d'enlèvement de 9,07 Tonnes à 25 m/min et une vitesse maximale de 100 m/min. Ce treuil est équipé d'un câble en plasma de diamètre 1,6 cm et d'une longueur de 7 000 m.

The *R/V Proteus* est équipé de deux portiques :

- à l'arrière, un portique pour manipuler de lourds équipements,
- à bâbord, un autre portique pour l'utilisation de bennes ou carottiers et autres équipements légers.

Le portique arrière a une hauteur de levage de 7 m et une capacité de charge de 4,54 Tonnes. Le portique bâbord a une hauteur de levage de 3 m et une capacité de charge de 1,13 Tonnes.



**Photos 23. Équipements de levage**

### 3.2.2. Le catamaran *Guyavoile*

Le *Guyavoile* est un maxi catamaran équipé pour la croisière et a servi de support nautique aux observations de mégafaune marine entre janvier et mai 2018 à raison de cinq jours par mois. Ce navire appartient à la société Guyavoile qui organise des croisières à bord de voiliers dans différentes zones dont la Guyane Française.

Le *Guyavoile* dont le port d'attache est à Kourou. Le navire fait 17 m de longueur, 9 m de largeur pour un tirant d'eau de 1,5 m. La surface de sa grand-voile est de 180 m<sup>2</sup> et dispose également d'un gennaker de 100 m<sup>2</sup> ce qui lui permet de naviguer rapidement (jusqu'à 15 nœuds). En complément, il est également équipé de deux moteurs diesel de 75 chevaux chacun. Son réservoir de carburant de 800 litres ainsi que son réservoir d'eau douce de 1 500 litres lui assure une autonomie complète en mer de plusieurs semaines.

Le *Guyavoile* dispose de 16 couchages répartis dans différents types de cabine, d'un cockpit extérieur et d'un carré intérieur. Il dispose en outre d'équipement électronique à bord : radio VHF, sondeur, radar, téléphone satellite...



*Photos 24. Le catamaran Guyavoile basé à Kourou, Guyane.*

### 3.2.3. Personnel scientifique et technique

#### 3.2.3.1. Campagnes 2017

Les opérations se sont réalisées en continu lors de cette campagne océanographique, interrompues seulement par deux retours au port de Dégrad des Cannes pour débarquer les échantillons et effectuer les changements d'équipe et quelques épisodes de standby météo.

Le personnel a réalisé les opérations conformément aux articles 1 et 2 de l'arrêté préfectoral du 19 octobre 2017 et selon les directives édictées dans le PEP (Plan d'Exécution du Projet). Ce document rédigé par Créocéan et validé par Total comprend les rubriques suivantes :

- présentation du projet et des objectifs de l'étude,
- description des équipes et des rôles de chacun,
- description du programme d'acquisition de donnée (planning et effort d'échantillonnage),
- description des équipements et des procédures opérationnelles,
- un plan en cas de situation d'urgence,
- une analyse détaillée des risques.

Pendant toute la durée des opérations, les équipes embarquées ont assurées au quotidien :

- la collecte et de la gestion des échantillons et des données,
- l'étiquetage, la conservation et la traçabilité des échantillons,

dans le respect des règles de sécurité et des procédures prévues par le PEP en adaptant l'effort d'échantillonnage aux contraintes du terrain.

### 3.2.3.1.1. Leg 1

Les tableaux ci-après présentent l'équipe scientifique et technique du leg 1.1, à bord du *R/V Proteus*.

**Tableau 71. Personnel technique et scientifique – leg 1.1**

#	Nom	Poste	Société
<b>Quart de jour (de midi à minuit)</b>			
1	Ken Deslarzes	Chef des opérations	Creocean
2	Alastair Ballantine	Technicien - observations vidéo	BSL
3	Brion Dolan	Navigateur	TDI-Brooks
4	Ibrahim Mensah	Opérateur du treuil	TDI-Brooks
5	Francis Morales	Homme de pont	TDI-Brooks
6	Christian De Leon	Homme de pont	TDI-Brooks
<b>Quart de nuit (de minuit à midi)</b>			
7	Olivier Le Brun	Chef de quart	Creocean
8	Paul Sillence	Technicien - observations vidéo	BSL
9	Daniel Brooks	Représentant TDI Brooks – Responsable HSE	TDI-Brooks
10	Cameron Wythe	Navigateur	TDI-Brooks
11	James Brooks	Opérateur du treuil	TDI-Brooks
12	Daniel Mensah	Marin qualifié	TDI-Brooks
13	Patrick Igana	Homme de pont	TDI-Brooks
<b>Hors quart</b>			
14	Virginie Wyss	Observateur mégafaune marine	Cohabys
15	Dinis Geraldès	Observateur mégafaune marine	Cohabys
16	Alessandra Suardi	Observateur mégafaune marine	Cohabys
17	Patrick Abijou	Cameraman	Neptune vision
18	Pierre Graille	Infirmier	Créocéan
19	Olivier Ponthieux	Représentant Total E&P Guyane Française	Total

Les tableaux ci-après présentent les équipes d'observateurs de mégafaune marine qui se sont succédées à bord du *Guyavoile* entre janvier et mai 2018.

**Tableau 72. Equipes d'observateurs de mégafaune marine**

Mois	Nom	Position	Organisation
<b>Janvier</b>	Virginie Wyss	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Dinis Geraldès	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Alessandra Suardi	Observateur mégafaune marine	Cohabys
<b>Février</b>	Dinis Geraldès	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Alessandra Suardi	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Brendan Leclerc	Observateur mégafaune marine	CRPEM Guyane
<b>Mars</b>	Virginie Wyss	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Brendan Leclerc	Observateur mégafaune marine	CRPEM Guyane
	Mathieu Marzelière	Observateur mégafaune marine	Cohabys



<b>Avril</b>	Virginie Wyss	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Dinis Geraldès	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Brendan Leclerc	Observateur mégafaune marine	CRPEM Guyane
<b>Mai</b>	Virginie Wyss	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Alessandra Suardi	Observateur mégafaune marine	Cohabys
	Brendan Leclerc	Observateur mégafaune marine	CRPEM Guyane

### 3.2.3.1.2. Leg 2

Les tableaux ci-après présentent l'équipe scientifique et technique du leg 2.

**Tableau 73. Personnel technique et scientifique - leg 2**

#	Nom	Position	Compagnie
<b>Quart de jour (de midi à minuit)</b>			
8	Brion Dolan	Navigateur/HSE	TDI-Brooks
9	Edgard Corzo	Ingénieur géophysique – Processeur	TDI Brooks
10	Ibrahim Mensah	Opérateur du treuil	TDI-Brooks
11	Christian De Leon	Homme de pont	TDI-Brooks
12	Francis Morales	Homme de pont	TDI-Brooks
<b>Quart de nuit (de minuit à midi)</b>			
13	Kevin Swart	Ingénieur géophysique - Opérateur	TDI-Brooks
14	David Maggio	Ingénieur géophysique – Processeur	TDI Brooks
15	Cameron Wythe	Navigateur	TDI-Brooks
16	Patrick Igana	Homme de pont	TDI-Brooks
17	Daniel Mensah	Opérateur du treuil	TDI-Brooks
<b>Hors quart</b>			
1	Caroline Labaune	Chef des opérations	Créocéan
2	Alexis Chappuis	Biologiste, Cameraman	Créocéan
3	Virginie Wyss	Observateur mégafaune marine	Cohabys
4	Dinis Geraldès	Observateur mégafaune marine	Cohabys
5	Alessandra Suardi	Observateur mégafaune marine	Cohabys
6	Pierre Graille	Infirmier urgentiste	Créocéan
7	Christopher Clark	Représentant Total E&P Guyane Française	Total



### 3.2.3.1.3. Leg 3

Les tableaux ci-après présentent l'équipe scientifique et technique du *leg 3*.

**Tableau 74. Personnel technique et scientifique - leg 3**

#	Nom	Poste	Société
<b>Equipe Créocéan</b>			
1	Romain Le Gall	Chef des opérations	Créocéan (Midi – Minuit)
2	Alexis Chappuis	Responsable de quart	Créocéan (Minuit – Midi)
<b>Hors quart</b>			
3	Claude-Henri Chaineau	Représentant Total E&P Guyane Française	Total
4	Pierre Graille	Infirmier urgentiste	Créocéan
5	Magalie Castelin	Maître de conférences	MNHN
<b>Quart de jour (de 06:00 à 18:00)</b>			
6	Cyril Chambard	Technicien spécialisé	MNHN
7	James Howell	Navigateur et Responsable HSE	TDI-Brooks
8	Ibrahim Mensah	Opérateur de treuil	TDI-Brooks
9	Paul Sillence	Technicien spécialisé (opérateur vidéo)	BSL
10	Vine Jonah	Matelot	TDI-Brooks
11	Balaram Jena	Matelot	TDI-Brooks
12	Patrick Igana	Matelot	TDI-Brooks
<b>Quart de nuit (de 18:00 à 06:00)</b>			
13	Cameron Wythe	Navigateur	TDI-Brooks
14	Alastair Ballantine	Technicien spécialisé (opérateur vidéo)	BSL
15	Daniel Mensah	Opérateur de treuil	TDI-Brooks
16	Christian De Leon	Matelot	TDI-Brooks

### 3.2.3.2. Campagnes MMO 2018

Cohabys a mis à disposition une équipe de trois observateurs embarqués certifiés (MMO) et d'une acousticienne pour l'analyse des enregistrements acoustiques des mammifères marins (PAM). En fonction des disponibilités des observateurs, les équipes ont été constituées pour chaque campagne.

**Tableau 75. Composition des équipes embarquées sur les différentes campagnes**

Campagne	Observateur 1	Observateur 2	Observateur 3
<b>Janvier</b>	Alessandra Suardi	Dinis Geraldès	Virginie Wyss
<b>Février</b>	Alessandra Suardi	Dinis Geraldès	Brendan Leclerc
<b>Mars</b>	Mathieu Marzelière	Virginie Wyss	Brendan Leclerc
<b>Avril</b>	Alessandra Suardi	Virginie Wyss	Brendan Leclerc
<b>Mai</b>	Alessandra Suardi	Virginie Wyss	Brendan Leclerc

### 3.2.4. Calendrier des opérations

Le tableau ci-après présente la répartition des temps lors de l'ensemble des campagnes des legs 1, 2 et 3.

Les temps de stand-by sont relativement faibles. Ils sont essentiellement concentrés sur la première campagne où la météo n'était pas très favorable.



### 3.2.5. Bilan HSSE

#### 3.2.5.1. Évènement HSSE

Aucun incident ou accident impliquant du personnel (blessures, maladies, évacuations, etc.) n'a été à déplorer durant la campagne. Il en est de même pour l'environnement (pollutions chimiques, autres).

Néanmoins, les problèmes techniques suivant ont été observés :

- L'antenne de l'enregistreur acoustique s'est désolidarisée de l'enregistreur pendant la campagne, ce qui a empêché l'acquisition de ces données pendant le leg 1.1 et le leg 2.
- Le dysfonctionnement du générateur du treuil principal à différentes reprises pendant les campagnes (1 et 2). Il a été ensuite réparé pour la campagne leg 3.
- Le dysfonctionnement d'une caméra sous-marine mais qui a pu être remplacée.
- Le système de positionnement sous-marin (USBL) a été inopérant durant la fin du leg 3. Le transducteur monté sur la perche ne transmettait plus de signal et il n'était pas possible de le remplacer en mer. Il a donc été décidé de continuer les opérations sans ce système.

#### 3.2.5.2. Indicateurs de performance du système de management de la sécurité

Le tableau 77 présente les indicateurs de performance clés suivis lors de la campagne. Chaque semaine, au moins un exercice de sécurité a été réalisé par l'équipage entier. Des réunions sécurité ont été conduites quotidiennement.

**Tableau 77. Indicateurs clés de performance pour l'ensemble de la campagne**

Indicateurs clés de Performance	Nombre
Exercice de sécurité/d'urgence :	14
Incendie/abandon du navire/homme par-dessus bord :	13
Evacuation médicale :	0
Plan d'urgence de bord en cas de pollution (Ship Oil Pollution Emergency Plan – SOPEP) / Collision-Echouage / Sureté des navires et des installations portuaires (code ISPS) / Perte de contrôle/direction :	1
Examen / analyse de sécurité des tâches (« JSA ») :	25
Réunion sécurité quotidienne :	51
Réunion de l'équipe encadrant :	3
Réunion de travail/de planification :	708
Cartes d'observations :	54
Entretien/Ménage :	30
Attitude touchant à la sécurité :	13
Equipement :	8
Procédures :	3
Formation de sensibilisation HSE :	8
Inspection hygiène-santé :	1
Gestion de l'information et des visites :	0
Permis de travail :	0

### 3.3. Matériel et méthode de prélèvement et d'analyse

#### 3.3.1. Positionnement des équipements

Le positionnement sous-marin des outils d'échantillonnage est réalisé à l'aide du système de navigation USBL (Ultra-Short BaseLine) qui permet de placer l'équipement d'échantillonnage à proximité ou à l'emplacement d'un point théorique (station d'échantillonnage) sur le fond marin.

Les coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage sont entrées dans le système de navigation « Winfrog » du navire et une cible virtuelle est créée autour de chaque point.

La cible représente la zone de tolérance du positionnement de l'outil sur le fond marin. Pour placer l'outil dans cette cible, une balise USBL (transpondeur) est installée sur l'outil et l'opérateur du treuil, en collaboration avec le pilote du R/V PROTEUS, visualisent sur un écran la position pour ajuster sa descente.

L'opérateur du treuil déroule le câble plasma qui relie l'outil (carottier, benne) au navire pour essayer de le placer à moins de 25 m de l'objectif. Au moment où l'outil atteint le fond, le navigateur enregistre les coordonnées géographiques et la profondeur du point de contact. L'outil est alors remonté avec le prélèvement (de sédiment ou d'eau) à bord du navire dès que le navigateur en valide le positionnement

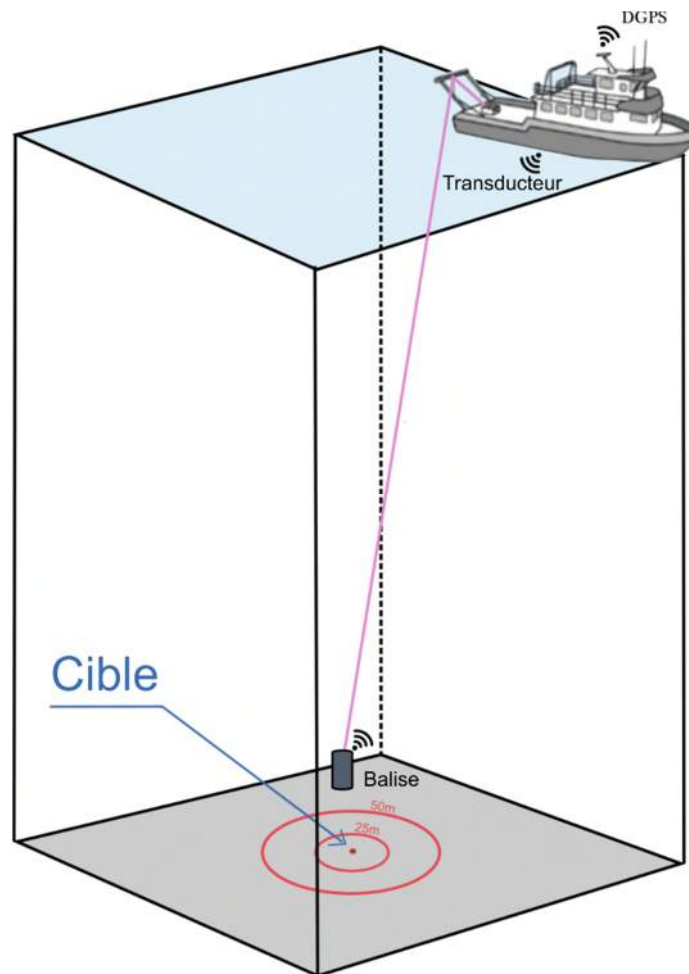


Figure 107. Positionnement USBL des outils sous-marins



### 3.3.2. Colonne d'eau

#### 3.3.2.1. Échantillons d'eau et profils verticaux

Les caractéristiques physiques de la colonne d'eau ont été déterminées à partir d'analyses effectuées sur des échantillons d'eau de mer et des mesures *in-situ* permettant d'établir des profils verticaux.

##### 3.3.2.1.1. Équipement et mode opératoire

À chacune des stations d'eau, des échantillons d'eau de mer ont été prélevés à trois niveaux : subsurface (entre 5 et 10 m de profondeur), sous la thermocline (75 m à Nasua et 130 m à GM-ES) et au fond (10 m au-dessus du plancher océanique). Les prélèvements d'eau ont été réalisés à l'aide de neuf bouteilles Niskin d'une capacité de 10 litres chacune, disposées sur une rosette. Elles sont descendues en position ouverte à l'aide d'un treuil à environ 0,75 m.s<sup>-1</sup> jusqu'à la profondeur maximale puis fermées aux profondeurs prédéfinies grâce à un système de déclenchement automatique basé sur des mesures de pression.

Une fois la rosette sécurisée sur le pont du navire océanographique, l'eau de mer contenue dans les bouteilles de prélèvement est immédiatement transférée dans les flaconnages fournis par le laboratoire d'analyse. D'autre part, 3 litres d'eau sont filtrés sur un filtre Wattman GF/F de 0,45µm pour l'analyse ultérieure des pigments chlorophylliens et phéopigments. Une fois l'ensemble des flaconnages étiqueté et inventorié, les échantillons d'eau sont placés à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur à une température de +4 °C. Les échantillons de chlorophylle sont congelés à -20°C et maintenus dans cet état jusqu'à leur arrivée au laboratoire. De retour à terre, les échantillons sont envoyés au laboratoire par transport express en assurant la chaîne du froid.

Les profils verticaux de conductivité (salinité), température, profondeur (pression), oxygène dissous, chlorophylle (fluorométrie) et turbidité sont réalisés avec une sonde multiparamètres de type « Seabird Electronics 19 plus CTD » équipée de capteurs additionnels. Les capteurs de pH de cette sonde ne permettant pas de descendre suffisamment profond, des mesures de pH sont effectuées à chaque niveau échantillonné à partir des échantillons prélevés avec les bouteilles Niskin.

Un transpondeur ou balise USBL est fixé sur la partie externe de la rosette afin de suivre à chaque instant la position de celle-ci sur les écrans de contrôle du navigateur.

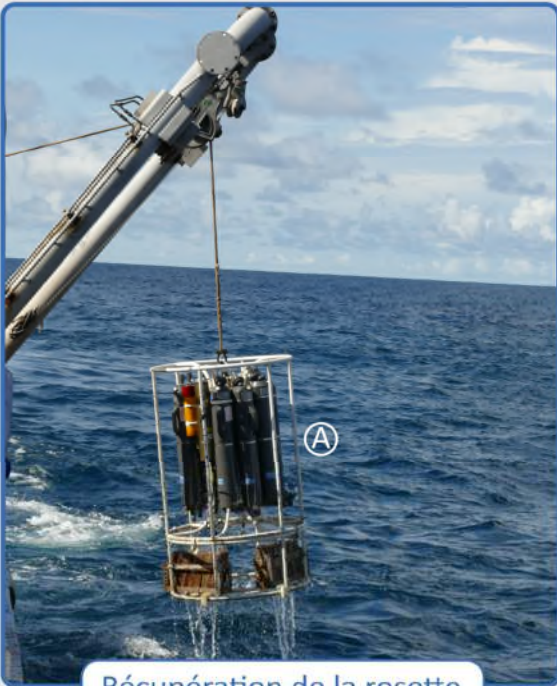


Vérifications avant mise à l'eau

## Prélèvement et mesure dans la colonne d'eau



Sous échantillonnage d'eau



Récupération de la rosette

- Ⓐ Rosette
- Ⓑ Bouteille Niskin
- Ⓒ Sonde Multiparamètre
- Ⓓ Balise USBL

*Photos 25. Equipements pour le prélèvement d'eau et les profils dans la colonne d'eau*

### 3.3.2.1.2. Plan d'échantillonnage

Le tableau 78 présente les coordonnées géographiques et la profondeur d'eau de chacune des stations de prélèvements d'eau.

**Tableau 78. Coordonnées des stations de prélèvement d'eau**

Station	Coordonnées station (RGFG95, UTM22N)		
	X	Y	Z max
<b>S04 (Nasua)</b>	392148	706896	2077
<b>S39 (Nasua)</b>	386606	715627	2146
<b>2SE005 (GM-ES-2)</b>	481343	645088	1899
<b>3RSE025 (GM-ES-3R)</b>	471439	650675	1777

Les stations S04 et S39 sont situées dans la partie centrale de Nasua.

Les stations 2SE005 et 3RSE025 sont situées dans l'axe nord-ouest/sud-est de part et d'autre des puits GM-ES-2 et GM-ES-3R. Cet axe correspond à la composante principale des courants de fond et aux stations où les impacts des travaux de forage Shell ont été les plus marqués.

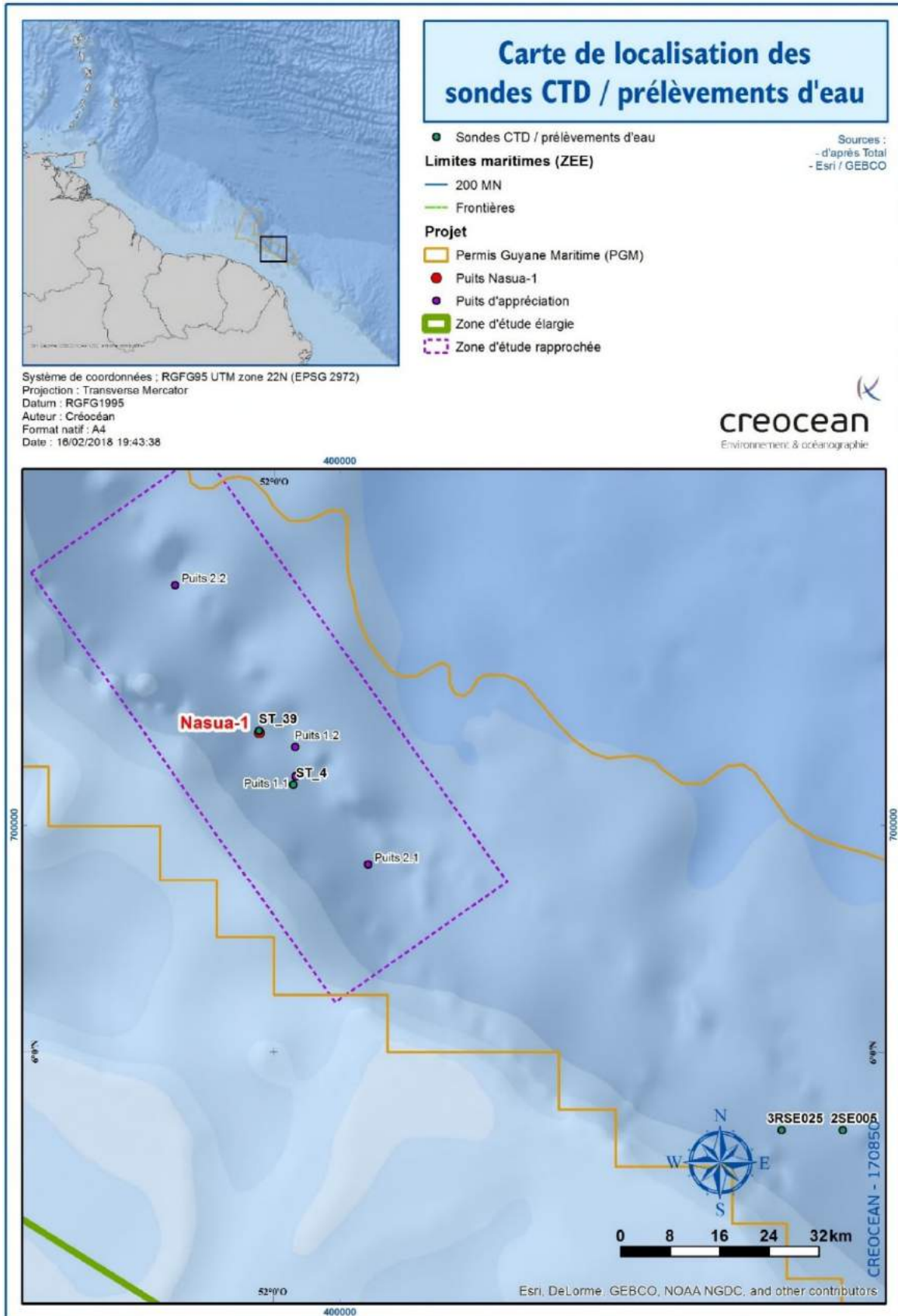


Figure 108. Carte de localisation des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau (Guyane 2017)

### 3.3.2.1.3. Analyses

Le laboratoire principal ayant réalisé les analyses sur les échantillons d'eau de mer est accrédité COFRAC et norme NF EN ISO/CEI 17025 (2005), il s'agit :

Eurofins Environnement  
Contact : Jérémie Boichut  
10 rue d'Otterswiller | 67700 Saverne | France  
Email : logistique-france@eurofins.com  
Tel : +33 3 88 02 81 59

L'analyse des pigments chlorophylliens a été réalisée par l'Unité Mixte de Recherche (UMR) suivante :

MARBEC  
(MARine BIODiversity, Exploitation and Conservation)  
Contact : Béatrice Bec  
Université de Montpellier | cc 093, Bâtiment 24  
Place Eugène Bataillon | 34095 Montpellier cedex 05 | France  
Email : beatrice.bec@univ-montp2.fr  
Tel : +33 4 67 14 36 73

Le tableau ci-après présente la liste des analyses pratiquées sur les échantillons d'eau de mer.

**Tableau 79. Analyses pratiquées sur les échantillons d'eau de mer**

Paramètre	Méthode	Seuil de détection	Laboratoire
Nitrates CAS 84145-82-4	Analyseur à flux continu	0.1 µmol/l	EUROFINS
Nitrites CAS 14797-65-0		0.05 µmol/l	EUROFINS
Ortho phosphates (PO4) CAS 14265-44-2		0.1 µmol/l	EUROFINS
Sulfates (SO4)2- CAS 14808-79-8	Spectrophotométrie (UV/VIS) NF ISO 15923-1	1 mg/l	EUROFINS
Sulfure d'hydrogène (H2S) CAS 7783-06-4	Spectrophotométrie	0.05 mg/l	EUROFINS
Carbone Organique Total (TOC)	Combustion avec détection infra-rouge NF EN 1484	0.2 mg/l	EUROFINS
Matière Totale en suspension (TSM)	Gravimétrie NF EN 872	2 mg/l	EUROFINS
Azote total	Spectrophotométrie	0.1 µmol/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C5 – C6	LS01G-1 méthode interne	60 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C6 - C8		60 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C8 - C10		60 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C10 - C12		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C12 - C16		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C16 - C21		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C21 - C35		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques > C35 - C40		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C6-C8		60 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C8 - C10		60 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C10 - C12		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C12 - C16		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C16 – C21		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C21 - C35		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques > C35 - C40		10 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aliphatiques totaux		230 µg/l	EUROFINS



Paramètre	Méthode	Seuil de détection	Laboratoire
Hydrocarbures aromatiques totaux		170 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques et aliphatiques totaux		400 µg/l	EUROFINS
Methyl-Tertio-Butyl-Ether (MTBE)	LS301-1	5 µg/l	EUROFINS
Benzène CAS 71-43-2	NF ISO 11423-1	0.5 µg/l	EUROFINS
Ethylbenzène CAS 100-41-4		1 µg/l	EUROFINS
o-Xylène CAS 95-47-6		1 µg/l	EUROFINS
Toluène CAS 108-88-3		1 µg/l	EUROFINS
Xylène (méta-, para-) CAS 1330-20-7		1 µg/l	EUROFINS
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 molécules)	NF EN ISO 17993	0.005 µg/l	EUROFINS
Baryum (Ba) CAS 7440-39-3	ICP/MS NF EN ISO 17294-2	10 µg/l	EUROFINS
Vanadium (V) CAS 7440-62-2		1 µg/l	EUROFINS
Étain (Sn) CAS 7440-31-5		1 µg/l	EUROFINS
Cobalt (Co) CAS 7440-48-4		1 µg/l	EUROFINS
Molybdène (Mo) CAS 7439-98-7		1 µg/l	EUROFINS
Antimoine (Sb) CAS 7440-36-0		5 µg/l	EUROFINS
Sélénium (Se) CAS 7782-49-2		5 µg/l	EUROFINS
Aluminium (Al) CAS 7429-90-5		10 µg/l	EUROFINS
Manganèse (Mn) CAS 7439-96-5		1 µg/l	EUROFINS
Fer (Fe) CAS 7439-89-6		ICP/AES NF EN ISO 11885	0.1 mg/l
Béryllium (Be) CAS 7440-41-7	ICP/AES NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01 mg/l	EUROFINS
Thallium (Tl) CAS 7440-28-0		0.01 mg/l	EUROFINS
Argent (Ag) CAS 7440-22-4		0.01 mg/l	EUROFINS
Arsenic (As) CAS 7440-38-2	NF EN ISO 17294-2	5 µg/l)	EUROFINS
Plomb (Pb) CAS 7439-92-1		1 µg/l	EUROFINS
Cadmium (Cd) CAS 7440-43-9		0.2 µg/l	EUROFINS
Chrome (Cr) CAS 7440-47-3		1 µg/l	EUROFINS
Nickel (Ni) CAS 7440-02-0		1 µg/l	EUROFINS
Cuivre (Cu) CAS 7440-50-8		1 µg/l	EUROFINS
Zinc (Zn) CAS 7440-66-6		10 µg/l	EUROFINS
Mercure (Hg) CAS 7439-97-6		NF EN ISO 17852	0.015 µg/l
Pigments chlorophylliens et phéopigments	UV-VIS Spectrophotomètre NF T 90-117	0.1 µg/l	EUROFINS
Chlorophylle et phéopigments	Spectrofluométrie	NA	MARBEC
Micro-organismes hétérotrophiques adaptés aux hydrocarbures et micro-organismes hétérotrophiques totaux	Taxonomie, comptage de colonies <sup>29</sup>	NA	EUROFINS

<sup>29</sup> Méthode basée sur Oudot et al. (1981) Hydrocarbon weathering in seashore invertebrates and sediments over a two-year period following the Amoco Cadiz oil spill: Influence of microbial metabolism. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological 26(2): 93-110

### 3.3.2.1.4. Traitement des données : comparaison à des valeurs seuils

Il est important de pouvoir qualifier l'état chimique d'une masse d'eau dans l'espace et le temps afin d'apprécier l'évolution de certains paramètres physiques ou chimiques qui peuvent avoir un impact sur le milieu naturel.

Dans le cadre de cette étude, et comme cela était le cas dans des précédentes études de suivi, les valeurs mesurées in situ et celles issues des analyses en laboratoire sont évaluées au regard de valeurs de références issues de la littérature correspondant au milieu marin ouvert.

#### Éléments nutritifs

Le tableau ci-après présente les valeurs seuils en nitrate, nitrite, phosphate et carbone organique dissous issues de la réglementation européenne dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (arrêté du 25 janvier 2010). Le code couleur utilisé ci-dessous va du bleu clair pour les faibles valeurs (qualité satisfaisante) au rouge pour des valeurs fortes (qualité dégradée).

**Tableau 80. Référentiel Européen (Arrêté du 25 janvier 2010)**

Seuil	Azote global (mg/L)	Nitrate (NO <sub>3</sub> ) (mg/L)	Nitrite (NO <sub>2</sub> ) (mg/L)	Phosphate (PO <sub>4</sub> ) (mg/L)	Carbone Organique Dissous (mg/L)
<b>Très bon</b>	-	<10	<0,1	<0,1	<5
<b>Bon</b>	-	<50	<0,3	<0,5	<7
<b>Moyen</b>	-	*	<0,5	<1	<10
<b>Médiocre</b>	-	*	<1	<2	<15
<b>Mauvais</b>	-	*	>1	>2	>15

Source Ifremer, 2014

#### Éléments traces métalliques

Le tableau ci-après présente les Normes de Qualité Environnementale pour les éléments traces métalliques dans la colonne d'eau. Établir des valeurs seuils pour les métaux et pour certains autres éléments n'est pas toujours facile car dans certains contextes géologiques ces « éléments » se trouvent naturellement à des teneurs non négligeables dans les masses d'eau. La directive 2008/105/EC autorise la prise en compte de la concentration « naturelle » de l'élément pour la région considérée dans la définition des valeurs seuils environnementales.

**Tableau 81. Normes de Qualité Environnementale pour les éléments traces métalliques dans la colonne d'eau**

Éléments Traces Métalliques			NQE	Bruit de fond géochimique*	NQE locale**
Substances prioritaires	Dangereuses	Cadmium (µg/l)	5	< 1	6
		Mercuré (µg/l)	0,5	< 0,1	0.6
	Autres	Nickel (µg/l)	20	< 5	25
		Plomb (µg/l)	0,5	< 5	5.5
Autres substances		Arsenic (µg/l)	4,2	< 5	9.2
		Baryum (µg/l)	58	20,9	78.9
		Chrome (µg/l)	3,4	< 5	8.4
		Cuivre (µg/l)	1,4	< 10	11.4
		Zinc (µg/l)	7,8	15.1	22.9

\* Concentration mesurée en 2010 assimilable au bruit de fond (BF)

\*\* NQE + bruit de fond

### HAP (Hydrocarbure Aromatiques Polycycliques)

Le tableau ci-après présente les Normes de Qualité Environnementale pour les HAP dans la colonne d'eau de la directive 2008/105/CE.

**Tableau 82. Normes de Qualité Environnementale pour les HAP dans la colonne d'eau**

Molécule			NQE
Substances prioritaires	Dangereuses	Anthracène (µg/l)	0,1
		Benzo(a)pyrène (µg/l)	0,05
		Benzo(b)fluoranthène (µg/l)	0,03
		Benzo(k)fluoranthène (µg/l)	0,03
		Benzo(ghi)pérylène (µg/l)	0,002
		Indéno(123-cd)pyrène (µg/l)	0,002
	Autres	Fluoranthène (µg/l)	0,1
		Naphtalène (µg/l)	1,2
Autres substances		Acénaphtylène (µg/l)	0,4
		Acénaphène (µg/l)	0,7
		Benzo(a)anthracène (µg/l)	0,005
		Chrysène (µg/l)	0,006
		Dibenzo(ah)anthracène (µg/l)	0,00006
		Fluoranthène (µg/l)	0,3
		Phénanthrène (µg/l)	0,11
		Pyrène (µg/l)	0,024

### BTEX (Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes)

Le tableau ci-après présente les Normes de Qualité Environnementale pour les BTEX dans la colonne d'eau de la Directive 2008/105/CE.

**Tableau 83. Valeur de NQE pour les molécules de BTEX dans l'eau**

Molécule		NQE
Substance prioritaire non dangereuse	Benzène (µg/l)	8
Autres substances	Toluène (µg/l)	74
	Éthylbenzène (µg/l)	20
	Xylène (µg/l)	10

### 3.3.2.2. Prélèvement de plancton

Les analyses ont été réalisées sur le phytoplancton et le zooplancton.

#### 3.3.2.2.1. Équipement et mode opératoire

Des échantillons de plancton sont prélevés en utilisant de deux techniques différentes, à savoir :

1. En utilisant les mêmes bouteilles Niskin que celles utilisées pour les analyses physico-chimiques des échantillons d'eau, 250 ml d'eau sont prélevés et immédiatement fixés par du formol neutralisé pour une concentration finale de 2,5 %. Cette technique n'a été employée qu'aux stations S04, S39, 2SE005 et 3RSE005 où deux échantillons sont prélevés à chaque fois.
2. Un filet de type bongo avec deux vides de maille différents : 35 et 300 µm ce dernier étant moins adapté à la récolte du phytoplancton. Aux stations S04 et S39, des traits de filet verticaux de 50 m ont été réalisés avec le filet de 300 µm de vide de maille et de 0,61 m d'ouverture, à une vitesse de 0,4 m.s<sup>-1</sup> environ. Aux autres stations PK1 à PK4, le filet de 35 µm de vide de maille a été déployé dans le courant, bateau stationnaire (vitesse du courant supérieure à 1,5 m.s<sup>-1</sup>), à une profondeur de 10 m environ, durant 22 à 33 minutes selon les stations. Dans les deux cas les refus du filet sont fixés au formol à une concentration finale de 5% dans des flacons de 500 ml.

Une fois l'ensemble des flaconnages étiquetés et inventoriés, les échantillons de phytoplancton sont placés à l'abri de la lumière à température ambiante jusqu'à leur arrivée au laboratoire. De retour à terre, les échantillons sont envoyés par transport express au laboratoire accompagnés. Une chaîne de traçabilité est mise en place pour assuré le suivi et la bonne réception des échantillons.

La planche photo 26 illustre le mode opératoire de prélèvements.

**Prélèvement de plancton au filet**

Mise à l'eau du filet bongo

Rinçage des filets à l'eau de mer

Récupération du plancton

① Filet Bongo  
② Débitmètre  
③ Collecteur

*Photos 26. Collecte du plancton avec le filet Bongo*

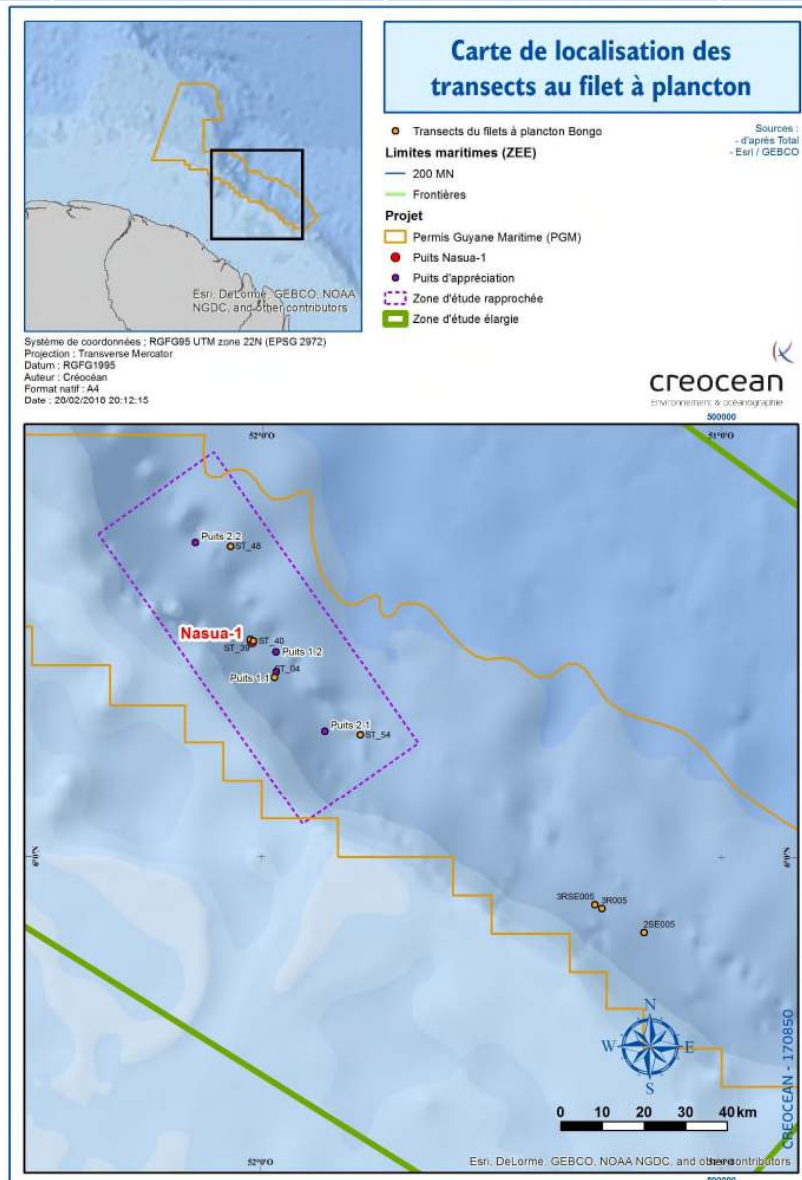


### 3.3.2.2.2. Plan d'échantillonnage

Les prélèvements ont été effectués dans deux secteurs, Nasua et GMES, situés à environ 160 km de la côte et distants d'environ 100 km. Quatre stations ont été échantillonnées, deux sur chaque site : S04 et S39 sur Nasua le 28 octobre, et 2SE005 et 3RSE005 sur GMES (Figure 109).

**Tableau 84. Effort d'échantillonnage du filet Bongo**

Station	Coordonnées station (RGFG95, UTM22N)		
	X	Y	Z max
S04	392148	706896	2077
S39	386606	715627	2146
2SE005	481343	645088	1899
3RSE025	471439	650675	1777
PK1	381857	738039	2592
PK2	366748	700868	135
PK3	436465	668431	1487
PK4	471179	650825	1755



**Figure 109. Stations de prélèvement du plancton au filet Bongo**

### 3.3.2.2.3. Analyses

Le laboratoire qui a réalisé les analyses des échantillons de plancton est le suivant :

CRIOBE

(Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement)

Contact : Bruno Delesalle

Université de Perpignan | 58 avenue Paul Alduy

66860 Perpignan Cedex | France

Tél : +33 4 68 66 21 93

Pour le phytoplancton, les résultats attendus concernent : l'abondance absolue, la liste des taxons au genre ou à l'espèce et leur abondance relative. Pour le zooplancton, les résultats concernent l'identification des grands groupes taxonomiques et l'estimation de leurs abondances absolues et relatives.

#### Analyse qualitative

Toutes les observations et dénombrements de **phytoplancton** sont effectués à l'aide d'un microscope inversé Wild M40. Les échantillons sont placés dans une chambre à plaque Hydrobios® de 25 mm de diamètre et de 2,5 ml de volume (Figure 110). L'utilisation de la chambre à plaque permet l'observation d'un plus grand nombre d'individus qu'une simple préparation entre lame et lamelle, ce qui améliore l'estimation de l'abondance relative des différents taxons. Pour chaque échantillon, deux chambres sont observées dans leur totalité.



Figure 110. Chambre à plaque Hydrobios® pour l'observation du phytoplancton au microscope inversé et sa colonne de sédimentation utilisée pour les échantillons d'eau

Les taxons sont toujours identifiés au niveau du genre et, le plus souvent, de l'espèce. Aucun traitement, tel que le nettoyage des frustules des diatomées à l'eau oxygénée, n'a été appliqué aux échantillons.

Étant donné le vide de maille du filet utilisé (35 µm), seules les plus grandes espèces du phytoplancton et les colonies sont observées dans les récoltes. Le nanophytoplancton est principalement observé dans les échantillons d'eau. Cependant, l'identification des espèces du nanophytoplancton est souvent délicate, les caractères morphologiques caractéristiques de ces espèces n'étant souvent observables qu'en microscopie électronique à balayage (MEB). Par ailleurs, un certain nombre d'algues se déforme à la fixation, ce qui rend impossible leur identification à un niveau plus précis que celui de la classe. C'est le cas en particulier des dinoflagellés sans thèque et des euglénophycées. L'analyse des échantillons d'eau a cependant un intérêt qualitatif, car elle permet l'observation des classes composées uniquement d'espèces nanophyto-planctoniques comme les coccolithophoracées ou les prasinophycées.

Pour le **zooplancton**, des observations ont été faites à l'aide d'une loupe binoculaire Leica S9i dans une cuve de Dollfus, cuve rectangulaire dont le fond est quadrillé de 200 carrés de 0,5 cm de côté. Deux sous-échantillons de 10 ou 25 ml selon l'abondance du matériel ont été observés pour chaque prélèvement. L'identification s'est limitée aux grands groupes taxinomiques, en distinguant cependant l'holoplancton, dont tout le cycle de vie se fait dans le plancton, du méroplancton dont seuls les œufs et larves sont planctoniques, les adultes étant benthiques ou nectoniques (poissons). En effet, bien que les stations soient situées à grande distance de la côte et sur de grands fonds, le méroplancton est bien représenté dans les échantillons, sans toutefois dépasser en nombre l'holoplancton.

### Analyse quantitative des échantillons

Dans les échantillons de filet, l'abondance relative de chaque taxon est estimée et codée de 1 à 5 :

- 1 = espèce observée une fois,
- 2 = espèce présente, c'est-à-dire espèce observée plus d'une fois, mais moins de 10 fois,
- 3 = espèce fréquente, observée plus de 10 fois dans l'échantillon,
- 4 = espèce abondante, rencontrée dans une majorité des champs d'observation du microscope,
- 5 = espèce très abondante, observée dans tous les champs du microscope.

L'abondance relative du **phytoplancton** est évaluée par l'observation de deux chambres à plaque examinées en totalité, tant pour les échantillons prélevés en décembre que pour ceux d'octobre, malgré la moindre qualité de ces derniers. L'observation s'est faite à un grossissement variant de 150 pour repérer les cellules jusqu'à 600 pour observer les détails des cellules. L'abondance du zooplancton est évaluée selon les mêmes critères, mais dans une cuve de Dollfus.

Les échantillons d'eau servent à estimer l'abondance absolue du **phytoplancton**. Ils sont analysés comme suit. Les prélèvements sont laissés au repos pendant plusieurs semaines, puis réduits à un volume d'environ 100 ml. Ce volume est mis à sédimenter au moins 24 h dans une colonne de sédimentation placée sur la chambre à plaque Hydrobios® (Figure 110). C'est donc la totalité de l'échantillon qui est ensuite observée. L'identification et le comptage des cellules sont effectués à un grossissement de 300, avec recours à un grossissement de 600 pour les plus petites cellules. La méthode permet la détection des cellules de taille supérieure à 3 µm. Les résultats sont donnés en nombre de cellules par litre. Pour les diatomées en colonies, chaque cellule est comptée. Pour les cyanophycées filamenteuses, chaque trichome est compté.

L'abondance numérique du **zooplancton** est évaluée en dénombrant les principaux groupes à la loupe binoculaire Leica S9i dans une cuve de Dollfus sur 3 lignes de 10 carrés. Après mesure du volume des échantillons, ceux-ci sont homogénéisés avant d'en prélever un sous-échantillon de 10 à 25 ml selon leur richesse. Les dénombrements peuvent ainsi être rapportés au volume d'eau filtré pour obtenir l'abondance du zooplancton dans le milieu.

### 3.3.2.2.4. Traitement des données

À partir de l'analyse qualitative des échantillons prélevés, les caractéristiques générales de la flore planctonique peuvent être décrites ainsi que la répartition spatiale et temporelle des taxons observés.

L'analyse quantitative permet de discuter de l'abondance relative des taxons dans les échantillons de filet et de l'abondance absolue du plancton dans les échantillons d'eau (phytoplancton) ou de filet (zooplancton).

### 3.3.3. Etude du rebord du plateau continental

#### 3.3.3.1.1. Acquisition géophysique

Le rebord du plateau continental a fait l'objet d'acquisitions géophysiques fin 2017 en vue d'établir une première cartographie des zones à substrat rocheux profonds qui ont probablement un très fort intérêt écologique et patrimonial mais qui sont complètement méconnus.

L'objectif ultime de l'étude est d'établir la présence ou l'absence d'un système récifal mésophotique ou récif mésophotique compte-tenu des éléments décrits dans l'étude bibliographique.

#### 3.3.3.1.2. Equipements mis en œuvre

Cette cartographie du substrat superficielle a été réalisée à l'aide d'un sonar à balayage latéral et d'un sondeur bathymétrique multifaisceaux en suivant des profils dont l'espacement est variable selon la profondeur d'acquisition et le niveau de détail souhaité.

**Tableau 85. Liste des équipements et caractéristiques principales**

SONDEUR BATHYMETRIQUE MONOFAISCEAU / BACKSCATTER			
Modèle	EM-710	Fabricant	KONGSBERG
Fréquence (kHz)	40 – 100 kHz	Ouverture angulaire (°)	< 140°
Logiciel d'acquisition	HWS-10 Workstation	Logiciel de traitement	CARIS HIPS / SIPS
SONAR A BALAYAGE LATERAL			
Modèle	Klein 3000	Fabricant	Marine System, Inc.
Fréquence (kHz)	100 / 500 kHz	Faisceau horizontal	0.7 deg @ 100 kHz, 0.21 deg @ 500 kHz
Logiciel d'acquisition	Sonar Pro	Logiciel de traitement	Chesapeake SonarWiz
CENTRALE INERTIELLE, SONDES			
PROFIL DE CELERITE : SONDE CTD			
Modèle	Seabird	Fabricant	SBE-19plus CTD
CENTRALE INERTIELLE			
Modèle	Seapath 200	Fabricant	KONGSBERG
SYSTEME DE POSITIONNEMENT			
SYSTEME DE POSITIONNEMENT DE SURFACE PRIMAIRE			
Modèle	C-NAV3050	Fabricant	C-NAV
C-Nav <sup>2</sup> correction services			
SYSTEME DE POSITIONNEMENT SOUS-MARIN			
Modèle	HiPAP 351P	Fabricant	Kongsberg

### 3.3.3.1.3. Plan d'échantillonnage

Le levé géophysique permettant une reconnaissance cartographique du fond marin en terme morpho-sédimentaire était basé sur l'étude d'une zone de 630 km<sup>2</sup> sur le rebord du plateau continental au droit du site de NASUA 1 choisi en fonction de critère morphologique et de l'analyse des activités de pêche.

Cette prospection ayant pour but de couvrir l'ensemble de la bordure du plateau continental, un espacement de 400 m des profils a été défini de façon à optimiser la zone à étudier. Ce choix génère des zones sans données entre profils en raison soit des conditions de courant sur zone (sonar à balayage latéral) soit de profondeur d'eau plus faible (sondeur bathymétrique).

La carte ci-après (Figure 111) présente le plan d'acquisition des données par rapport à la navigation extraite des données bathymétriques et sonar. On peut remarquer qu'au sein de la zone d'étude principale une zone plus réduite (24 km<sup>2</sup>) a fait l'objet d'investigations plus détaillées car elle représentait *a priori* un fort potentiel écologique ; les profils d'acquisition ont été rapprochés afin d'augmenter la résolution.

Le plan d'échantillonnage initial a dû être adapté aux conditions météo océaniques qui n'étaient pas idéales pour ce genre d'opération en raison de :

- La présence de très forts courants marins de plus de 3 nœuds obligeant le navire à naviguer en « crabe » et qui a une incidence directe sur la qualité de la donnée acquise,
- La présence d'une thermocline située autour de 75 à 80 m d'eau. Cette variation brutale de la température de l'eau entraîne une perturbation dans la propagation des ondes acoustiques qui est corrigée sur les données bathymétriques à l'aide des profils de célérité mais ne peut être corrigée sur le système de sonar à balayage latéral.

Des mesures de la célérité au sein de la colonne d'eau ont été réalisées chaque jour à l'aide d'une sonde CTD au cours des opérations afin de pouvoir convertir les profondeurs d'eau en mètre. Cette sonde enregistre également la température et la salinité sur l'ensemble de la colonne d'eau.

Le sondeur bathymétrique utilisé était fixé à la coque du navire. Le sonar à balayage latéral était tracté à une altitude relativement constante au-dessus du fond marin et positionné au moyen d'un capteur relié à un USBL monté sur perche.

**Tableau 86. Résumé de l'acquisition**

Référence du projet	170850_French Guyana
<b>Navire</b>	R/V Proteus
<b>Date de la campagne</b>	6/11/2017 au 24/11/2017
<b>Superficie couverte pour le levé SSS/MBES</b>	630 km <sup>2</sup> + 23 km <sup>2</sup> de zone détaillée au sein du site
<b>Longueur de lignes cumulées (SSS/MBES)</b>	1 653 km and 312 km pour la zone de détail
<b>Longueur de lignes cumulées (SBP – zone NASUA 1)</b>	68 km



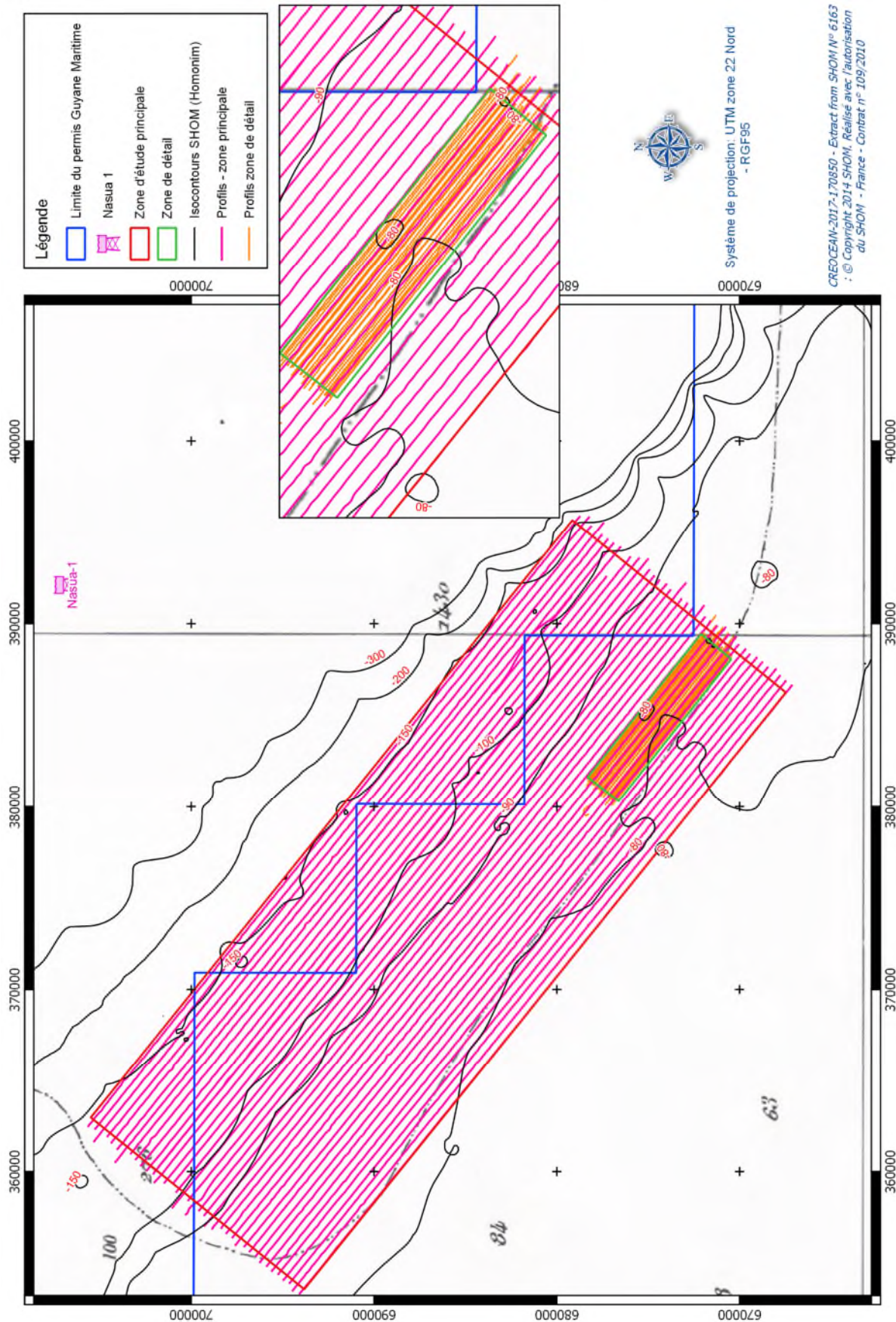


Figure 111. Carte de localisation des profils MBES et SSS

Des calibrations ont été réalisées en début de campagne :

- patch test permettant la calibration du sondeur bathymétrique multifaisceaux au regard des mouvements du navire (roulis, tangage et cap),
- calibration de l'USBL pour une précision du positionnement sous-marin du sonar à balayage latéral,
- vérification des données de positionnement via un enregistrement en statique à quai des données du GPS utilisé (C-Nav).

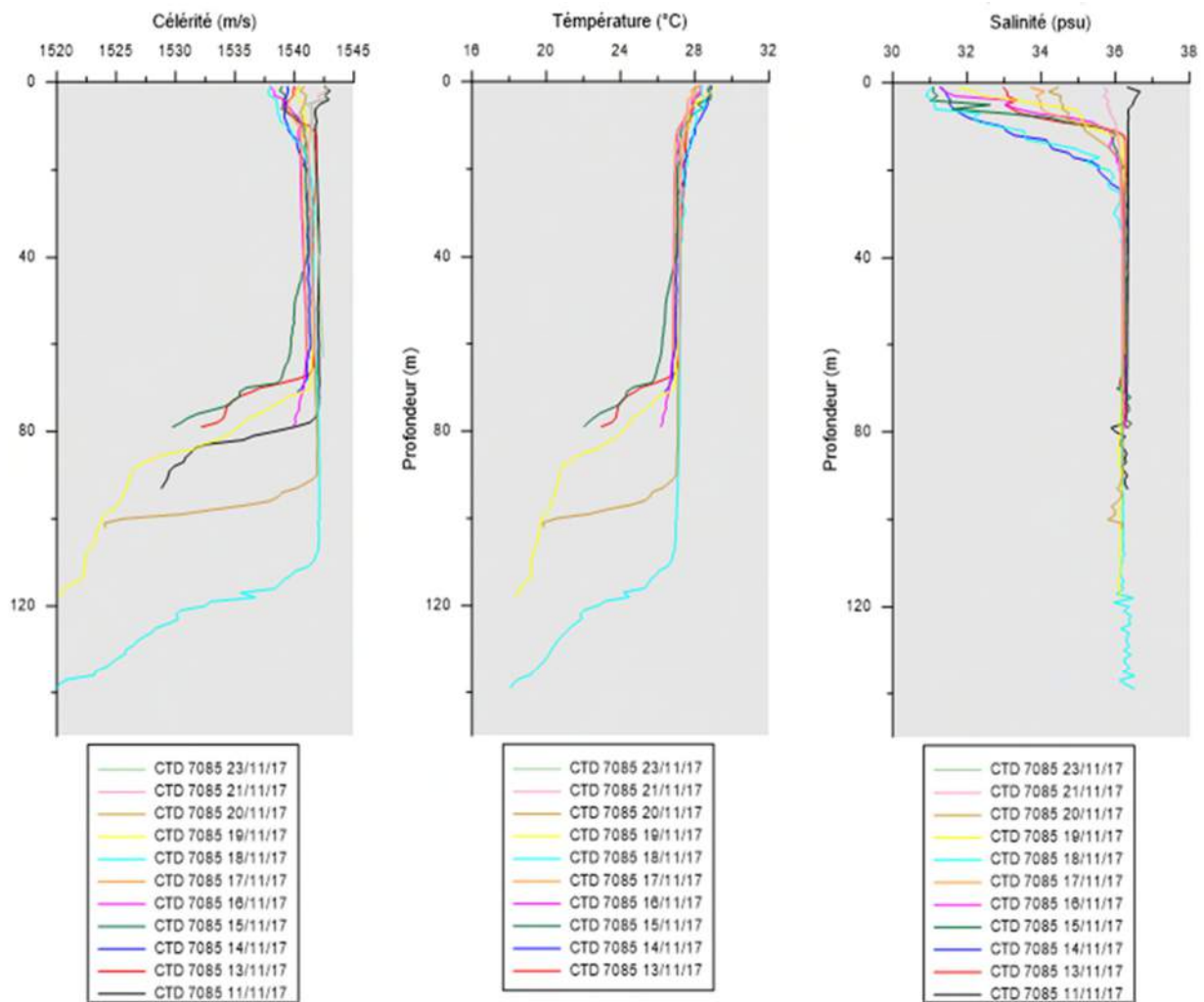


Figure 112. Profils de la sonde CTD acquis entre le 11 et le 23 novembre 2017

#### 3.3.3.1.4. Remarques sur l'acquisition/traitement

Le plan de positionnement théorique de cette campagne d'acquisition géophysique a été décidé selon des critères environnementaux. L'objectif étant une reconnaissance à grande échelle au droit de la zone de forage d'exploration prévue à ce jour, l'espacement des lignes ne permet pas un recouvrement complet de la zone proposée.

Les données du sonar à balayage latéral présentent des espaces variables selon le déplacement du poisson avec les courants et la navigation du navire. De plus la zone centrale, sous le poisson (partie du sonar tractée à l'arrière du bateau), ne présente pas de donnée, pour couvrir cette partie, l'espacement des profils devrait être divisé par deux et donc la zone d'étude couverte également.

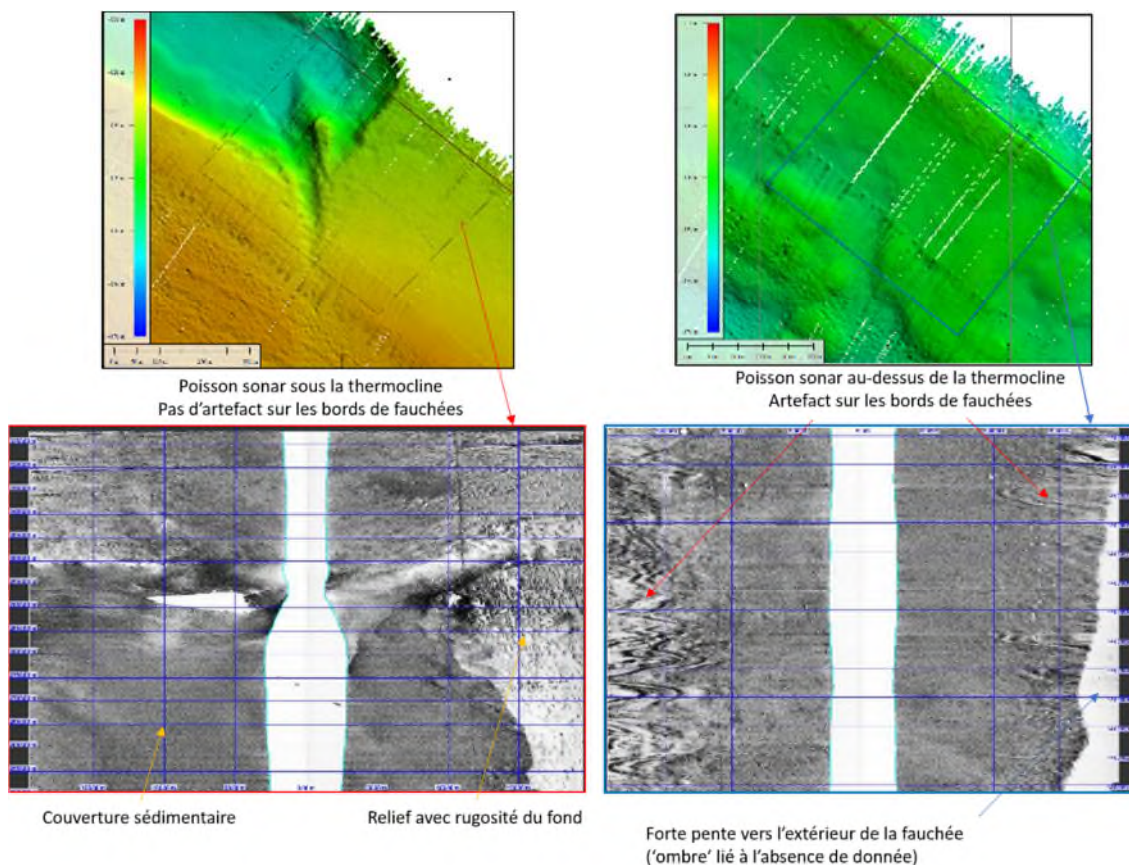


Pour la bathymétrie, l'espacement entre les fauchées est également variable en fonction de la profondeur d'eau. Au-delà de 90 m d'eau, les zones sans donnée entre profils sont extrêmement réduites voire inexistantes. En revanche pour les profondeurs inférieures, l'espacement entre les fauchées peut dépasser les 70 m en raison de l'ouverture du sondeur mais également du post-traitement ayant parfois nécessité un nettoyage important en bord de fauchée.

Les profils de célérité réalisés au cours de la campagne indiquent la présence d'une thermocline située autour de 75 à 80 m d'eau. Cette variation entraîne une perturbation dans la propagation des ondes acoustiques qui est corrigée sur les données bathymétriques à l'aide des profils de célérité mais ne peut être corrigée sur le système de sonar à balayage latéral.

Le poisson sonar est maintenu à une altitude de 20 m au-dessus du fond et se situe donc toujours au-dessus de la limite de la thermocline. Les ondes traversent donc deux masses d'eau de caractéristiques très différentes. Ceci se traduit par un bruit plus ou moins important sur la donnée au-delà de 100 m de fauchée, rapport signal sur bruit décroissant du centre vers l'extrémité de la fauchée.

De manière générale, ce bruit même très marqué ne masque pas les véritables données de type substrats durs.



**Figure 113. Comparaison des données sonar pour le poisson au-dessus ou sous la thermocline**

Au cours de la mission, les courants étaient relativement importants, de l'ordre de 3 à 3.5 nœuds (données issues du modèle de prévision. Ceux-ci ont généré une navigation dite 'en crabe' selon la direction du navire. Ce type de navigation génère une acquisition également avec un angle de la bathymétrie et ainsi une donnée de qualité plus réduite.

Le second facteur ayant impacté les données bathymétriques est la présence d'une houle de ¾ avant sur les profils NW-SE. Cette houle associée au courant nécessitait des réajustements de cap important lors du levé, ces réajustements influent de manière notable sur la qualité de la donnée bathymétrique.

#### **3.3.3.1.5. Traitement des données**

Une grande partie des données ont été traitées à bord afin de préparer au mieux la phase de vérité terrain faisant suite à la campagne géophysique.

Le traitement des données bathymétriques consiste en un nettoyage des sondes aberrantes, une vérification des corrections géométriques liées au mouvement du navire (données acquises par le biais de la centrale inertielle) et à la célérité des ondes dans la colonne d'eau. Une fois nettoyé, le résultat est exporté sous forme de fichier XYZ (position, profondeur) et rapporté au zéro de référence du projet, en l'occurrence le NGG77. En parallèle du traitement des sondes bathymétriques, les données d'imagerie de type rétrodiffusion sont également traitées et moyennées pour un premier aperçu des grandes tendances sédimentaires du fond marin.

Le traitement des données sonar consiste en un nettoyage de la navigation, position et cap, et l'application de gain permettant d'améliorer la qualité de la donnée sur chaque bande sonar individuel. Une fois ce traitement appliqué, une égalisation de la réflectivité est apportée à l'ensemble afin d'obtenir une mosaïque sonar géoréférencée permettant l'identification des variations de la nature des fonds en fonction du faciès acoustique.

#### **3.3.3.1.6. Analyse**

L'analyse des données se fait en plusieurs étapes à l'aide d'un logiciel de SIG :

- une analyse morphologique (données bathymétriques),
- une analyse des bandes sonar brutes pour la recherche de variation acoustique très ponctuelle ou d'objets majeurs,
- une analyse de l'imagerie (imagerie du sondeur bathymétrique et du sonar à balayage latéral) pour la cartographie des faciès acoustiques,
- lustrer les contours réalisées à partir des données d'imagerie au regard des informations morphologiques,
- la carte morphosédimentaire résultante est ensuite validée en termes de nature des fonds à partir des données de sol existantes (vérité terrain).

### 3.3.3.2. Acquisition photo et vidéo

#### 3.3.3.2.1. Équipement

Des vidéos du fond marin ont été réalisées avec une caméra Haute Définition (HD) activée par la pression ou une caméra photographique MOD4 relié à la surface aux équipements informatiques du navire par un ombilical.

La caméra HD est équipée d'une batterie ayant une autonomie de 3,5 heures d'enregistrement avant rechargement. Les séquences vidéo ont été enregistrées en « full » HD 1080 p à 30 fps (720 p à 60 fps). Un éclairage LED avec une puissance d'éclairage de 2 500 lumens éclairant le fond a été utilisé. La compacité et la légèreté du caisson anodisé est conçu pour atteindre des profondeurs supérieures à 4 000 m. Dû à la grande qualité de ce système, il a été possible d'extraire des photographies des vidéos enregistrées.

La caméra photographique est programmée pour prendre des clichés toutes les 30 secondes. L'acquisition vidéo est en continue une fois déclenchée par la pression.

Le tableau 87 détaille les caractéristiques techniques des caméras vidéographique et photographique utilisées.

**Tableau 87. Description des caméras photographiques et vidéo**

Type de caméra	Description
<b>Caméra HD MOD4 (mode laps de temps) Prise d'images</b>	 <p>Le système MOD4 comprend un appareil photo D5200 DSLR et son caisson. Ils ont été intégrés à la « luge » pour prendre des images de haute qualité. Durant ces suivis, le mode laps de temps a été employé pour enregistrer des images à des profondeurs entre 1 500 et 2 500 m avec un intervalle de temps de 30 sec et sur une période d'approximativement 1 heure.</p>
<b>Mini caméra HD (caméra pression) Prise de vidéo</b>	 <p>Ce système comprend une caméra 2MP HD et son caisson. Elle commence à enregistrer juste avant que la « luge » n'atteigne le fond et continue durant l'échantillonnage (carottier). Elle permet d'obtenir des informations visuelles de la station. Un éclairage LED 1 000 lumen est couplé à la caméra. Il a également été possible d'extraire des photographies des séquences vidéo réalisées.</p>



### 3.3.3.2.2. Plan d'échantillonnage

38 transects vidéos ont été réalisés ainsi que 6 enregistrements plus ponctuels avec la caméra « drop down ».

**Tableau 88. Coordonnées géographiques des observations vidéo du leg 3**

Transect vidéo	Coordonnées (RGF95 UTM N22)						Longueur (m)
	Début			Fin			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
T01	355722	695756	84	356561	695095	81	1070
T02	359246	699661	94	359914	699088	94	880
T03	362559	696358	90	363406	695591	90	1150
T04	364087	692131	83	364411	691758	83	500
T05	364424	691744	83	364908	690871	84	1150
T06	367065	684888	79	367494	684423	80	650
T07	370605	687918	85	370933	687557	84	500
T08	370890	687589	85	371443	687027	84	800
T09	378160	679785	83	379564	678337	79	2020
T10	376214	676728	79	377491	675412	79	1850
T11	385543	674193	78	386955	672753	81	2020
T12	384305	670544	80	384851	669994	79	780
T13	385757	681793	97	386419	681122	94	950
T14	383968	684763	117	384804	683878	105	1220
T15	375702	688720	98	376439	687942	94	1080
T16	370106	693607	109	370656	693042	109	780
T17	366255	698324	124	367232	697227	127	1470
T18	365219	702519	149	365723	701966	133	750
T19	373337	694448	131	373926	693790	128	890
T20	376314	693499	153	377295	692544	125	1400
T21	377850	691773	136	378579	690995	127	1100
T22	380385	690990	146	381441	689822	151	1600
T23	389640	682266	100	389969	681924	96	480
T24	392360	680221	132	393181	679373	108	1180
T25	372538	695296	137	373343	694431	131	1200
T26	373668	691407	109	374347	690684	102	1000
T27	378853	689185	118	379532	688461	117	1000
T28	380097	687093	113	380775	686370	103	1000
T29	372251	693272	120	372852	692623	118	850
T30	372499	693714	119	373308	692849	124	1190
T31	374467	695146	124	375407	694132	122	1300
T32	384098	687105	146	384923	686345	124	1120
T33	389766	682118	96	389746	682166	98	60
T34	389404	682841	116	389411	682816	115	30
T35	391348	682376	124	392290	681480	122	1300
T36	389920	681992	97	391210	680750	99	1800
T37	392350	679531	103	393184	678692	102	1200
T38	389204	680925	100	390038	680086	97	1200
DD01	362068	699189	100	362126	699150	101	70
DD02	362576	698496	98	362600	698479	98	30
DD03	363983	697879	102	363994	697871	102	15
DD04	372062	692191	109	372348	691940	114	380
DD05	364008	704095	135	364089	704005	139	120
DD06	36754	700331	147	367515	700274	142	85

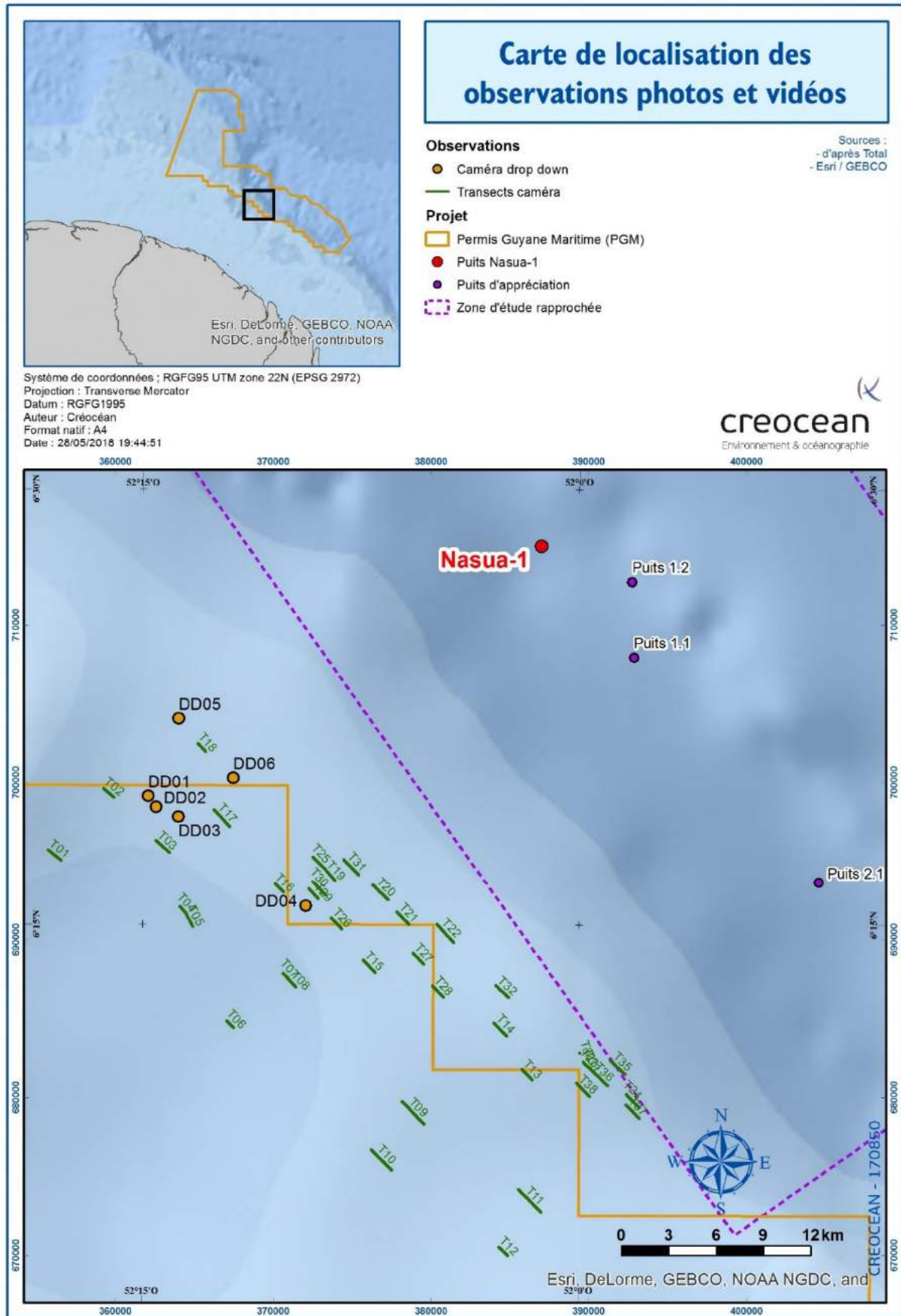


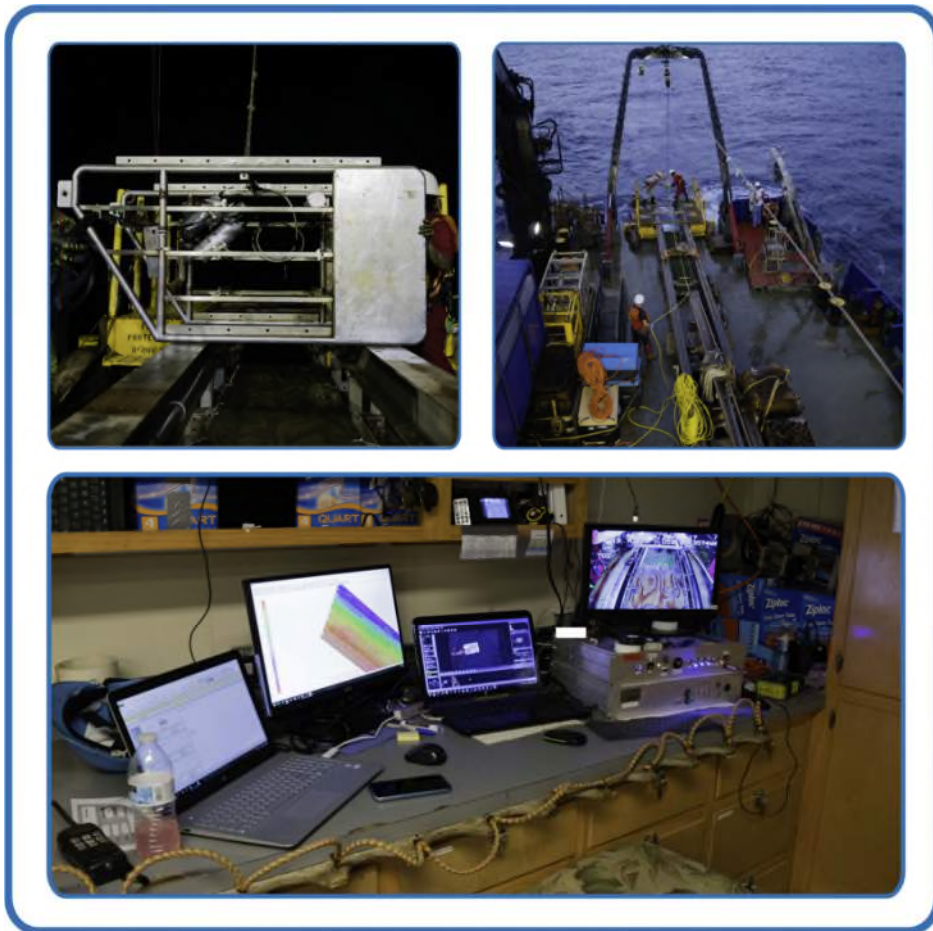
Figure 114. Localisation des transects vidéo (T) et des images ponctuelles (DD) sur les fonds

### 3.3.3.2.3. Mode opératoire

Les caméras sont installées sur une « luge » en acier galvanisé qui permet de se déplacer sur le substrat et obtenir des transects vidéos.

Avant chaque déploiement des caméras sur la luge, une calibration couleur de l'image est effectuée.

La « luge » est déployée du portique arrière au moyen d'un winch avec câble plasma disposé sur le pont supérieur a été employé.



*Photos 27. Système de vidéo sous-marine*

### 3.3.3.2.4. Traitement des données

Les données acquises seront traitées par le Museum d'Histoire Naturelle.

#### **Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)**

Contact : Laure Corbari

L'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, 43 Rue Cuvier, CP 26, 75005 Paris, France

Tel : +33 (0)1 40 79 31 73

### 3.3.3.3. Prélèvement de macrofaune épibenthique

#### 3.3.3.3.1. Équipement

La récolte de la faune benthique s'est faite à l'aide de la drague Warén fournie par le Museum et manipulée par son personnel. Elle est composée d'un solide cadre métallique avec une ouverture rectangulaire de 80 cm de long et 25 cm de large. Un filet est placé derrière le cadre et grâce au poids de ce dernier d'environ 100 kg, cela permet de racler le fond et de retenir les sédiments et la faune. Le cadre métallique est relié à un câble et tiré par un bateau à faible vitesse (1-2 nœuds) pendant 20 minutes. La poche de la drague est composée de plusieurs couches. La poche intérieure est faite de maille plus mince (3-5 mm) et est protégée par une couche externe à mailles plus grande (20-50 mm). Celle-ci est composée d'anneaux métalliques qui sont plus solides.



Photos 28. Collecte de la faune benthique avec la drague Warén



### 3.3.3.3.2. Plan d'échantillonnage

L'objectif était de couvrir l'ensemble de la zone analysée précédemment lors du leg 2 avec l'idée de prospecter le maximum de substrats rencontrés. Le nombre de transects vidéo et de trait de dragues a été fixé dès la fin du leg 2 tout en sachant que théoriquement l'ensemble des investigations devaient être réalisées dans une période d'au moins 8 jours. Les règles suivantes ont donc été appliquées pour mener à bien la campagne de terrain (leg 3) :

- commencer par de longs transects vidéo et couvrir les différentes unités géomorphologiques,
- clacer des transects vidéo sur des unités géomorphologiques homogènes et sur des zones de transitions,
- augmenter l'effort d'échantillonnage sur les zones de plus fort intérêt biologique et faire des vidéos centrées sur des points d'intérêt,
- ajuster la stratégie d'échantillonnage en fonction des observations et des conditions de mer.

Pour ce qui est de l'emplacement des traits de drague, ils ont été choisis autant que faire se peut à l'emplacement de transects vidéo ce qui a permis de valider que la drague puisse prélever sans mettre en danger les équipements, et surtout d'associer les vidéos aux prélèvements pour une analyse plus fine des observations. En fonction du contenu de la drague, il était décidé d'en refaire dans la même zone ou non.

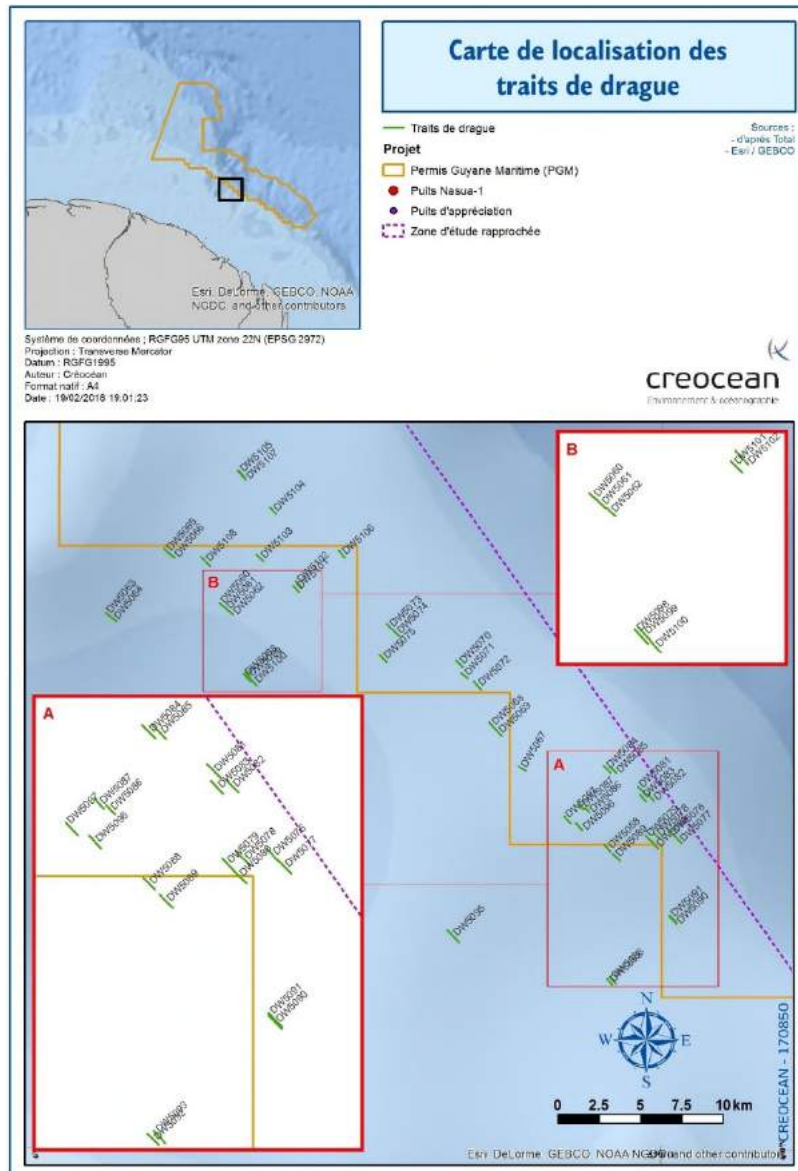


Figure 115. Localisation des traits de drague en bordure du plateau continental



**Tableau 89. Coordonnées géographiques des traits de drague - Récif mésophotique**

Trait de drague	Coordonnées (RGF95 UTM N22)						Longueur (m)
	Début			Fin			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
DW5060	362576	696399	91	362874	696148	90	390
DW5061	362840	696173	91	363115	695920	90	373
DW5062	363146	695925	91	363412	695675	90	365
DW5063	355705	695783	85	356020	695528	87	405
DW5064	356044	695517	87	356336	695288	82	371
DW5065	359236	699677	95	359540	699407	94	407
DW5066	359545	699402	94	359868	699130	95	534
DW5067	380668	686498	105	381130	686229	104	407
DW5068	378886	689170	118	379275	688745	117	576
DW5069	379275	688748	117	379674	688333	117	577
DW5070	376915	692902	127	377315	692508	126	562
DW5071	377208	692176	125	377581	691838	129	504
DW5072	377981	691629	126	378428	691140	124	662
DW5073	372691	695148	138	373076	694751	132	553
DW5074	373049	694785	134	373459	694367	131	585
DW5075	372275	693254	121	372725	692784	119	651
DW5076	389767	682651	115	390123	682252	115	535
DW5077	390131	682267	115	390544	681839	118	594
DW5078	388840	682508	108	389266	682081	101	594
DW5079	388359	682330	106	388762	681917	103	577
DW5080	388729	681958	103	389132	681536	102	583
DW5081	387897	685299	149	388320	684856	150	612
DW5082	388476	684817	153	388875	684407	152	573
DW5083	388022	684776	144	388398	684357	148	563
DW5084	385852	686519	148	386254	686106	151	577
DW5085	386173	686519	151	386605	686083	151	614
DW5086	384702	684008	106	384989	683708	104	614
DW5087	384339	684219	105	384636	683889	104	444
DW5088	385884	681726	97	386247	681343	94	528
DW5089	386402	681182	95	386820	680763	93	592
DW5090	389826	677390	90	390261	676950	94	619
DW5091	389827	677464	92	390258	677014	94	623
DW5092	386026	673647	77	386365	673287	77	492
DW5093	386216	673741	79	386578	673349	79	533
DW5094	384311	670551	80	384996	669867	79	968
DW5095	376346	676598	78	377072	675855	80	1 039
DW5096	384171	683060	96	384550	682633	99	571
DW5097	383443	683454	97	383836	683048	102	533
DW5098	364023	692114	84	364440	691648	83	626
DW5099	364142	692178	83	364480	691786	83	626
DW5100	364504	691748	83	364846	691385	83	518
DW5101	367048	697415	125	367401	697041	127	514
DW5102	367185	697731	125	367591	697300	124	591
DW5103	364837	699346	127	365252	698905	127	606
DW5104	365622	702201	132	366033	701764	131	600
DW5105	363717	704424	127	364082	704013	138	550
DW5106	369768	699584	158	370177	699121	155	619
DW5107	363710	704375	126	364181	703865	145	550
DW5108	361458	699161	97	362033	698624	96	787

#### **3.3.3.3. Traitements des échantillons à bord**

A chaque opération de pêche, le contenu de la drague est collecté dans des bannes de 100L et photographié afin de documenter le type de substrat collecté. Ce contenu est ensuite rincé à l'eau de mer et tamisé sur le pont sur une série de tamis à mailles de taille décroissante. Les organismes sont ensuite triés par grands groupes zoologiques (Crustacés, Mollusques, Echinodermes, Cnidaires, Annélides, Téléostéens, Ascidies, Porifères...) (Planche photos 29). Les associations biologiques sont également notées et documentées avec photos. Une série de photos d'individus représentatives de la diversité observée est alors prise. Cette procédure permet de pouvoir documenter les patterns de couleur de ces organismes qui disparaîtront après leur préservation en éthanol. Pour ces mêmes raisons, tous les cnidaires, téléostéens et porifères sont photographiés vivants. Les organismes sont ensuite conditionnés avec une étiquette imputrescible mentionnant le numéro de la station, date et mission. Le tout est conservé dans de l'éthanol 80° ou 96% ou encore selon les organismes dans le formol. En vue des études moléculaires, des procédures ont été mises en place notamment pour les organismes pour lesquels les prélèvements de tissus doivent être faits sur le terrain. C'est le cas notamment des téléostéens qui sont fixés au formol alors que les tissus doivent être fixés en alcool mais aussi des mollusques à coquille qui se rétractent et dont les tissus sont mal fixés s'ils ne sont pas prélevés sur le terrain. Une procédure particulière a donc été mise en place afin d'assurer la traçabilité entre le prélèvement, le spécimen et éventuellement les photos réalisées sur le terrain.

#### **3.3.3.4. Traitement des données**

Les données obtenues sont ensuite traitées et analysées en détails (identification taxonomique) par les laboratoires du Muséum :

##### **Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)**

Contact : Laure Corbari

L'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, 43 Rue Cuvier, CP 26, 75005 Paris, France

Tel : +33 (0)1 40 79 31 73

### 3.3.4. Compartiment sédiment meuble profond

#### 3.3.4.1. Prélèvement de sédiment superficiel

##### 3.3.4.1.1. *Équipement et mode opératoire*

Les prélèvements de sédiment sont réalisés à l'aide d'un carottier boîte de type Grey O'hara dont la surface de prélèvement est de 0,25 m<sup>2</sup> (dimensions : 50 x 50 x 50 cm). Le carottier est descendu et remonté à une vitesse d'environ 60 mètres par minute (m/min) par un système constitué d'un treuil hydraulique et d'un portique afin de le déposer de la coque et des hélices du navire.

Une fois la benne sécurisée sur le pont et l'eau surnageante filtrée, son contenu est photographié puis séparé en deux parties. Les principales caractéristiques du sédiment sont observées par les scientifiques qui les consignent ensuite dans une base de données, de même que les informations relatives au déploiement.

Le sédiment superficiel est transféré dans les flacons fournis par les laboratoires d'analyse et une fois l'ensemble des flacons étiqueté et inventoriés, les échantillons d'eau sont placés à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur à une température de +4 °C jusqu'à leur arrivée au laboratoire. Seuls les échantillons destinés à l'analyse des alcènes et prélevés sur GM-ES sont placés à -20°C.

De retour à terre, les échantillons ont été envoyés par transport express au laboratoire accompagnés d'une chaîne de traçabilité en assurant la chaîne du froid.

On retrouve dans la base de données les informations suivantes :

- date et heure du prélèvement,
- profondeur,
- surface échantillonnée,
- nature du sédiment superficiel,
- couleur du sédiment (surface et en profondeur si stratification) à partir de la charte de munsell,
- cohésion/compacité,
- trace d'huile ou de fermentation,
- odeur,
- présence d'organisme (foraminifère, échinodermes, etc.),
- déchets anthropiques,
- valeur du potentiel redox à 4 cm de profondeur.





Récupération du carotier boîte

## Prélèvement et mesure dans le sédiment



Surface de prélèvement pour les analyses :

-  physico-chimiques et mesure redox
-  macrofaune benthique (0,1 m<sup>2</sup>)



Sous échantillonnage de sédiment

- (A) Carrotier boîte (50x50x50 cm)
- (B) Système vidéo (Caméra + éclairage)
- (C) Balise USBL

*Photos 29. Prélèvement des sédiments*

### 3.3.4.1.2. Plan d'échantillonnage

Les tableaux ci-après donnent les coordonnées géographiques et la profondeur d'eau de chacune des stations de prélèvement des sédiments sur Nasua et GMES. Sur le secteur, l'objectif est de couvrir la zone de l'ensemble des puits.

**Tableau 90. Coordonnées des stations de prélèvement – Zone NASUA**

Station	Coordonnées station (RGFG95, UTM22N)			Station	Coordonnées station (RGFG95, UTM22N)		
	Y	X	Z		Y	X	Z
<b>S01</b>	392155	706966	2082	<b>S30</b>	391418	714064	2377
<b>S02</b>	392085	706973	2078	<b>S31</b>	389990	713134	2190
<b>S03</b>	392078	706903	2072	<b>S32</b>	388882	711660	2125
<b>S04</b>	392148	706896	2077	<b>S33</b>	387344	710402	1784
<b>S05</b>	392310	707093	2102	<b>S34</b>	385806	709144	1528
<b>S06</b>	391958	707128	2091	<b>S35</b>	388622	714345	2328
<b>S07</b>	391923	706776	2059	<b>S36</b>	387084	713087	2165
<b>S08</b>	392275	706741	2069	<b>S37</b>	385546	711829	1968
<b>S09</b>	392504	707251	2122	<b>S38</b>	387516	714338	2194
<b>S10</b>	391800	707321	2083	<b>S39<sup>1</sup></b>	386606	715627	2146
<b>S11</b>	391730	706618	2029	<b>S40</b>	387391	715315	2162
<b>S12</b>	392433	706548	2063	<b>S41</b>	386614	714684	2081
<b>S13</b>	392891	707568	2148	<b>S42</b>	387775	715634	2222
<b>S14</b>	391484	707708	2029	<b>S43</b>	386858	715202	2150
<b>S15</b>	391343	706301	1940	<b>S44</b>	386227	714367	2024
<b>S16</b>	392749	706161	1931	<b>S45</b>	385746	716536	2089
<b>S17</b>	393655	708193	2164	<b>S46</b>	374261	747329	2552
<b>S18</b>	390859	708473	2093	<b>S47</b>	378056	742686	2746
<b>S19</b>	390579	705676	1809	<b>S48</b>	381857	738039	2592
<b>S20</b>	393375	705396	1987	<b>S49</b>	372564	730445	1915
<b>S21</b>	392440	703710	1730	<b>S50</b>	368769	735088	2411
<b>S22</b>	394913	706654	2137	<b>S51</b>	364971	739733	1969
<b>S23</b>	393397	702425	1836	<b>S52</b>	405454	702084	2710
<b>S24</b>	391134	705089	1886	<b>S53</b>	409252	697440	2661
<b>S25</b>	389955	706611	1751	<b>S54</b>	413050	692795	2575
<b>S26</b>	392397	709731	2272	<b>S55</b>	403760	685199	1678
<b>S27</b>	391758	710665	2279	<b>S56</b>	399962	689844	1741
<b>S28</b>	390220	709407	2135	<b>S57</b>	396164	694488	1647
<b>S29</b>	388681	708149	1962				

Les stations d'échantillonnage sont toutes situées dans l'axe nord-ouest/sud-est de part et d'autre des puits GM-ES-2 et GM-ES-3R. Cet axe correspond à la composante principale des courants de fond et aux stations où les impacts des travaux de forage avait été les plus marqués.



**Tableau 91. Coordonnées des stations de prélèvement – Zone GM-ES**

Station	Coordonnées station (RGFG95, UTM22N)		
	X	Y	Z
2NW200	479569	646114	1739
2NW025	481084	645238	1871
2NW005	481257	645138	1894
2SE025	481516	644988	1925
2SE200	483031	644113	1893
3RNW200	469491	651800	1647
3RNW025	471006	650925	1745
3RNW005	471179	650825	1755
3RSE025	471439	650675	1777

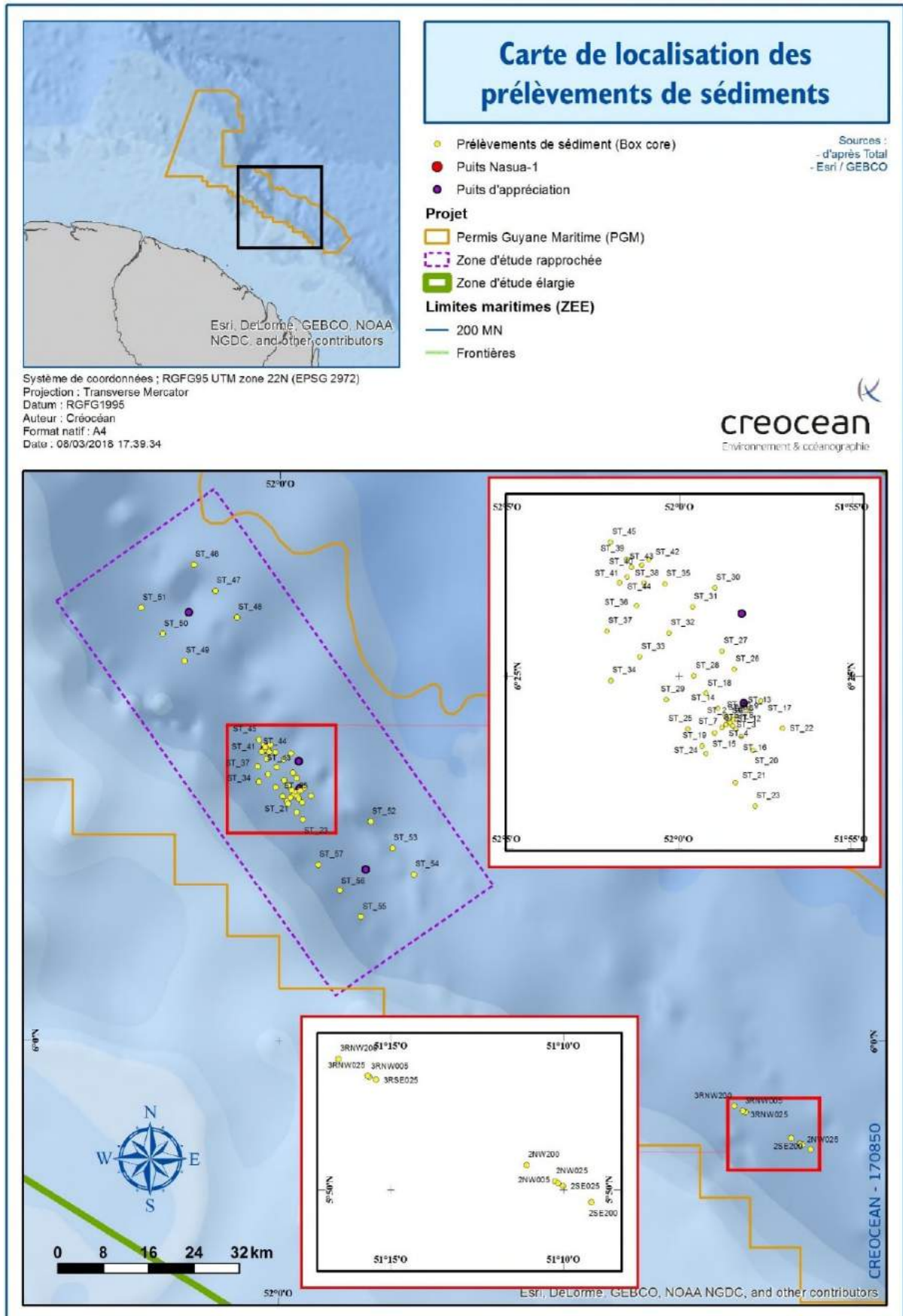


Figure 116. Carte avec les stations d'échantillonnage du sédiment sur Nasua et GMES

### 3.3.4.1.3. Analyse

Le laboratoire principal ayant réalisé les analyses sur les échantillons d'eau de mer est accrédité COFRAC et norme NF EN ISO/CEI 17025 (2005), il s'agit :

Eurofins Environnement

Contact : Jérémie Boichut

10 rue d'Otterswiller | 67700 Saverne | France

Tel : +33 3 88 02 81 59

L'analyse des alcènes dans les échantillons de sédiments prélevés à GM-ES ont été réalisée par le laboratoire suivant :

Laboratoires WESSLING

Contact : Frédéric Jeam-Pierre

40 rue du Ruisseau | 38070 Saint-Quentin-Fallavier | France

Tél : +33 4 74 99 05 59

Le tableau 92 présente la liste des analyses pratiquées sur les échantillons d'eau de mer.

**Tableau 92. Analyses pratiquées sur les échantillons d'eau de mer**

Paramètre	Méthode	Seuil de détection (mg/kg ps)	Laboratoire
Granulométrie	Diffraction laser	NA	EUROFINS
Matière Organique Totale (MOT)	NF EN 13137	1000	EUROFINS
Carbone Organique Total (COT)		1000	EUROFINS
Azote Kjeldahl	NF EN 13342	0.5 (g/kg ps)	EUROFINS
Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) (incluant BTEX/MTBE)	NF EN ISO 16703	0.05	EUROFINS
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (x16)	GC/MS/MS - XP X 33-012	0,05	EUROFINS
Aluminium (Al) CAS 7429-90-5	ICP/AES NF EN 13346 Méthode B	5	EUROFINS
Argent (Ag) CAS 7440-22-4	ICP/AES NF EN ISO 11885	5	EUROFINS
Cobalt (Co) CAS 7440-48-4	ICP/AES NF EN 13346 Méthode B	1	EUROFINS
Béryllium (Be) CAS 7440-41-7		1	EUROFINS
Fer (Fe) CAS 7439-89-6		5	EUROFINS
Manganèse (Mn) CAS 7439-96-5		1	EUROFINS
Étain (Sn) CAS 7440-31-5	ICP/AES NF EN ISO 11885	5	EUROFINS
Vanadium (V) CAS 7440-62-2	ICP/AES NF EN ISO 11885 ; NF EN 13346 Méthode B	1	EUROFINS
Phosphore CAS 7723-14-0	NF EN 13346 Méthode B	1	EUROFINS
Thallium (Tl) CAS 7440-28-0		1	EUROFINS
Antimoine (Sb) CAS 7440-36-0	NF EN ISO 11885 ; NF EN 13346 Méthode B	1	EUROFINS
Arsenic (As) CAS 7440-38-2		1	EUROFINS
Baryum (Ba) CAS 7440-39-3		1	EUROFINS
Cadmium (Cd) CAS 7440-43-9		0,4	EUROFINS
Chrome (Cr) CAS 7440-47-3		5	EUROFINS
Cuivre (Cu) CAS 7440-50-8		5	EUROFINS
Molybdenum (Mo) CAS 7439-98-7		1	EUROFINS
Nickel (Ni) CAS 7440-02-0		1	EUROFINS
Plomb (Pb) CAS 7439-92-1		5	EUROFINS
Selenium (Se) CAS 7782-49-2		1	EUROFINS
Zinc (Zn) CAS 7440-66-6		5	EUROFINS
Mercure (Hg) CAS 7439-97-6		NF EN 13346 Méthode B ; NF ISO 16772 ; Adaptée de NF ISO 16772	0,1
Microorganismes hétérotrophiques adaptés aux hydrocarbures & microorganismes hétérotrophiques totaux	Taxonomie, comptage de colonies	-	EUROFINS
Alcènes C14-C19 'uniquement aux stations GM-ES)	MSZ 21470-94:2009 section 9.4.3	< 10	WESSLING

### 3.3.4.1.4. Traitement des données et valeurs de référence

#### Structure physique du sédiment

L'analyse granulométrique consiste à caractériser la nature d'un sédiment en s'intéressant à la taille et la répartition des éléments qui le compose. Les fractions sédimentaires définissent des classes granulométriques (Bellair et Pomerol, 1977), dont la fraction la plus fine correspond aux lutites. Le pourcentage respectif de chacune de ces classes permet de définir des faciès granulométriques (Larsonneur, 1977).

**Tableau 93. Définitions granulométriques selon Bellair et Pomerol (1977)**

Classe	Définition	Taille
Rudites	Blocs (anguleux)	> 20 mm
	Galets (arrondies)	> 20 mm
	Graviers	2 à 20 mm
Arénites	Sables grossiers	250 à 2 000 µm
	Sables fins	63 à 250 µm
Lutites (fraction fine)	Silts	20 à 63 µm
	Limons fins	2 à 20 µm
	Argiles	< 2 µm

**Tableau 94. Faciès sédimentaire d'après Larsonneur (1977)**

Type de dépôt	Caractérisation
Cailloutis	> 50 % de galets
Graviers	> 50 % galets et de graviers
Sables	> 50 % de fraction < 2 mm ; < 5% de lutites
Sables graveleux	> 15 % de graviers
Sables grossiers	Fraction 0,5 à 2 mm dominante
Sables fins	Fraction 0,2 à 0,5 mm dominante
Sablons	Fraction 0,05 à 0,2 mm dominante
Sédiment vaseux	> 5 % de lutites
Sables vaseux	De 5 % à 25 % de lutites
Vases sableuses	De 25 % à 75 % de lutites
Vases pures	Plus de 75 % de lutites



## Matière organique

L'enrichissement organique est la proportion de matériel organique en décomposition dans le sédiment. Il peut être calculé à partir de classes d'enrichissement pour le carbone organique total, l'azote Kjeldahl et le phosphore, définies par rapport à des valeurs de référence. Les notes relatives à chaque paramètre sont ensuite sommées pour obtenir un indice synthétique (Alzieu, 2003).

**Tableau 95. Valeurs de référence et classe d'enrichissement organique du sédiment (Alzieu, 2003) et échelle d'indice d'enrichissement organique (IEO)**

Indice	Carbone organique total (%)	Azote Kjeldahl (%)	Phosphore (mg/kg)
0	<0,6	<0,6	<500
1	0,6 – 2,3	0,6 – 1,2	500 – 800
2	2,4 – 4,0	1,2 – 2,4	800 – 1200
3	4,1 – 5,8	2,4 – 3,6	>1200
4	>5,8	>3,6	
Indice d'enrichissement organique (IEO)		Enrichissement organique	
0		Nul	
0 – 3		Faible	
4 – 6		Moyen	
>6		Fort	

## Potentiel d'oxydo-réduction

Le potentiel d'oxydoréduction constitue une variable synthétique qui traduit l'activité biologique du compartiment bactériologique du sédiment. Il résulte d'un ensemble de processus physico-chimiques et biologiques qui ont pour origine la dégradation de la matière organique. C'est une méthode opérationnelle d'analyse de l'enrichissement organique des sédiments qu'il soit ponctuel ou diffus.

Quand la matière organique se dépose dans les sédiments, elle est dégradée par des bactéries qui consomment de l'oxygène. Si les apports organiques sont excessifs, un déficit en oxygène peut se créer. Alors, la réduction de la matière organique se fait par des bactéries anaérobies, intensifiant le déficit en oxygène par la production de sulfides d'hydrogène. Le potentiel d'oxydoréduction atteint alors des valeurs très négatives.

Le potentiel d'oxydoréduction permet dans une certaine mesure, d'évaluer aussi l'ancienneté de l'enrichissement et sa réversibilité, ce qui présente un avantage considérable pour la mise en place de procédures de gestion. Sauf en cas de sources d'apports bien identifiées, il ne permet pas d'identifier avec précision la nature de l'enrichissement et en cela encore il se rapproche plus d'un indicateur synthétique que d'un descripteur physico-chimique. Sa mesure est facile et peu coûteuse, notamment parce qu'elle ne demande pas de laboratoire et peut être réalisée le jour même du prélèvement.

Le tableau suivant indique des valeurs de référence permettant de caractériser la qualité du sédiment en terme de bio-intégration des apports organiques dans la chaîne alimentaire.

**Tableau 96. Valeurs de référence pour estimer l'enrichissement organiques à partir du rédox**

Enrichissement organique	Mesure du potentiel rédox
Enrichissement organique faible	≥ 0 mV
Enrichissement organique moyen	0 à -100 mV
Enrichissement organique élevé	-100 à -200 mV
Enrichissement organique excessif	< -200 mV

Source : Licari, 1998

### Éléments traces métalliques

Les teneurs en métaux lourds sont comparées aux (i) niveaux de référence de la réglementation française (Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de [...] sédiments marins) et (ii) bruit de fond géochimique mesuré par diverses méthodes. A noter que ces bruits de fond varient en fonction des endroits de la planète et sont présentés à titre comparatif uniquement.

**Tableau 97. Seuils réglementaires et valeurs comparatives utilisées pour interpréter la contamination métallique dans les sédiments**

Élément	Niveaux de référence <sup>(1)</sup> mg/kg (ps)		Critères de qualité mg/kg sed. (ps)  ERL <sup>(2)</sup> Ospar US EPA	Bruits de fond mg/kg sed. (ps)		
	N1	N2		Ospar et INERIS <sup>(3)</sup>	Méditerranée <sup>(4)</sup>	Geode <sup>(5)</sup>
<b>Arsenic</b>	25	50	-	15		4,4
<b>Cadmium</b>	1,2	2,4	1,2	0,2	0,15	0,5
<b>Chrome</b>	90	180	81	60		45
<b>Cuivre</b>	45	90	34	20	15	35
<b>Mercure</b>	0,4	0,8	0,15	0,05	0,05	0,2
<b>Nickel</b>	37	74	-	30		20
<b>Plomb</b>	100	200	47	25	25	47
<b>Sélénium</b>	-	-	-	0,1 à 0,7	-	-
<b>Vanadium</b>	-	-	-	< 150	-	-
<b>Zinc</b>	276	552	150	90	90	115

(1) Niveaux de référence N1 et N2 (Arrêté du 9/08/2006 France) :

Concentration < N1 : sédiment non toxique  
Concentration > N1 : sédiment nécessitant des investigations écotoxicologiques  
Concentration > N2 : sédiment toxique

(2) ERL : Critères de Qualité d'Ospar (US EPA, Ospar 2009)

ERL : Effect Range Low, teneur d'un contaminant dans les sédiments au-dessous de laquelle on ne s'attend à aucun effet chronique sur les espèces marines

(3) Bruits de fond Ospar (Ospar 2009)

Teneurs ambiantes dans l'Atlantique Nord-Est dans des sites éloignés ou dans des conditions pristes (sans apports anthropiques)

(4) Bruits de fond (Etat 1) applicable en Méditerranée (RLM)

« Etat 1 : caractérise les niveaux inférieurs ou égaux au bruit de fond de la contamination chimique établi chaque contaminant à l'échelle de la Méditerranée française. Le bruit de fond correspond à la valeur limite au-dessus de laquelle une contamination peut être suspectée dans un sédiment fin. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM ne recommande aucune mesure particulière autre que la surveillance régulière du site. »

(5) Bruit de fond nationaux établis par le groupe Geode (RLM, 1993)

« teneur naturelle sans apports anthropiques identifiables » concernant les métaux, établi à partir de mesures réalisées sur l'ensemble des ports français

## Hydrocarbures et BTEX

L'analyse des concentrations en molécules d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et BTEX est basée sur les valeurs de bonne qualité environnementale définies par l'arrêté du 9 août 2006 et proposées dans la Directive Cadre eau de la communauté européenne via la directive 2013/39/CE.

**Tableau 98. NQE ou seuil réglementaire pour les molécules de HAP dans les sédiments**

Molécule de HAP	NQE	Molécule de HAP	NQE
Naphtalène (µg/kg ps)	160	Benzo(a)anthracène (µg/kg ps)	260
Acénaphène (µg/kg ps)	15	Chrysène (µg/kg ps)	380
Acénaphthylène (µg/kg ps)	40	Benzo(b)fluoranthène (µg/kg ps)	400
Fluorène (µg/kg ps)	20	Benzo(k)fluoranthène (µg/kg ps)	200
Anthracène (µg/kg ps)	85	Benzo(a)pyrène (µg/kg ps)	430
Phénanthrène (µg/kg ps)	240	DiBenzo(ah)anthracène (µg/kg ps)	60
Fluoranthène (µg/kg ps)	600	Benzo(ghi) pérylène (µg/kg ps)	1700
Pyrène (µg/kg ps)	500	Indeno(123cd)pyrène (µg/kg ps)	1700

N1 et N2 : seuils de pollution définis par l'arrêté du 9 août 2006.

**Tableau 99. Valeur seuil pour les molécules de BTEX dans les sédiments**

Molécule de BTEX	Valeur seuil	Molécule de BTEX	Valeur seuil
Benzène (mg/kg ps)	6	m-, p-Xylène (mg/kg ps)	6
Toluène (mg/kg ps)	6	o-Xylène (mg/kg ps)	6
Ethylbenzène (mg/kg ps)	6	Cumène (mg/kg ps)	N/D
m-, p-Ethyltoluène (mg/kg ps)	N/D	Mesitylène (mg/kg ps)	N/D
o-Ethyltoluène (mg/kg ps)	N/D	Pseudocumène (mg/kg ps)	N/D

### 3.3.4.2. Prélèvement de macrofaune benthique

#### 3.3.4.2.1. Équipement et mode opératoire

Les prélèvements de macrofaune benthique sont réalisés à l'aide du même carottier boîte que celui utilisé pour le prélèvement de sédiment superficiel destiné aux analyses physico-chimiques. À chaque station, trois échantillons de 0,1 m<sup>2</sup> sont prélevés individuellement. Il faut donc déployer deux fois le carottier à chacune station de prélèvement afin d'obtenir suffisamment de sédiment.

Après avoir filtré l'eau surnageante dans un tamis en acier inoxydable de 500 µm de vide de maille, chaque échantillon est prélevé sur les vingt premiers centimètres en utilisant des cadres métalliques matérialisant 0,1 m<sup>2</sup>. On ajoute au besoin de l'eau de mer afin de fluidifier le sédiment puis il est placé sur une table à tamiser et passe au travers du tamis de 500 µm. L'utilisation de cette table permet de standardiser la procédure de tamisage tout en optimisant la préservation des organismes présents dans le sédiment.



**Photos 30. Équipement de filtration et mode opératoire d'échantillonnage du peuplement macrobenthique**

Les refus de tamis sont photographiés et transférés dans des bocaux en plastique avec une solution contenant :

- du formaldéhyde dilué avec de l'eau de mer à une concentration comprise en 8 et 10 % neutralisé avec du borax afin de garantir la préservation des organismes benthiques prélevés,
- du rose Bengale qui colore la matière vivante au moment du prélèvement et ainsi favoriser leur identification au laboratoire.

Une fois l'ensemble des flacons étiquetés et inventoriés, les échantillons d'eau sont placés à l'abri de la lumière à température ambiante jusqu'à leur arrivée au laboratoire. De retour à terre, les

échantillons ont été envoyés par transport express au laboratoire accompagnés d'une chaîne de traçabilité.

#### 3.3.4.2.2. Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage est le même que celui des sédiments, avec prélèvement des sédiments sur Nasua et GMES, soit 57 stations sur Nasua, 5 stations sur GMES-2 et 4 stations sur GMES-3R.

#### 3.3.4.2.3. Analyse

Le laboratoire d'analyse est le CEAB (Centre d'Études Avancées de Blanes, Espagne) dirigé par Daniel Martin. C'est un laboratoire du CSIC (équivalent du CNRS), spécialisé dans l'étude de la macrofaune benthique.

Tout d'abord, les benthologues trient les individus à l'aide d'une loupe binoculaire puis procèdent à l'identification jusqu'à l'espèce lorsque cela est possible et enfin dénombrent les individus par espèce. La biomasse est évaluée par espèce (poids de la matière sèche).

#### 3.3.4.2.4. Traitement des données

À partir des données du laboratoire, on obtient donc les composantes principales du peuplement benthique :

- la richesse spécifique, *i.e.* le nombre d'espèces présentes sur chaque station,
- la densité, *i.e.* le nombre d'individus par espèce et par m<sup>2</sup>,
- la biomasse, *i.e.* le poids en matière sèche prélevée par espèce et par m<sup>2</sup>,

À partir de ces données, plusieurs indices calculés.

**L'indice de Shannon-Weaver** (Shannon, 1948) est un indice de diversité qui prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant de caractériser l'équilibre écologique du peuplement d'un écosystème.

$$H' = - \sum \left[ \frac{N_i}{N} \times \log_2 \frac{N_i}{N} \right] \quad \begin{array}{l} N_i = \text{abondance de l'espèce } i \\ N = \text{abondance totale des espèces} \end{array}$$

Cet indice est maximal ( $H'_{\max}$ ) quand les espèces ont des abondances identiques et il tend vers 0 quand une espèce domine le peuplement au détriment des autres espèces.

Cet indice permet de caractériser l'équilibre structural du peuplement :  $H'$  sera le plus élevé pour des peuplements caractérisés par une richesse spécifique importante avec une répartition équitable des espèces. Les valeurs les plus basses apparaissent pour les peuplements qui sont dominés par une seule espèce ou par un petit nombre d'espèces.

**L'indice d'équitabilité** ( $J$ ) permet de mieux appréhender les résultats de l'indice de Shannon-Weaver. Il indique sous forme de pourcentage, le rapport entre l'indice trouvé ( $H'$ ) et l'indice maximal théorique du peuplement ( $H'_{\max}$ ).

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \times 100 \quad \begin{array}{l} H' = \text{indice de Shannon-Weaver} \\ S = \text{richesse spécifique} \end{array}$$

De la même manière,  $J = 0\%$  représente la dominance du peuplement par une seule espèce, un  $J = 100\%$  représente un peuplement composé d'espèces à l'abondance identique.



**Indice Trophique (IT)** (Word, 1990) rend compte du régime alimentaire des espèces présentes dans l'échantillon, basé sur le principe des successions écologiques. Celles-ci sont classées en 4 groupes trophiques (1 - les suspensivores, 2 - les détritivores, 3 - les dépositivores, 4 - les espèces de milieux très eutrophisés).

$$IT = 100 - \frac{100 \sum (0.n_1 + 1.n_2 + 2.n_3 + 3.n_4)}{3N}$$

$n_1, n_2, n_3, n_4$  = abondances des toutes les espèces des groupes trophiques 1, 2, 3 et 4  
 $N$  = abondance totale des espèces

Les valeurs de l'indice sont exprimées en pourcentage et varient de 0 à 100%. Elles sont interprétées de la manière suivante :

- IT > 60 : le peuplement est **normal** : il n'est pas affecté par l'enrichissement en matière organique du sédiment ;
- 30 < IT < 60 : le peuplement est **déséquilibré** : il est légèrement perturbé par l'enrichissement en matière organique du sédiment ;
- IT < 30 : le peuplement est **perturbé** : il est affecté par la dégradation du sédiment due à un surenrichissement en matière organique.

L'objectif est d'apprécier, au travers de la structure trophique des peuplements, l'état de dégradation des fonds du fait de l'accumulation de matière organique, les coefficients multiplicateurs 0, 1, 2 et 3 affectés à chaque groupe sont proportionnels au degré d'association de l'espèce avec le sédiment vis-à-vis de sa stratégie trophique. Ainsi, les espèces suspensivores, complètement dépendantes de la colonne d'eau, sont affectées du coefficient le plus faible. L'indice Trophique est donc indicateur d'une perturbation organique du milieu.

#### 3.3.4.3. Acquisition photo et vidéo

Les prélèvements au carottier échantillonnent des surfaces réduites (0,3 m<sup>2</sup> par station). Ils ne permettent pas d'échantillonner convenablement les espèces de grande taille qui ont généralement une distribution dispersée, ou les espèces mobiles qui fuient à l'approche du carottier. En revanche, beaucoup de ces espèces de grande taille et/ou mobiles sont épigées : elles vivent à la surface ou au-dessus des sédiments et sont donc directement observables par des systèmes photographiques ou de caméra. C'est la raison pour laquelle les prélèvements au carottier sont habituellement complétés par des observations directes des fonds.

Sur les secteurs de Nasua et GMES, ces observations ont été effectuées au moyen d'une caméra fixée sur le carottier (observation ponctuelle) et une caméra tractée le long de transects pour avoir une idée plus générale de la colonisation des fonds par les espèces benthiques.

##### 3.3.4.3.1. Équipement et mode opératoire

Des vidéos des sédiments meubles sont réalisées à chacune des stations d'échantillonnage de sédiment avec une caméra Haute Définition (HD) dont le déclenchement et l'arrêt est préprogrammé en fonction de la profondeur (environ 50 mètres au-dessus du fond). Ce système de caméra vidéo est attaché directement sur le carottier boîte et l'acquisition se fait à chaque prélèvement de sédiment. Les données sont téléchargées entre deux déploiements du carottier et sa batterie est remplacée à intervalle régulier (autonomie de 3,5 heures d'enregistrement).



**Photos 31. Carottier-boîte équipé du système de caméra vidéo déclenchée par la pression**

Les séquences vidéo sont enregistrées en FHD (Full High Definition) soit à 1080p à 30 images par seconde soit à 720p à 60 images par seconde. L'éclairage est assuré par des LED d'une puissance de 2 500 lumens. Ce type de définition permet d'extraire des captures d'écran de qualité satisfaisante.

Un même système vidéo est également monté avec un appareil photo et son flash sur une luge benthique afin de réaliser des transects vidéo. La caméra est programmée pour filmer en continu et l'appareil photo pour prendre un cliché toutes les 30 secondes.


Une fois la luge arrivée sur le fond, elle est tractée à très faible vitesse par le navire (environ 1 nœud) afin de suivre une ligne prédéfinie. Cette configuration ne permettant pas d'avoir un retour du signal vidéo en surface et compte tenu de la profondeur, il est très difficile de gérer l'attitude de la luge au-dessous du fond. En général elle effectue de petits bonds le long de la ligne de transect et vient se poser pendant une dizaine de seconde sur le fond avant de repartir.



**Photos 32. Système de vidéo sous-marine**

Le tableau 100 détaille les caractéristiques techniques des caméras vidéographique et photographique utilisées.

**Tableau 100. Description des caméras photographiques et vidéo**

Type de caméra		Description
<b>Caméra HD MOD4 (mode laps de temps) Prise d'images</b>		Le système MOD4 comprend un appareil photo D5200 DSLR et son caisson. Ils ont été intégrés à la « luge » pour prendre des images de haute qualité. Durant ces suivis, le mode laps de temps a été employé pour enregistrer des images à des profondeurs entre 1 500 et 2 500 m avec un intervalle de temps de 30 sec et sur une période d'approximativement 1 heure.
<b>Mini caméra HD (caméra pression) Prise de vidéo</b>		Ce système comprend une caméra 2MP HD et son caisson. Elle commence à enregistrer juste avant que le carottier ou la « luge » n'atteigne le fond et continue durant l'échantillonnage (carottier). Elle permet d'obtenir des informations visuelles de la station. Un éclairage LED 1 000 lumen est couplé à la caméra. Il a également été possible d'extraire des photographies des séquences vidéo réalisées.

### 3.3.4.3.2. Plan d'échantillonnage

**Tableau 101. Coordonnées début et fin des transects vidéo – Zone Nasua**

Transect	Coordonnées début (RGFG95, UTM22N)			Coordonnées fin (RGFG95, UTM22N)			Longueur (m)
	Y	X	Z	Y	X	Z	
<b>DVS1</b>	388 907	714 771	2 357	389 459	714 613	2388	574
<b>DVS2</b>	387 199	715 373	2 165	387 387	715 169	2166	277
<b>DVS3</b>	384 232	710 576	1 692	384 296	710 552	1713	69
<b>DVS4</b>	387 002	710 156	1 735	387 211	709 955	1721	290
<b>DVS5</b>	391 909	706 368	2 023	392 052	706 196	2016	224
<b>DVS6</b>	392 895	706 422	1 966	393 213	706 182	1934	398

### 3.3.4.3.3. Analyse

Les données acquises sont traitées par le Museum National d'Histoire Naturelle.

Contact : Laure Corbari

L'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, 43 Rue Cuvier, CP 26, 75005 Paris, France

Tel : +33 (0)1 40 79 31 73

### 3.3.4.3.4. Traitement des données

Une description qualitative des fonds et des espèces rencontrées est faite par visionnement des images.

Le but est de caractériser l'abondance et la diversité des peuplements en place et d'identifier les principales espèces.

### 3.3.5. Mégafaune marine

Des observations de la mégafaune marine ont été réalisées fin 2017, ainsi qu'au cours de cinq campagnes de 5 jours en 2018, réparties entre les mois de janvier à mai 2018. Ces campagnes mensuelles additionnelles visent à obtenir une meilleure connaissance de la fréquentation de la zone par la mégafaune marine et des variations saisonnières d'occurrence.

Ces différentes campagnes sont également autant d'opportunités pour évaluer les activités anthropiques dans la zone de forage : fréquentation des bateaux.

#### 3.3.5.1. Observations visuelles de la mégafaune

##### 3.3.5.1.1. Mode opératoire

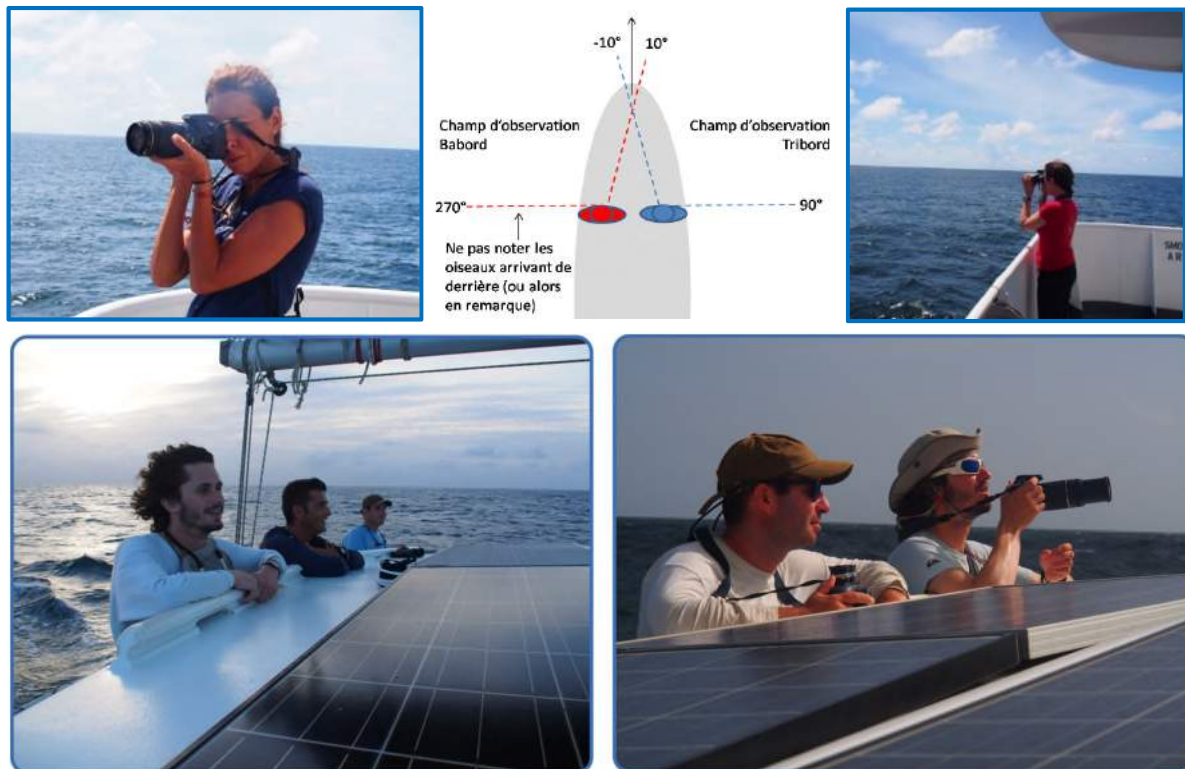
Les observations ont été réalisées en 2017 à bord du *R/V Proteus*, navire océanographique de la société TDI-Brooks, et en 2018 à bord d'un maxi catamaran, le *Guyavoile* dont le port d'attache est à Kourou.

Trois Observateurs de Mammifères Marins et certifiés MMO (Marine Mammal Observers), de la Cellule ADERA Cohabys de l'Université de La Rochelle, collectent des données d'observation de la mégafaune marine (mammifères marins, oiseaux marins, tortues, grands poissons pélagiques ou les activités humaines-navires, pêche, déchets) lorsque le navire fait route ou est en manœuvre.

Les observations se font du lever au coucher du soleil (06h00 à 18h00) et à l'œil nu, durant 12 quarts de 1 heure (entre 09:30 et 21:30). Chaque quart est assuré par deux observateurs pendant que le troisième est en pause, ainsi chaque observateur réalise 8 heures d'observation par jour.

Les jumelles graduées sont utilisées de façon à confirmer l'observation, à identifier l'espèce et à définir la distance. Un appareil photo équipé d'un objectif 70-300 mm aide à la documentation et à l'identification de l'espèce.

Lorsque le navire fait route (avec une vitesse > 5 nœuds), deux observateurs sont en poste simultanément. Chacun se concentre sur un angle de 90° vers l'avant, dans lequel il doit rechercher et relever toutes observations.



Photos 33. Mode opératoire des observations par les MMO



Lorsque le navire est en manœuvre et/ou n'offre pas de bonnes conditions (navire à l'arrêt ou très faible vitesse, station sur une zone etc...), un seul observateur est en poste.

### 3.3.5.1.2. Analyse des observations

Les MMO relèvent chaque heure les conditions environnementales (état de la mer, vent, houle, visibilité, nébulosité, éblouissement, heures de début et de fin de segment cap et vitesse) et les observations de la mégafaune marine (espèce, nombre, comportement, route, distance, angle). Pour ce faire, des fiches papier sont utilisées : une fiche sert à relever les conditions environnementales, l'autre sert à relever les informations concernant l'observation.

En cas de mauvaises conditions météorologiques (conditions supérieures à 5-6 Beaufort) les observations sont trop aléatoires pour être comptabilisées sur le *Guyavoile*, l'effort est donc stoppé et l'enregistreur acoustique déployé pour optimiser le temps passé en mer.

Les observateurs relèvent chaque heure les conditions environnementales (état de la mer, vent, houle, visibilité, nébulosité, éblouissement, heures de début et de fin de leg, cap et vitesse) et les observations de mégafaune marine (espèce, nombre, comportement, route, distance, angle). Pour ce faire, des fiches papier sont utilisées : une fiche sert à relever les conditions environnementales et l'autre sert à relever les informations concernant l'observation.

Toutes les observations, efforts et conditions environnementales sont ensuite saisies dans une base de données dédiée avec les positions GPS du navire.

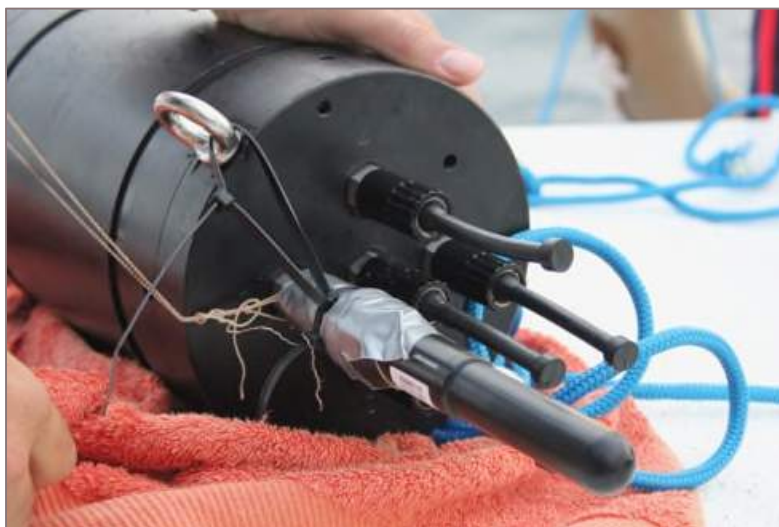
Les identifications sont basées sur une combinaison de l'expérience antérieure des observateurs, aidées des sources énumérées ci-dessous :

- Shirihai, H. & Jarrett, B. 2006. Whales, Dolphins and Seals. A field guide to the marine mammals of the world. A&C Black Publishers.
- Fiches d'identification oiseaux/ mammifères marins fournies par Cohabys.
- Harrison, Peter. 1985. Seabirds an identification guide – Rev. Ed. Christopher Helm Publishers Ltd, a subsidiary of A & C Black Publishers Ltd.

### 3.3.5.2. Détections acoustiques des mammifères marins

#### 3.3.5.2.1. Équipement

Pour compléter les observations visuelles, un enregistreur acoustique autonome ou hydrophone (« PAM » ; Passive Acoustic Monitoring) est utilisé. Le matériel est un RS-ORCA.



**Photos 34. Enregistreur acoustique RS-ORCA avec hydrophone sécurisé**



Le déploiement et la récupération sont effectués par les observateurs MMO avec l'aide de l'équipage. Le téléchargement et la sauvegarde des données acoustiques sont également effectués par les observateurs.

Le RS-ORCA est déployé préférentiellement la nuit lorsque le navire est à la dérive et se déplace à faible vitesse. Cette organisation permet d'acquérir de la donnée en quasi continu mis à part lorsque les conditions ne permettent pas le déroulement des opérations en toute sécurité.

Le dispositif a été déployé du côté tribord du navire en raison des courants dominants et de la direction de dérive et de la position du navire pendant la nuit.



**Photos 35. Opérations de mise à l'eau, retrait et nettoyage de l'enregistreur acoustique RS-ORCA**

L'appareil était programmé pour un enregistrement continu sur le *R/V Proteus*, et des enregistrements de manière alternée sur le *Guyavoile*, à savoir (5 minutes d'enregistrement suivies de 5 minutes de pause) et ce pendant toute la période d'immersion.

L'appareil est immergé à une profondeur d'environ 15 m. Il est remonté à chaque changement de lieu (station) ou pour charger la batterie et/ou effectuer le téléchargement des données.

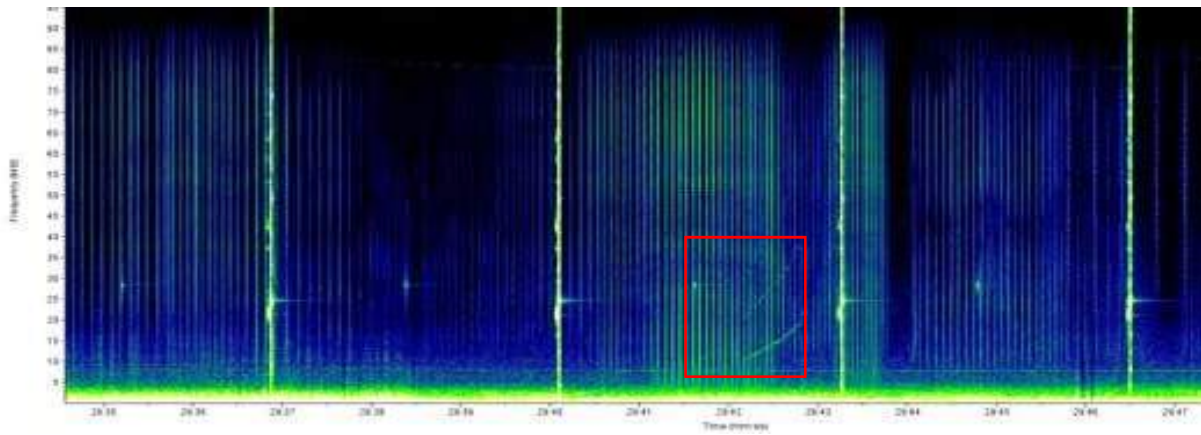
Le téléchargement des données, la vérification de l'état de la batterie, son rechargement et la configuration des paramètres d'enregistrement étaient effectués pendant la journée et avant chaque déploiement.

### 3.3.5.2.2. Analyse des enregistrements

L'analyse des enregistrements par la société Seiche Limited est réalisée de façon semi automatisée à l'aide du logiciel Raven Pro 1.5. Plusieurs catégories de mammifères marins ont été recherchées à des fréquences bien spécifiques :

- Grandes baleines entre 0 et 2 kHz
- Cachalots entre 0 et 24 kHz
- Baleines à bec entre 20 et 48 kHz
- Delphinidés entre 0 et 48 kHz

Les détections ont eu lieu sur des fonds relativement importants (plus de 1 000 m).



**Figure 117. Un exemple d'enregistrement acoustique montrant un spectrogramme (0-100kHz) de trains de clic de delphinidés et sons tonals (carré rouge)**

## 4. Résultats

Les résultats sont présentés par grands compartiments du milieu naturel océanique :

- la colonne d'eau,
- les fonds marins où une distinction est faite entre le rebord du plateau continental à des profondeurs entre 90 et 150 m et la plaine abyssale par 1800 m de profondeur et plus,
- la mégafaune (oiseaux, tortues et mammifères marins).

Dans les eaux océaniques du large et sur la plaine abyssale, une distinction est faite entre la zone de Nasua et la zone de GM-ES au niveau des anciens puits de forage de Shell.

Les investigations sur Nasua permettent d'analyser la qualité physico-chimique des fonds sédimentaires ainsi que leur richesse biologique. Le nombre de stations échantillonnées est important (57 stations) : il permet d'analyser la qualité et la richesse des fonds sous l'angle de la variabilité spatiale naturelle.

Les investigations de 2017 sur GMES (où respectivement 5 et 4 stations ont été échantillonnées autour des anciens puits de forage de Shell GM-ES-2 et GM-ES-3R) font suite à plusieurs campagnes organisées par Créocéan pour le suivi des impacts des forages. Ces campagnes successives permettent d'analyser la qualité et la richesse des fonds sédimentaires sous l'angle de la variabilité temporelle : dégradation des fonds suite aux forages puis recolonisation progressive éventuelle (processus de résilience).

### 4.1. La colonne d'eau

Dans le cadre de la campagne océanographique « Guyane 2017 », une étude de terrain visant à acquérir des données sur la qualité des eaux a été menée fin 2017.

Nous rappelons ci-dessous le plan d'échantillonnage. Les stations ayant fait l'objet d'étude sur la colonne d'eau sont :

- Zone d'étude rapprochée (NASUA) :
  - ST\_04
  - ST\_39
- Zone d'étude élargie (Sud du PGM) :
  - 2SE005
  - 3RSE025

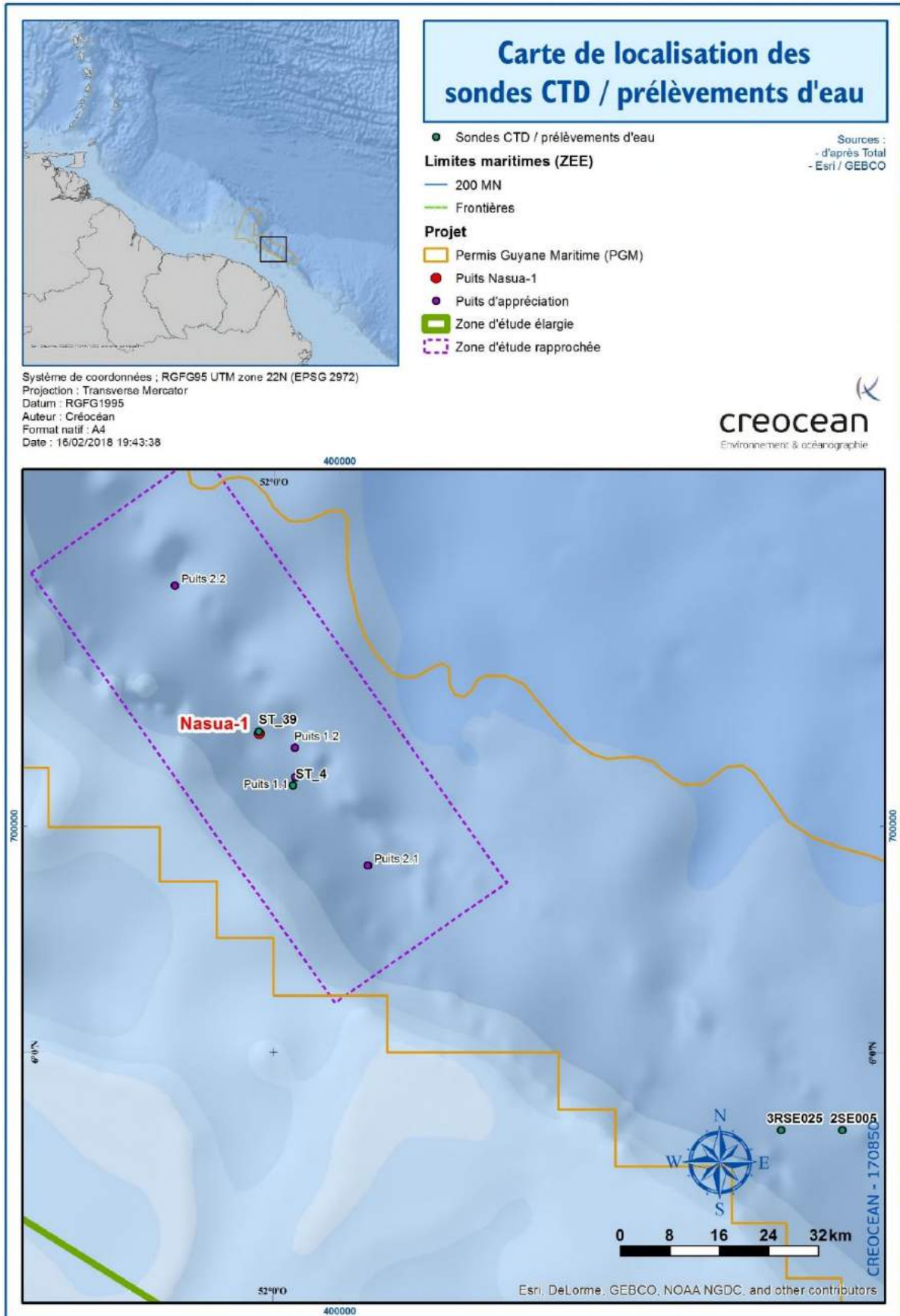


Figure 118. Carte de localisation des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau (Guyane 2017)

### 4.1.1. Stratification verticale de la colonne d'eau

Des mesures physiques de la qualité de l'eau ont été réalisées en continu sur toute la hauteur de la colonne d'eau à l'aide d'une sonde CTD<sup>30</sup> (stations d'échantillonnage S04 et S39).

#### 4.1.1.1. Profils verticaux de température, de densité et de salinité

La température, la densité et la salinité présentent des profils semblables sur les quatre stations.

Au niveau du secteur NASUA, **la température** diminue à mesure que la profondeur augmente. En surface, la température moyenne est de  $29,7^{\circ}\text{C} \pm 0,22$ . Elle chute de  $2,9^{\circ}\text{C}$  dans les 50 premiers mètres pour atteindre une température d'environ  $26,8^{\circ}\text{C}$ , mettant en évidence une thermocline prononcée. Elle décroît ensuite rapidement de 50 à 220 m pour atteindre environ  $10^{\circ}\text{C}$ . Elle diminue enfin progressivement jusqu'au fond, pour atteindre une température moyenne de  $3,4^{\circ}\text{C} \pm 0,02$  à plus de 2 000 m (Figure 119).

Au niveau du secteur GMES, là encore, la température diminue à mesure que la profondeur augmente. En surface, la température moyenne est de  $29,3^{\circ}\text{C} \pm 0,12$ . Elle chute de  $2^{\circ}\text{C}$  dans les 40 premiers mètres, ce qui met en évidence une thermocline semblable à celle observée sur la zone NASUA. Elle décroît ensuite lentement jusqu'à 100 m de profondeur, puis chute rapidement pour atteindre  $11^{\circ}\text{C}$  à 200 m. Elle diminue enfin progressivement jusqu'au fond, pour atteindre une température moyenne de  $3,9^{\circ}\text{C} \pm 0,1$  à 1700 m (Figure 119).

Sur Nasua, **la courbe des valeurs de densité** en fonction de la profondeur présente les mêmes points d'inflexion que la température. De manière globale, la densité diminue quand la température de l'eau augmente. La densité varie ainsi de  $19,49 \pm 7,73 \text{ kg/m}^3$  en surface à  $27,83 \pm 0,001 \text{ kg/m}^3$  au fond. Deux isopycnes<sup>31</sup> fréquemment utilisées dans la littérature pour délimiter les masses d'eau (Wilson *et al.*, 1994) sont bien visibles sur le profil : les isopycnes 24,5 et 26,75. Ces fortes variations de densité constituent un obstacle aux mouvements verticaux, ce qui réduit les échanges hydrologiques entre les eaux superficielles (allant de 0 à 220 m dans notre zone d'étude) et les eaux profondes (en dessous de 220 m).

Sur GMES, la densité présente le même profil et les mêmes isopycnes 24,5 et 26,75  $\text{kg/m}^3$  que sur la zone NASUA. La densité varie ainsi de  $20,05 \pm 3,16 \text{ kg/m}^3$  en surface à  $27,79 \pm 0,006 \text{ kg/m}^3$  au fond (Figure 119).

Sur Nasua, **la salinité** augmente rapidement dans les 15 premiers mètres dans la zone d'étude rapprochée, passant d'une moyenne de  $26,19 \text{ psu} \pm 2,4$  en surface à  $36,05 \text{ PSU} \pm 0,01$  à 15 m de profondeur. Elle reste ensuite élevée jusqu'à la thermocline de 220 m. Une très légère diminution est ensuite visible de 220 à 1 300 m, avec un minimum de  $34,13 \text{ PSU} \pm 0,6$ . La salinité se stabilise ensuite jusqu'au fond, autour de  $34,96 \text{ PSU} \pm 0,001$ .

Sur GMES, la salinité augmente rapidement dans les 15 premiers mètres, passant d'une moyenne de  $26,19 \text{ PSU} \pm 2,4$  en surface à  $36,56 \text{ PSU} \pm 0,16$  à 12 m de profondeur. La couche d'eau dessalée est particulièrement fine à proximité du forage GM-ES-3R (2 m environ). La salinité reste élevée autour de  $36,5 \text{ PSU}$  jusqu'à la thermocline de 100 m décrite précédemment. Une très légère diminution est ensuite visible de 220 à 1 200 m, comme sur la zone NASUA, avec un minimum de  $34,54 \text{ PSU} \pm 0,005$ . La salinité se stabilise ensuite jusqu'au fond, autour de  $34,98 \text{ PSU} \pm 0,004$  à 1700 m (Figure suivante).

Cette stratification est similaire à celle décrite dans le cadre des études précédentes.

---

<sup>30</sup> CTD : Conductivity, Temperature, Depth – terme anglais signifiant Conductivité, Température, Profondeur

<sup>31</sup> Isopycnes : lignes rejoignant les points de même densité ; à l'instar des isobathes qui sont les lignes rejoignant les points de même bathymétrie.

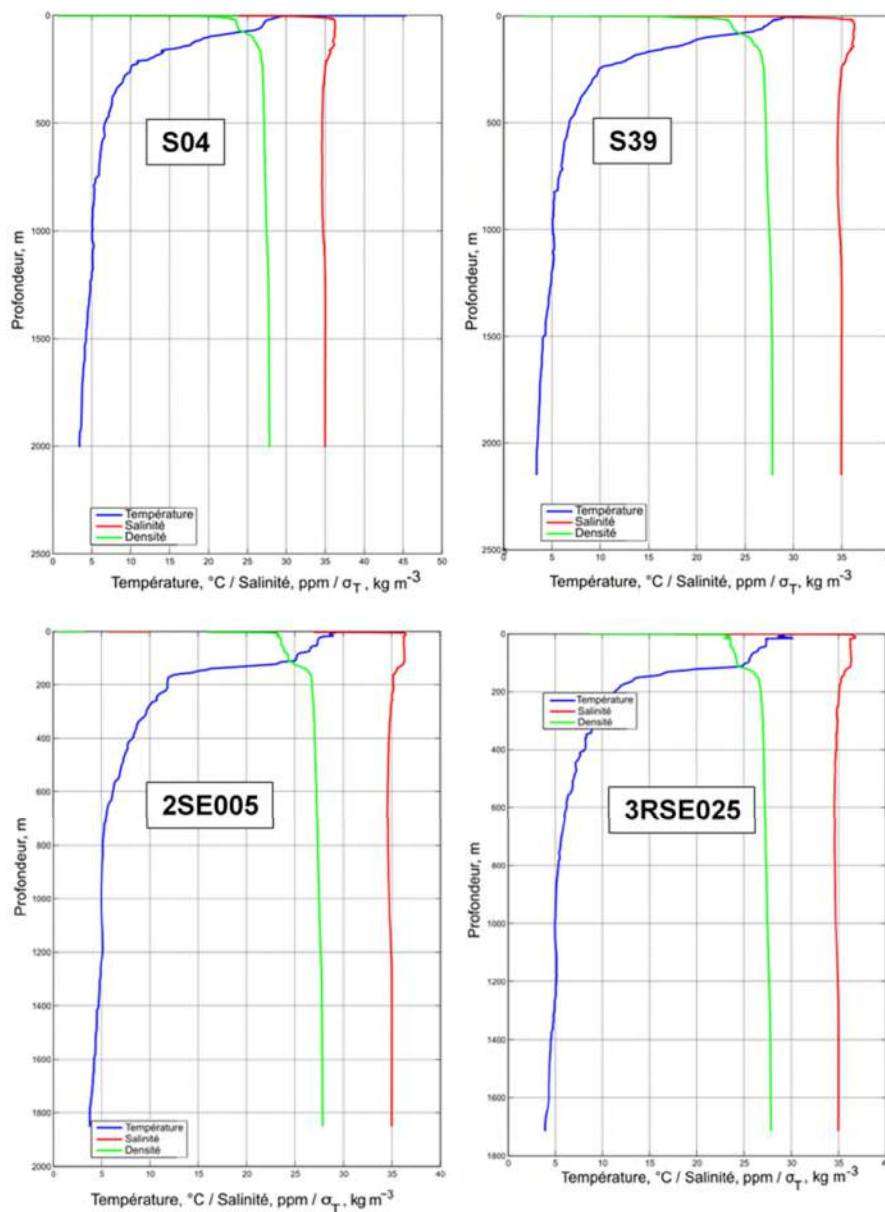


#### 4.1.1.2. Stratification verticale des masses d'eau

Ces observations mettent en évidence la stratification verticale de la colonne d'eau, et la présence de plusieurs masses d'eau d'origines différentes comme souligné dans la littérature (Bourles *et al.*, 1999 ; Tchernia, 1978 ; Baklouti *et al.*, 2007) :

- une couche d'eau dessalée en surface (0-15 m), provenant d'un mélange entre les eaux subtropicales de l'Atlantique et les eaux de surface de l'Amazonie, amenées par le courant Nord-brésilien,
- (une couche d'eau sub-superficielle ou eau centrale entre 15 m et 220 m, plus froide et très salée, dirigée par le courant profond Nord-équatorial,
- l'eau antarctique intermédiaire, froide et très légèrement dessalée, entre 200 m et 1 200 m, qui se forme dans l'océan Austral,
- l'eau profonde de l'Atlantique Sud au-delà de 1 200 m, froide et de salinité normale, qui a son origine en mer du Labrador.

*NB : la limite inférieure de l'eau profonde se situe vers 4 000 m. Au-delà, dans les zones plus profondes, une cinquième masse d'eau est observée. Il s'agit de l'eau de fond d'origine antarctique.*



**Figure 119. Profils TSD (température, salinité, densité) et superposition des masses d'eau**

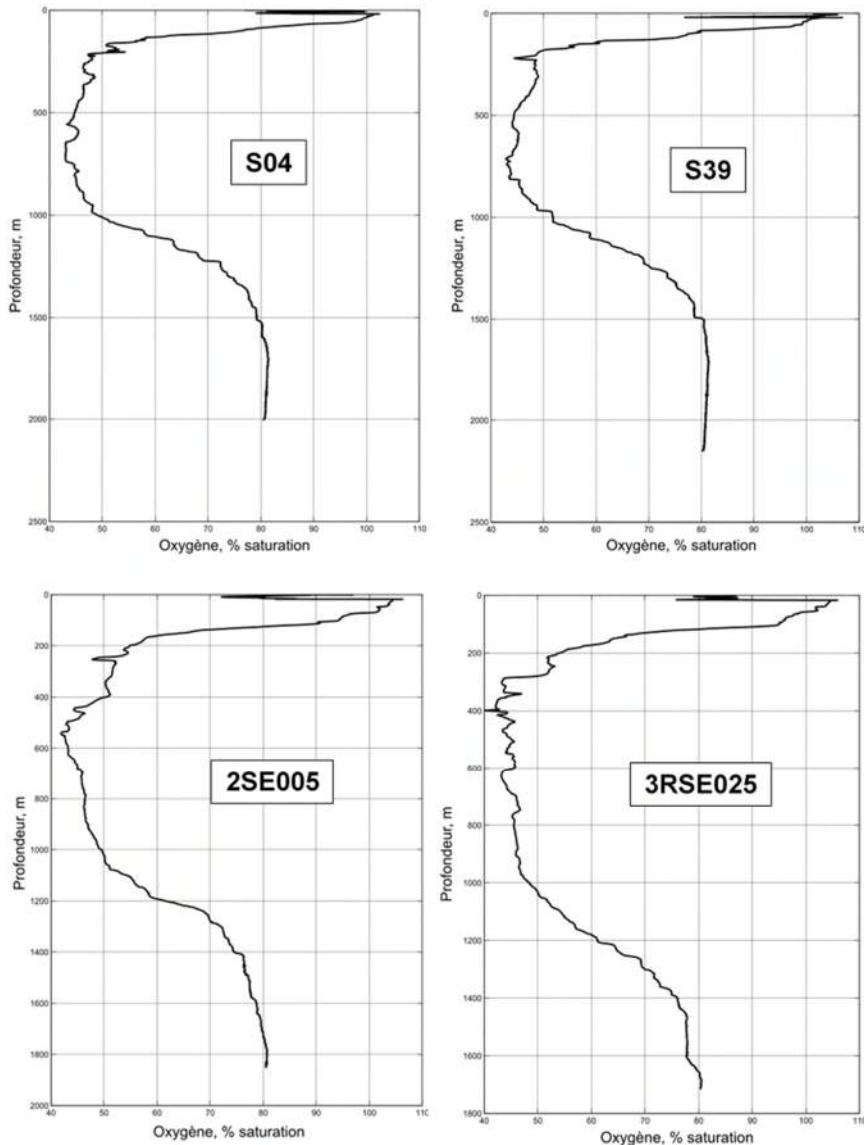
#### 4.1.1.3. Teneur en oxygène

La variation de la teneur en oxygène dissous sur le **secteur de Nasua** a le même profil que celle de la salinité jusqu'à environ 800 m de profondeur. La saturation en oxygène est maximale entre 0 et 15 m (100%), puis chute brutalement de 15 à 220 m pour atteindre environ 50%. Elle oscille autour de 45% jusqu'à 800 m, puis augmente progressivement pour atteindre 80% à 1 500 m de profondeur. La teneur en oxygène reste ensuite stable jusqu'au fond (Figure 120).

Ce profil est cohérent avec la présence de différentes masses d'eau, mise en évidence précédemment. Il reflète également le niveau de l'activité phytoplanctonique. La superposition des masses d'eau limite les échanges et semble bloquer l'oxygène près du fond, au-delà de 1 200 m.

La variation de la teneur en oxygène dissous sur le **secteur de GMES** a le même profil que sur la zone NASUA. La saturation en oxygène est maximale entre 0 et 20 m (100%), puis chute brutalement de 15 à 220 m pour atteindre environ 50%. Elle oscille autour de 45% jusqu'à 900 m, puis augmente progressivement pour atteindre 80% à 1700 m de profondeur. La teneur en oxygène reste ensuite stable jusqu'au fond (Figure 120).

Ce profil est cohérent avec la présence de différentes masses d'eau, mise en évidence précédemment. Il reflète également le niveau de l'activité phytoplanctonique. La superposition des masses d'eau limite les échanges et semble bloquer l'oxygène près du fond, au-delà de 1 200 m.



**Figure 120. Profils de saturation en oxygène**

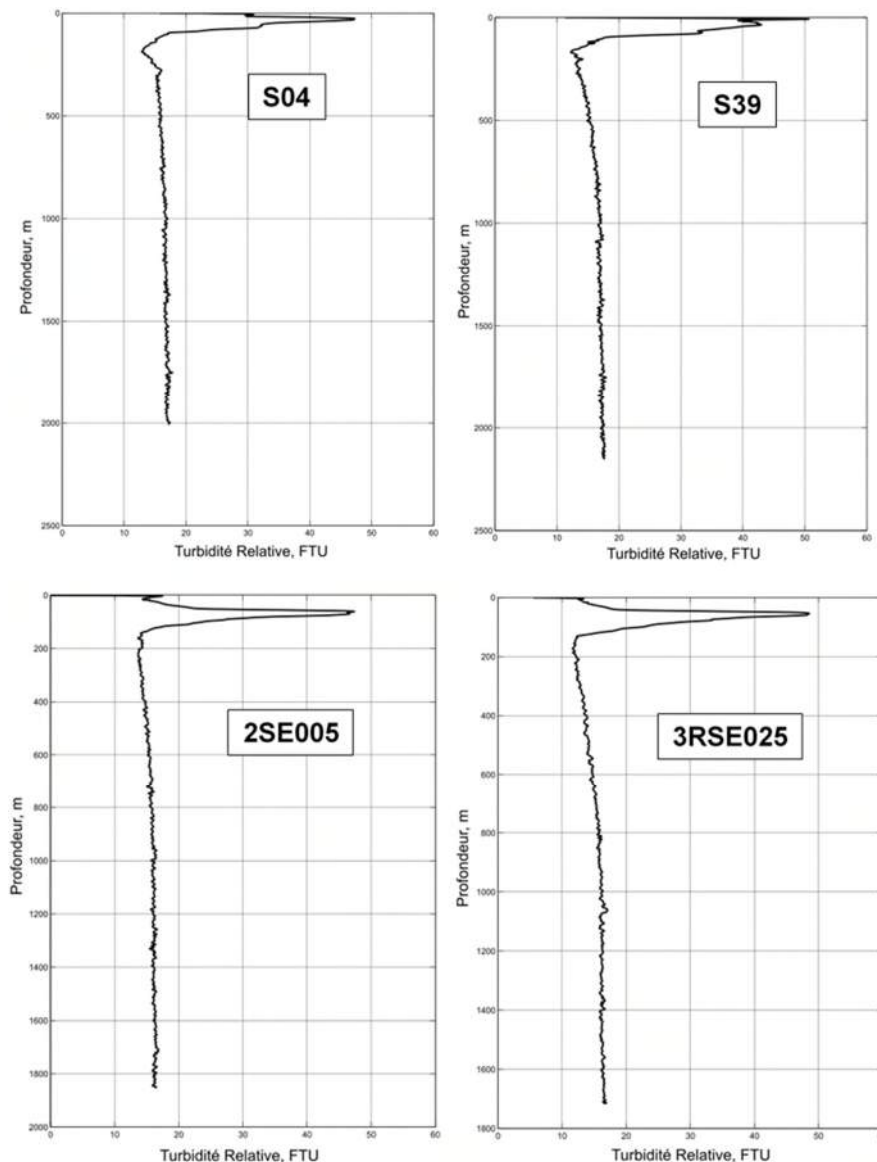
#### 4.1.1.4. Turbidité et matières en suspension

Les turbidités mesurées sur les deux stations au niveau du **secteur de Nasua** sont relativement élevées, avec un maximum de 50,6 NTU à 8 m de profondeur sur la station S39 (Figure 121 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Globalement, les turbidités sont très élevées dans les 100 premiers mètres, avec un maximum de 0 à 15 m, ce qui est cohérent avec les apports probables de l'Amazone mis en évidence précédemment. La turbidité est ensuite homogène jusqu'au fond, avec des valeurs d'environ 17 NTU.

Les valeurs mesurées pour les matières en suspension sont faibles, avec des valeurs respectives de 3 et 6 mg/L. Compte-tenu des faibles valeurs mesurées, aucune différence significative entre les stations ne peut être mise en évidence.

Les turbidités mesurées sur les deux stations de la **zone GM-ES** suivent le même profil que sur la zone NASUA, avec un maximum de 48,5 FNU à 55 m de profondeur sur la station 3RSE005 (Figure 121). Les turbidités sont très élevées dans les 100 premiers mètres, avec un maximum de 0 à 15 m, ce qui est cohérent avec les apports probables de l'Amazone mis en évidence précédemment. La turbidité est ensuite homogène jusqu'au fond, avec des valeurs d'environ 17 FNU.

Là encore, les valeurs de matières en suspension sont faibles, avec un maximum de 6 mg/l sur 2SE005. La valeur est inférieure au seuil de quantification (2 mg/l) sur 3RSE005. Les limites de l'analyse décrites plus haut ne permettent pas d'interpréter plus finement les teneurs en matières en suspension.



**Figure 121. Profils de turbidité**

#### 4.1.1.5. pH

Le pH a été mesuré à trois profondeurs différentes à chaque station. Ces mesures ponctuelles ne permettent pas de décrire l'ensemble de la colonne d'eau, mais fournissent des informations sur les caractéristiques globales du compartiment hydrologique.

Sur le **secteur Nasua**, en surface, les eaux sont légèrement plus acides à mi-profondeur qu'en surface ou au fond de la colonne d'eau (Tableau 102). La présence de plusieurs masses d'eau d'origines différentes est probablement associée à des caractéristiques de pH différentes.

**Tableau 102. Mesures de pH dans la colonne d'eau sur la zone NASUA**

Station	Surface	Mi-profondeur	Fond
<b>S04</b>	8,13	8,02	8,28
<b>S39</b>	7,78	7,42	7,24

Sur le **secteur GM-ES**, les eaux sont aussi légèrement plus acides à mi-profondeur qu'en surface ou au fond (Tableau 103). Les valeurs de pH sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en 2012 sur les sites GM-ES-2 et GM-ES-3R

**Tableau 103. Mesures de pH dans la colonne d'eau sur la zone GM-ES.**

Station	Surface	Mi-profondeur	Fond
<b>3RSE025</b>	7,56	7,42	7,98
<b>2SE005</b>	8,02	7,85	8,27

#### 4.1.2. Nutriments

La dégradation des matières organiques issues du ruissellement entraîne un enrichissement en nutriments du milieu aquatique, tels que les nitrates et les phosphates.

Les teneurs en nitrate, nitrite, phosphate et carbone organique dissous sont comparées aux seuils de la réglementation européenne dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (Arrêté du 25 janvier 2010).

Les valeurs moyennes mesurées sur l'ensemble de la colonne d'eau indiquent un état Très bon à Bon pour l'ensemble des stations (**zones Nasua et GM-ES**) et des paramètres.

Aucun signe d'enrichissement de l'eau n'est donc mis en évidence.

Ces résultats sont cohérents avec les conclusions des précédentes études sur les forages GM-ES-3R et GM-ES-2.

**Tableau 104. Valeurs mesurées pour les éléments nutritifs et valeurs de référence**

Stations	Concentration (mg/l)				
	Azote global	Nitrate (NO3)	Nitrite (NO2)	Phosphate (PO4)	Carbone Organique Dissous
S04	0,325	1,182	<0,002	0,140	0,73
S39	0,123	0,321	0,008	0,036	0,76
2SE005	0,044	<0,006	<0,002	0,064	0,94
3RSE025	0,254	0,855	<0,002	0,103	0,77

Référentiel Européen (Arrêté du 25 janvier 2010)					
Très bon	-	<10	<0,1	<0,1	<5
Bon	-	<50	<0,3	<0,5	<7
Moyen	-	*	<0,5	<1	<10
Médiocre	-	*	<1	<2	<15
Mauvais	-	*	>1	>2	>15

### 4.1.3. Métaux

21 éléments traces métalliques ont été recherchés dans la colonne d'eau. La plupart des concentrations en métaux recherchés sont inférieures aux seuils de quantification.

Seuls le vanadium et le molybdène sont détectés, et ce sur l'ensemble des stations.

#### Sur Nasua :

Les concentrations en molybdène varient entre 11 et 12 µg/l, ce qui correspond à des teneurs légèrement supérieures au bruit de fond des océans, estimé à 10 µg/l (Bruland et Lohan, 2003).

Les teneurs en vanadium sont comprises entre 1,5 et 1,9 µg/l, et sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur le secteur en 2012 (Créocéan, 2013). Leur gamme de variation concorde avec celle du bruit de fond des océans, qui varie entre 1,5 et 1,8 µg/l (Bruland et Lohan, 2003).

A noter que les seuils de quantification dans l'eau de mer pour ces deux métaux sont de 1 µg/l.

#### Sur GM-ES :

Les concentrations en molybdène sont également de 11 et 12 µg/l, soit des teneurs légèrement supérieures au bruit de fond des océans. Ce paramètre n'a pas été suivi en 2013 et son évolution ne peut donc pas être interprétée. Les valeurs sont cependant normales et identiques à celles mesurées sur la zone NASUA.

Les teneurs en vanadium sont comprises entre 1,5 et 1,7 µg/l, et sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en 2013 et que le bruit de fond des océans.



## 4.1.4. Hydrocarbures

### 4.1.4.1. Hydrocarbures Totaux (C10-C40)

Les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques sont tous en dessous des seuils de quantification (400 µg/l), à l'échelle de la colonne d'eau, sur les zones NASUA et GM-ES.

### 4.1.4.2. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP sont tous en dessous des seuils de quantification (0,005 µg/l), à l'échelle de la colonne d'eau, sur les zones NASUA et GM-ES.

## 4.1.5. Composés volatils

Les composés volatils recherchés sont les composés aromatiques monocycliques BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, o-xylène et m+p-xylène notamment) et le solvant MTBE (méthyl tert-butyl éther), très utilisé comme additif de l'essence jusqu'en 2005 (ANSES, 2014).

Ces composés sont en-dessous des seuils de quantification (0,50, 1,00 ou 5,00 µg/l selon les substances) dans tous les échantillons des zones NASUA et GM-ES.

## 4.1.6. Plancton (zooplancton et phytoplancton)

L'objectif de l'étude est d'analyser qualitativement (composition, diversité des taxons) et quantitativement (abondances) les communautés phytoplanctoniques et zooplanctoniques. Les campagnes de prélèvement ont été réalisées en octobre et décembre 2017 sur deux secteurs, Nasua et GM-ES, distants d'environ 160 km de la côte et sur des fonds d'environ 2000 m..

Les quatre stations décrites précédemment (S04, S39, 2SE005 et 3RSE025) ont fait l'objet de prélèvements d'eau pour l'analyse des biomasses phytoplanctoniques (pigments chlorophylliens) et l'évaluation quantitative des espèces planctoniques les plus abondantes. Toutes les observations ont été réalisées en microscopie optique ou à la loupe binoculaire.

Sur ces quatre mêmes stations, des prélèvements ont aussi été réalisés à l'aide d'un filet à plancton déployé dans les eaux proches de la surface. Le filet tracté derrière le navire permet de filtrer un grand volume d'eau conduisant à une collecte très exhaustive des espèces présentes.

Pour le phytoplancton, les résultats attendus concernent : l'abondance absolue, la liste des taxons au genre ou à l'espèce et leur abondance relative.

Pour le zooplancton, les résultats concernent l'identification des grands groupes taxinomiques et l'estimation de leurs abondances absolues et relatives.

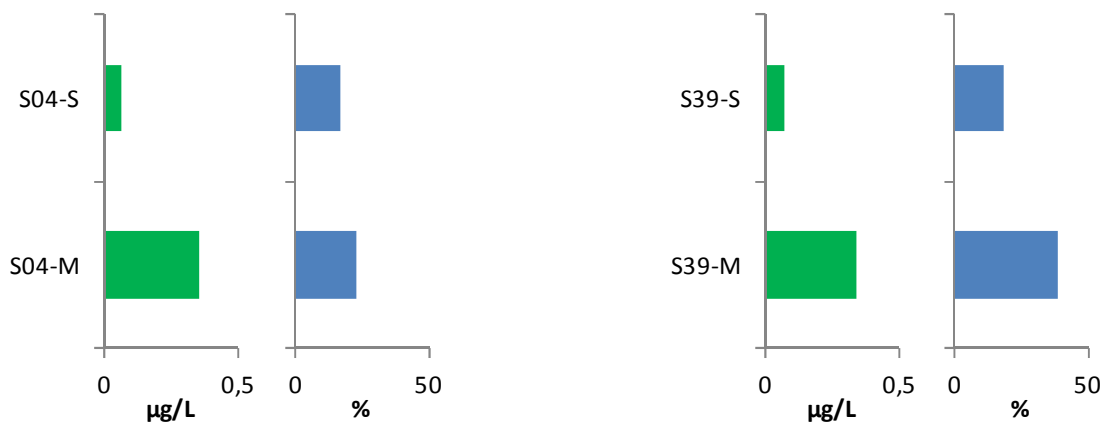
### 4.1.6.1. Biomasse chlorophyllienne

Les concentrations en chlorophylle a (Chla) et phéophytine a (produit de dégradation de la chlorophylle a) permettent d'évaluer la biomasse totale et l'activité biologique des eaux. Les valeurs de référence de concentration en chlorophylle a pour la DCE n'ont pas encore été établies en Guyane, ni dans les Antilles.

**Sur Nasua**, les concentrations chlorophylliennes sont très faibles (< 0,5 µg Chla/L), et plus élevées à mi-profondeur qu'en surface. Les prélèvements effectués à mi-profondeur sur S04 et S39 se caractérisent en effet par des concentrations (respectivement 0,361 et 0,344 µg Chla/L) supérieures à tous les autres prélèvements (< 0,1 µg Chla/L).

Le pourcentage de Phéophytine *a* est de 24,3% en moyenne. Ce pourcentage est supérieur à 20% pour les prélèvements à mi-profondeur, avec un maximum de 38,6% sur S39, alors qu'il est inférieur à 20% pour les prélèvements de surface.

Les groupements phytoplanctoniques, Chlorophycées (associés à *Chl**b*) et Diatomées et/ou Dinoflagellés (associés à *Chl**c*) sont représentés dans l'ensemble des stations à de faibles concentrations. Les concentrations en *Chl**c* et en *Chl**b* ont une dynamique spatiale similaire à celle de *Chl**a*. Les ratios *b/a* et *c/a* (respectivement moyennes de 0,101 et 0,134) suggèrent une contribution comparable des différents groupes phytoplanctoniques.



**Figure 122. Concentration en chlorophylle a (vert) en surface (S) et à mi-profondeur (M) et pourcentage de phéophytine a (bleu) en surface (S) et à mi-profondeur (M) sur la zone d'étude rapprochée**

**Sur GM-ES**, les concentrations chlorophylliennes sont également très faibles (< 0,08 µgChl*a*/L) à 50 m des puits 2 et 3R, et ne présentent pas de différence significative entre la surface et mi-profondeur. Ces concentrations sont légèrement plus faibles que celles mesurées en avril / mai 2013 (environ 0,2 µgChl*a*/L sur les puits 2 et 3R). Cette différence pourrait s'expliquer par l'effet de la saisonnalité sur les peuplements phytoplanctoniques.

En revanche comme sur la zone NASUA, le pourcentage de Phéophytine *a* est largement supérieur à mi-profondeur (maximum de 44,4% sur S3RSE005), alors qu'il est inférieur à 20% en surface. La faible biomasse phytoplanctonique encore présente à mi-profondeur est donc dans un état de dégradation bien plus avancé qu'en surface.

Là encore, les groupements phytoplanctoniques associés à *Chl**b* et *Chl**c* sont représentés à de faibles concentrations. Les ratios *b/a* et *c/a* (respectivement moyennes de 0,184 et 0,080) suggèrent une contribution un peu moins homogène des différents groupes phytoplanctoniques que sur NASUA. Ces résultats sont cependant à relativiser avec les très faibles concentrations en jeu.

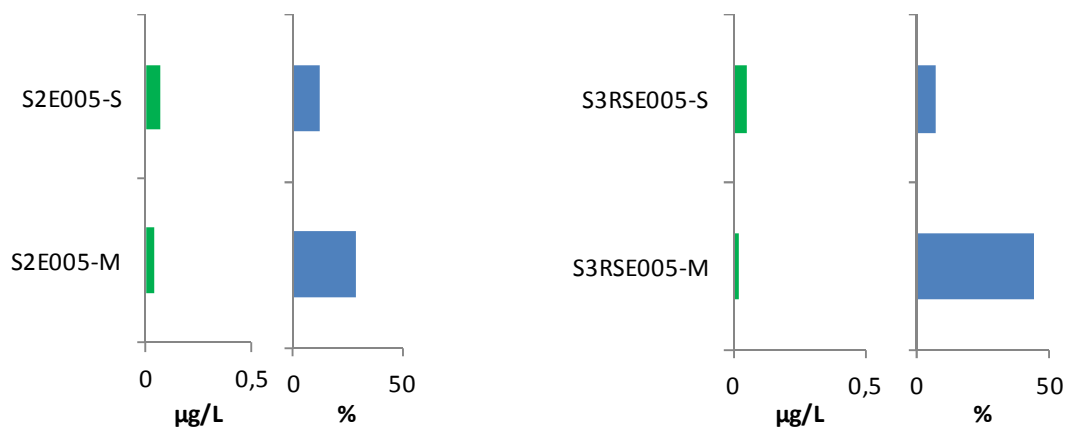


Figure 123. Concentration en chlorophylle a (vert) en surface (S) et à mi-profondeur (M) et pourcentage de phéophytine a (bleu) en surface (S) et à mi-profondeur (M) sur la zone GM-ES

#### 4.1.6.2. Analyse qualitative des peuplements

##### 4.1.6.2.1. Le phytoplancton

L'ensemble des résultats obtenus, que ce soit dans les échantillons de filet ou dans les échantillons d'eau, est rassemblé dans le tableau présenté en annexe 1. Pour chaque taxon, s'il n'a été observé que dans les échantillons de filet, son abondance relative de 1 à 5 est indiquée. S'il a également été observé dans les échantillons d'eau, son abondance absolue est indiquée en nombre de cellules par litre. Les résultats des seuls échantillons d'eau sont donnés en annexe 3.

Les taxons observés dans les échantillons de filet et d'eau sont présentés dans le tableau suivant. Au total, 185 taxons ont été identifiés dans les échantillons des campagnes d'octobre et de décembre 2017, pour la plupart dans les prélèvements de filet. Sept classes d'algues sont représentées, mais, comme c'est souvent le cas dans le plancton côtier, les diatomées, les dinoflagellés et, dans une moindre mesure, les coccolithophoracées prédominent. Le tableau présente le nombre de taxons observés dans chaque campagne, avec la distinction entre les échantillons de filet ou d'eau pour la campagne d'octobre.

Tableau 105. Nombre de taxons observés dans les principaux groupes du phytoplancton en octobre et en décembre 2017 et pourcentages par rapport au total

	28-31 octobre		8 décembre		Commun		Total	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
<b>Diatomées</b>	15 (12)	51,7	17	14,8	23 (19)	56,1	<b>55</b>	<b>29,7</b>
<b>Dinoflagellés</b>	8 (7)	27,6	96	83,5	14 (12)	31,7	<b>117</b>	<b>63,2</b>
<b>Coccolithophoracées</b>	4 (4)	13,8	1	0,9	3 (3)	7,3	<b>8</b>	<b>4,3</b>
<b>Autres</b>	2 (2)	6,9	1	0,9	2 (1)	4,9	<b>5</b>	<b>2,7</b>
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>15,7</b>	<b>115</b>	<b>62,2</b>	<b>41</b>	<b>22,2</b>	<b>185</b>	

Le nombre de taxons observés en octobre uniquement dans les échantillons d'eau ou dans les deux types de prélèvement est indiqué entre parenthèses dans la colonne du nombre de taxons

La flore phytoplanctonique est dominée par les dinoflagellés qui représentent 63,2 % des taxons observés, tous prélèvements confondus alors que les diatomées ne comptent que pour 29,7 %. Ces deux groupes forment ainsi plus de 90 % du phytoplancton. La majorité des taxons a été observée dans les prélèvements au filet du 8 décembre, ce qui montre l'efficacité du filet de vide de maille de 35 µm utilisé durant cette campagne et, *a contrario*, amène à douter de la représentativité des prélèvements faits en octobre avec des filets de 300 µm de vide de maille.

Le tableau suivant présente la liste des taxons observés en distinguant ceux observés soit en octobre, soit en décembre ou ceux communs aux deux campagnes.

**Tableau 106. Liste des taxons du phytoplancton observés dans les échantillons d'eau et de filet en octobre et décembre 2017**

<b>DIATOMEES</b>	Ceratocorys horrida	Tripos azoricum
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Cladopyxis brachiolata	Tripos belone
<i>Bacillaria paradoxa</i>	Corythodinium tessellatum	<b>Tripos biceps</b>
<b>Bacteriastrium delicatulum</b>	Dinophysis argus	Tripos breve
<i>Cerataulina dentata</i>	Dinophysis cuneus	Tripos candelabrum
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	Dinophysis doryphorum	<b>Tripos carriense</b>
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	Dinophysis hastata	Tripos cephalotus
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Dinophysis favus	Tripos contortum
<i>Chaetoceros elegans</i>	Dinophysis lineus	Tripos contrarium
<b>Chaetoceros lorenzianus</b>	Dinophysis cf porodyction	Tripos declinatum
<b>Chaetoceros peruvianus</b>	Dinophysis rapa	Tripos declinatum var. angustifolium
<i>Chaetoceros sp</i>	Dinophysis schuettii	Tripos digitatum
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	Dinophysis sp rond	Tripos ehrenbergii
<i>Corethron criophilum</i>	Dinophysis sp	Tripos euarcuatum
<i>Coscinodiscus centralis</i>	Dissodinium elegans	Tripos falcatum
<b>Coscinodiscus cf concinnus</b>	Goniodoma sphaericum	Tripos falcatiforme
<b>Coscinodiscus radiatus</b>	Gonyaulax birostris	<b>Tripos furca</b>
<i>Coscinodiscus sp</i>	Gonyaulax brevisulcatum	<b>Tripos fusus</b>
<i>Diploneis bombus</i>	<i>Gonyaulax brunii</i>	Tripos geniculatum
<b>Dytilum brightwelli</b>	<i>Gonyaulax diegensis</i>	Tripos gravidum
<b>Ethmodiscus appendiculatus</b>	<i>Gonyaulax fusiformis</i>	Tripos hexacanthus
<i>Eucampia cornuta</i>	<i>Gonyaulax kofoidii</i>	Tripos horridum
<b>Guinardia cylindrus</b>	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Tripos humilis
<i>Guinardia delicatula</i>	<b>Gonyaulax sp</b>	Tripos incisum
<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Gyrodinium sp</i>	<i>Tripos lineatum</i>
<i>Guinardia striata</i>	<b>Heterocapsa triquetra</b>	Tripos limulus
<b>Hemiaulus hauckii</b>	<i>Heterodinium rigdenae</i>	Tripos longissimus
<b>Hemiaulus sinensis</b>	<i>Histioneis hippoperoides</i>	Tripos lunula
<b>Lauderia annulata</b>	<i>Lingulodinium polyedra</i>	Tripos macroceros
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Noctiluca scintillans</i>	Tripos massiliense
<i>Licmophora sp</i>	<i>Ornithocercus quadratus</i>	Tripos obesum
<b>Lioloma sp</b>	<i>Ornithocercus steinii</i>	Tripos paradoxides
<b>Lithodesmium undulatum</b>	<i>Ornithocercus thumii</i>	Tripos pentagonum
cf <i>Minidiscus sp</i>	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Tripos ranipes
<b>Mastogloia bigibba</b>	<b>Oxytoxum sp1</b>	Tripos reflexum
<i>Mastogloia tenuis</i>	<b>Oxytoxum sp2</b>	Tripos cf schrankii
<i>Mastogloia sp</i>	<i>Parahistioneis para</i>	Tripos schroeteri
<b>Nitzschia bicapitata</b>	<b>Podolampas bipes</b>	Tripos symmetricum
<b>Nitzschia seriata</b>	<i>Podolampas elegans</i>	Tripos teres
<i>Nitzschia ventricosa</i>	<i>Podolampas palmipes</i>	Tripos tripos
<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Podolampas spinifera</i>	Tripos tripos var atlanticus
<i>Odontella cf aurita</i>	<i>Pronoctiluca sp.</i>	Tripos tripos var pulchellum
<i>Odontella mobiliensis</i>	<b>Prorocentrum micans</b>	<b>Tripos vultur</b>
<i>Odontella sinensis</i>	<i>Prorocentrum rostratum</i>	
<i>Pleurosigma sp</i>	<i>Prorocentrum sp.</i>	<b>COCCOLITHOPHORACEES</b>
<b>Proboscia alata</b>	<i>Protoceratium spinulosum</i>	<i>Anoplosolenia brasiliensis</i>
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	<i>Protoperidinium acutipes</i>	<i>Calciosolenia murrayi</i>
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	<i>Protoperidinium bispinum</i>	<b>Coccolithus sp</b>
<i>Rhizosolenia castracanei</i>	<i>Protoperidinium conicum</i>	<i>Discosphaera tubifera</i>
<b>Rhizosolenia imbricata</b>	<b>Protoperidinium corniculum</b>	<b>Emiliana huxleyi</b>
<b>Rhizosolenia setigera</b>	<i>Protoperidinium elegans</i>	<b>Gephyrocapsa oceanica</b>
<b>Skeletonema costatum</b>	<i>Protoperidinium grande</i>	<i>Syracosphaera sp</i>
<i>Stephanopyxis turis</i>	<i>Protoperidinium heteracanthus</i>	<i>Umbellosphaera tenuis</i>
<b>Thalassionema nitzschoides</b>	<i>Protoperidinium nipponicum</i>	
<i>Thalassiosira sp.</i>	<i>Protoperidinium cf pacificum</i>	<b>PRASINOPHYCEES</b>

<b>Thalassiothrix frauenfeldii</b>	Protooperidinium solidicorne	<i>Pyramimonas sp</i>
	Protooperidinium subpyriforme	
<b>DINOFLAGELLES</b>	Protooperidinium tenuissimum	<b>CYANOBACTERIES</b>
<i>Amphisolenia astragalus</i>	<i>Protooperidinium sp</i>	<b>Oscillatoria sp</b>
<i>Amphisolenia bidentata</i>	<i>Pyrocystis hamula</i>	<b>Richelia intracellularis</b>
<i>Amphisolenia globifera</i>	<i>Pyrocystis fusiformis</i>	
<i>Amphisolenia palaeotheroides</i>	<b>Pyrocystis noctiluca</b>	<b>EUGLENOPHYCEES</b>
<i>Amphisolenia schauinslandii</i>	<i>Pyrocystis robusta</i>	<i>Euglena sp</i>
<i>Blepharocysta sp</i>	<b>Pyrophacus horologium</b>	
<i>Centrodinium biconicum</i>	<i>Spiraulax jollifei</i>	<b>DICTYOCHOPHYCÉES</b>
<i>Ceratocorys armata</i>	<i>Triadinium polyedricum</i>	<i>Dictyocha sp</i>

*En gras, les taxons observés dans les deux campagnes ; en italique, les taxons observés en octobre (eau + filet) ; en caractère droit, les taxons observés en décembre (filet)*

Sept classes sont représentées, ce qui représente une diversité importante, mais habituelle dans les milieux côtiers tropicaux. Elles ne sont cependant que trois à présenter plusieurs espèces : les diatomées, les dinoflagellés et les coccolithophoracées. Les autres classes ne comptent qu'un ou deux représentants, parfois en grand abondance comme la cyanobactérie *Oscillatoria*.

Les dinoflagellés, avec 117 taxons, constituent le groupe dominant du phytoplancton. Il s'agit en grande majorité de dinoflagellés à thèque et de grande taille pour la plupart (jusqu'à plus d'1 mm). Le genre *Tripos* est particulièrement bien représenté avec 43 espèces, soit plus d'un tiers des dinoflagellés observés (Photo suivante). Ce genre est souvent assez diversifié dans le plancton océanique. Il n'est cependant pas fréquent qu'un aussi grand nombre d'espèces soit observé dans le même échantillon. Les deux autres genres représentés par plus de 10 espèces sont *Dinophysis* et *Protooperidinium*. La majorité des taxons sont caractéristiques des eaux océaniques avec, en particulier, les genres *Histioneis*, *Noctiluca*, *Pyrocystis*. Plusieurs genres ou espèces sont susceptibles d'être toxiques : les genres *Dinophysis*, *Gonyaulax* et *Prorocentrum* ainsi que *Lingulodinium polyedrum*.



**Photos 36. *Tripos vultur*, dinoflagellé s'associant souvent en chaînes pouvant compter plus de 10 individus. Loupe binoculaire Leica S9i, 80X**

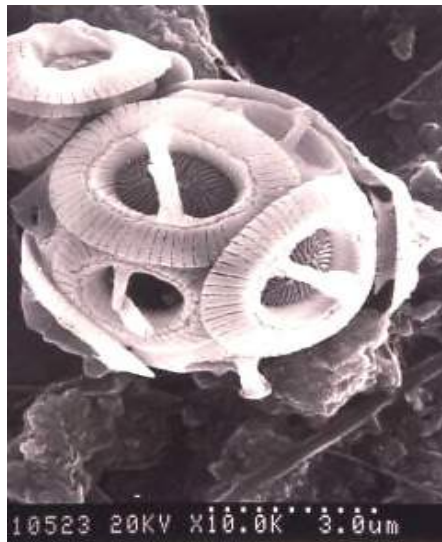
Les diatomées, avec 55 taxons, arrivent loin derrière les dinoflagellés. C'est un caractère inhabituel de la flore étudiée, car, dans des conditions environnementales similaires d'une bordure côtière, les diatomées sont souvent le groupe majoritaire. En effet, d'une part, les concentrations en silice nécessaire à la fabrication de leur frustule y sont importantes du fait de la proximité des terres, d'autre part, les diatomées, algues autotrophes, sont toujours les premières à profiter d'un apport de nutriments pour proliférer. Enfin, dans les faibles profondeurs de la frange côtière, sont en mélange des taxons planctoniques vrais et d'autres d'origine benthique, mais détachés de leur substrat. Ce n'est pas le cas



ici avec une profondeur d'eau de plus de 2000 m. Cependant, l'observation de quelques taxons benthiques tels que *Licmophora*, *Diploneis* témoigne d'un grand mélange des eaux et/ou de leur transport par les courants sur de longues distances.

Les diatomées centriques à symétrie radiaire, plus fréquentes dans le plancton, sont majoritaires (35 taxons, 64 % du total). Comme souvent observé dans le plancton côtier tropical, le genre *Chaetoceros* est assez diversifié de même que la famille des Rhizosoleniaceae (10 espèces) regroupant les genres *Rhizosolenia* (4 espèces), *Guinardia* (4 espèces), *Pseudosolenia* et *Proboscia*. Un autre ensemble d'espèces témoigne d'une influence côtière aux stations de prélèvement. Il s'agit en particulier des genres *Coscinodiscus*, *Odontella*, *Hemiaulus*, *Eucampia*, *Thalassionema*, *Thalassiothrix*.

Les coccolithophoracées (Photo suivante), avec 8 espèces, constituent le troisième groupe significatif du phytoplancton, loin cependant derrière les diatomées et les dinoflagellés. Ces algues brunes dont la paroi est recouverte de plaques calcaires, sont de petite taille, inférieure à 20 µm, et ont surtout été observées dans les échantillons d'eau où elles peuvent être parfois abondantes, plus rarement dans les échantillons de filet, ce qui est logique étant donné leur taille inférieure au vide de maille des filets.



**Photos 37. *Gephyrocapsa oceanica*, coccolithophoracée fréquente dans le plancton océanique, (MEB, 10000 X)**

Les quatre autres classes ne sont représentées que par un ou deux taxons. Il faut remarquer une cyanobactérie, *Oscillatoria* sp., particulièrement abondante dans tous les traits de filet de décembre alors qu'elle est absente des échantillons d'octobre. De telles proliférations sont assez fréquentes dans les eaux des bordures côtières tropicales et ont déjà été observées par exemple dans le lagon de l'île de Mayotte dans l'Océan Indien. Une autre cyanobactérie filamenteuse, *Richelia intracellularis*, présente la particularité de vivre en symbiose dans les frustules des diatomées du genre *Rhizosolenia* et son abondance dépend de ces dernières.

Il existe une variation spatiale et temporelle du nombre de taxons du phytoplancton. En effet, bien que les prélèvements aient été effectués à 1,5 mois d'intervalle, soit un délai assez court, on observe des différences importantes dans la composition du phytoplancton (Tableau suivant). Cette différence porte principalement sur les dinoflagellés, peu nombreux en octobre (29 taxons) et extraordinairement diversifiés en décembre (115 taxons). La seule différence de vide de maille des filets utilisés (300 µm en octobre, 36 µm en décembre) ne peut à elle seule expliquer cette différence. En effet, les dinoflagellés observés en décembre, notamment le genre *Tripos*, ont une taille qui dépasse de beaucoup la maille des filets utilisés en octobre et n'auraient donc pas pu échapper au prélèvement s'ils avaient été présents en abondance en octobre. La variation de leur représentation entre les deux campagnes témoigne d'une forte variabilité temporelle de la composition des peuplements phytoplanctoniques. Vu le caractère très ponctuel de cette étude, il est difficile d'expliquer cette prédominance des dinoflagellés. Dans la succession des communautés phytoplanctoniques, ils se

développent habituellement après les diatomées, premières algues à profiter des apports en sels nutritifs et caractérisent généralement des peuplements d'une certaine maturité.

D'un point de vue spatial, les prélèvements ont été effectués dans deux secteurs, Nasua et GMES, distants d'environ 100 km. Pour ce qui concerne les traits de filet effectués en décembre, deux d'entre eux (PK1 et PK2) sont situés dans le secteur Nasua, PK3 et PK4 dans le secteur GMES (Tableau suivant).

**Tableau 107. Nombre de taxons observés et pourcentages relatifs pour les principaux groupes du phytoplancton dans les deux secteurs de prélèvement, Nasua et GMES,**

	Nasua		GMES		Commun	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
<b>Diatomées</b>	54	31,8	27	23,1	25	23,5
<b>Dinoflagellés</b>	106	62,4	77	65,8	69	67,6
<b>Coccolithophoracées</b>	6	3,5	7	6,0	5	4,9
<b>Autres</b>	4	2,4	6	5,1	3	2,9
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>91,9</b>	<b>117</b>	<b>63,2</b>	<b>102</b>	<b>55,1</b>

*Les valeurs intègrent les dates d'octobre et décembre et les deux types de prélèvements (eau brute ou filet).*

*Les échantillons de décembre, PK1 et PK2, ont été affectés au secteur Nasua, PK3 et PK4 au secteur GMES. Les pourcentages accompagnant le nombre total de taxons sont calculés par rapport au nombre total de taxons identifiés qui est de 185*

Le nombre de taxons observés est beaucoup plus élevé dans le secteur Nasua (170 taxons, soit plus de 90 % des taxons identifiés) que dans le secteur GMES (117 taxons). Environ la moitié des taxons sont communs aux deux secteurs. Cette différence est en partie liée à un plus grand nombre de taxons de diatomées dont le pourcentage relatif est significativement plus élevé à Nasua (31,8 % à Nasua vs 23,1 % à GMES).

Il ressort donc de ces observations une variabilité temporelle et spatiale de la composition du phytoplancton. Celle-ci n'est pas totalement anormale dans la mesure où la variabilité des conditions environnementales due aux apports des fleuves amazoniens a nécessairement des répercussions sur l'abondance et la composition des communautés planctoniques.

Il faut cependant nuancer ces résultats dans la mesure où ils concernent deux types de prélèvements très différents, d'une part des échantillons d'eau de 250 ml, d'autre part des traits de filet de maille soit de 300 µm, soit de 36 µm. Ainsi, seulement 10 taxons sont observés dans plus de la moitié des échantillons. Il s'agit de 7 diatomées (*Lauderia annulata*, *Nitzschia seriata*, *Odontella sinensis*, *Proboscia alata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia setigera*, *Thalassionema nitzschoides*), d'un dinoflagellé (*Heterocapsa triquetra*) et de deux coccolithophoracées (*Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*).

#### 4.1.6.2.2. Le zooplancton

Avant d'aborder la description des communautés zooplanctoniques, il convient de préciser que l'analyse du zooplancton s'est limitée aux principaux groupes du zooplancton, avec une identification au niveau de la famille, plus rarement du genre lorsqu'ils sont facilement identifiables. Cependant, malgré cette analyse plutôt grossière, il en ressort des caractéristiques originales pour la communauté zooplanctonique avec, notamment, la présence de larves d'espèces benthiques, plutôt surprenante sur des fonds de l'ordre de 2000 m et à 160 km de la côte. Rappelons que des diatomées benthiques ou néritiques ont également été observées. Les résultats détaillés sont présentés en annexe 2.

Le tableau suivant présente la liste des taxons observés dans l'ensemble des échantillons en distinguant l'holoplancton dont la vie est entièrement planctonique et le méroplancton dont seuls les larves sont planctoniques, les adultes étant benthiques ou nectoniques (poissons).

**Tableau 108. Liste des taxons du zooplancton observé dans l'ensemble des prélèvements**

HOLOPLANCTON		MEROPLANCTON
<b>1- Foraminifères <i>Globigerinoides</i></b>	<b>4- Cnidaires</b>	<b>1- Larves d'annélides</b>
<b>2- Tintinnides</b>	Méduses Hydraires	Oligochètes
Amphorella	Siphonophore (loge)	Polychètes
Amphorelloopsis	<b>5- Mollusques <i>Creseis clava</i></b>	<b>2- Larves de mollusques</b>
Codonella	<b>6- Chaetognathes <i>Sagitta</i></b>	Lamellibranches
Codonelloopsis	<b>7- Crustacés</b>	Larves D
Dictyocysta	Copépodes	Larves Umbo
Eiplocytilis	Calanidés	Gastéropodes
Eutintinnus	Corycéidés	<b>3- Larves de</b>
Proplectella	Oncéidés	Nauplius de Cirripèdes
Protorhabdonella	Saphirinidés	Zoé Brachyoure
Rhabdonella	Sétellidés	Mégaloce Brachyoure
Rhabdonelloopsis	Cladocères	Larve Stomatopodes
Salpingella	Mysidacées	Larves Décapodes
Tintinnopsis	Décapodes Sergestidés <i>Belzebub chacei</i>	<b>4- Œufs et larves de poissons</b>
Undella	<b>8- Prochordés</b>	
<b>3- Radiolaires</b>	Appendiculaires <i>Oikopleura</i>	
Nassellaires	Salpes	
Spumellaires	Doliolés	

*L'holoplancton désigne les organismes dont la vie est entièrement planctonique ; le méroplancton, ceux dont seule la larve est planctonique alors que l'adulte est benthique ou nectonique.*

Le zooplancton de la zone d'étude présente la diversité classique du plancton océanique tropical. Il est constitué des représentants habituels de l'holoplancton : protozoaires (foraminifères, radiolaires et tintinnides), de cnidaires (méduses et siphonophores), de mollusques et chaetognathes, de crustacés, et de prochordés (appendiculaires, salpes et doliolés). Cependant, le méroplancton n'est pas totalement absent. En effet, des larves d'annélides, de mollusques, de crustacés ou de poissons sont régulièrement observées dans les échantillons. La présence, parfois l'abondance, de ces larves est un peu surprenante si l'on considère que les prélèvements ont été effectués à 160 km de la côte et sur des fonds de 1700 à 2000 m qui n'abritent pas les adultes dont les larves ont été observées de la zone. Elles proviennent plus vraisemblablement des fonds de 40 à 100 m situés à quelques dizaines de km plus près de la côte. La présence de ces larves dans les prélèvements donne une idée du brassage des eaux dans le secteur.

Deux groupes de l'holoplancton sont particulièrement diversifiés. Il s'agit, d'une part, des copépodes dont au moins 5 familles sont présentes, et, d'autre part, des ciliés Tintinnides dont 14 genres ont été identifiés dans les prélèvements. Même si les tintinnides sont une composante habituelle du zooplancton, une telle diversité est remarquable. Les copépodes ne sont pas les seuls représentants des crustacés. Ils sont accompagnés de mysidacés et de décapodes, notamment le Sergestidé *Belzebub chacei*, crustacé cosmopolite présent dans toutes les mers chaudes. Il faut remarquer également la diversité des prochordés, car les principaux représentants de ce groupe, les salpes, les doliolles et les appendiculaires sont observés. On est donc en présence d'un holoplancton riche et diversifié.

Concernant le méroplancton, dont nous avons souligné plus haut la présence insolite dans cet environnement, une certaine diversité se manifeste également. En effet, parmi les groupes majoritaires du benthos, seules les larves d'échinodermes sont absentes. En revanche, on observe régulièrement des larves d'annélides polychètes et oligochètes, des larves de mollusques lamelibranches (stades D et stade umbo) et larves de gastéropodes, des larves de crustacés, notamment des cirripèdes (crustacés fixés), des zoés (Photo 38) et mégalopes de crabes et des larves de stomatopodes, enfin des œufs et larves de poissons.



**Photos 38. Zoé de crabe, dinoflagellé s'associant souvent en chaînes pouvant compter plus de 10 individus (Loupe binoculaire Leica S9i, 80X)**

Malgré le petit nombre d'échantillons, une certaine variation spatiale et temporelle peut être mise en évidence, notamment dans l'importance relative de l'holoplancton et du méroplancton. En effet, d'une part, un plus grand nombre de taxons est observé dans les échantillons de décembre (Tableau suivant). D'autre part, ces taxons appartiennent majoritairement à l'holoplancton alors que le nombre de taxons du méroplancton est plus important en octobre.

**Tableau 109. Nombre de taxons de l'holoplancton et du méroplancton observés dans les 6 échantillons de filet et pourcentages relatifs**

	Nasua octobre		Nasua décembre		GMES décembre	
	S04	S39	PK1	PK2	PK3	PK4
<b>Holoplancton</b>	8 (53,3%)	8 (61,5%)	20 (87,0%)	11 (84,6%)	15 (78,9%)	15 (88,2%)
<b>Méroplancton</b>	7 (46,7%)	5 (38,5%)	3 (13,0%)	2 (15,4%)	4 (21,1%)	2 (11,8%)

En conclusion, l'analyse qualitative des peuplements planctoniques permet de dégager les caractéristiques de ces communautés. En premier lieu, avec 185 taxons identifiés, elles se caractérisent par une forte diversité du phytoplancton. Celui-ci est dominé par les dinoflagellés et, plus particulièrement, par le genre *Tripos*. Le zooplancton présente également une certaine diversité. Sa composition est comparable à ce qui est observé sur les franges côtières tropicales avec une prédominance de l'holoplancton, notamment des copépodes. S'y ajoute une diversité inhabituelle des ciliés Tintinnides. Le méroplancton est également représenté par plusieurs taxons dont des larves de crustacés. Cette présence du méroplancton implique des apports sur la zone d'étude en provenance de zones moins profondes où vivent les communautés benthiques à l'origine des larves observées.

Malgré le petit nombre d'échantillons et de stations, une variabilité spatiale et temporelle se dégage de cette analyse qualitative, permettant de faire la distinction entre les secteurs Nasua et GMES et entre les prélèvements d'octobre et de décembre. Cette variabilité des communautés planctoniques est probablement la conséquence de celle des variables environnementales.

#### 4.1.6.3. Analyse quantitative des peuplements

L'analyse quantité porte d'une part sur les abondances relatives des taxons observés dans les échantillons de filet, d'autre part sur les abondances absolues obtenues dans les échantillons d'eau pour le phytoplancton et en cuve de Dolfus pour le zooplancton. Ces deux approches sont complémentaires.

##### 4.1.6.3.1. Abondance relative des taxons dans les échantillons de filet.

L'abondance relative des taxons permet de préciser l'analyse qualitative en mettant l'accent sur les taxons les plus abondants.

Pour mémoire, la codification adoptée est la suivante : 1 = espèce observée une fois; 2 = espèce présente, c'est-à-dire espèce observée plus d'une fois, mais moins de 10 fois; 3 = espèce fréquente, observée plus de 10 fois dans l'échantillon; 4 = espèce abondante, rencontrée dans une majorité des champs d'observation du microscope; 5 = espèce très abondante, observée dans tous les champs du microscope. Elle a été appliquée au phytoplancton et au zooplancton dans les échantillons de filet.

Le tableau suivant rassemble la liste des taxons fréquents ou abondants, c'est-à-dire ceux dont l'abondance relative est égale ou supérieure à 3 dans au moins un échantillon.

Pour le phytoplancton, ces taxons abondants sont au nombre de 43 et se répartissent en 15 diatomées, 25 dinoflagellés, 1 coccolithophoracée et 2 cyanobactéries. Ils ne représentent que 23 % du nombre total de taxons identifiés. On observe une prépondérance de diatomées et dinoflagellés planctoniques, comprenant notamment la famille des Rhizosoleniaceae (genres *Rhizosolenia* et *Proboscia*) et les dinoflagellés du genre *Tripos*. L'influence côtière est cependant marquée par la présence de taxons néritiques (*Lauderia annulata*, *Odonella sinensis*) ou d'origine benthique (*Climacodium frauenfeldianum*). Concernant les diatomées, les espèces centriques sont prédominantes. Concernant les cyanobactéries, l'abondance de *Richelia intracellularis* est à relier à celle des Rhizosoleniaceae avec lesquelles cette espèce vit en symbiose



**Tableau 110. Liste des taxons abondants dans les échantillons de filet (abondance relative supérieure ou égale à 3)**

PHYTOPLANCTON		ZOOPLANCTON
<b>Diatomées</b>	<b>Dinoflagellés</b>	<b>Holoplancton</b>
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	<i>Amphisolenia bidentata</i>	Foraminifères <i>Globigerinoides</i>
<i>Coscinodiscus cf concinnus</i>	<i>Amphisolenia palaeotheroides</i>	<i>Tintinnides</i>
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	<i>Ceratocorys horrida</i>	<i>Amphorella</i>
<i>Ditylum brightwelli</i>	<i>Dinophysis argus</i>	<i>Amphorellopsis</i>
<i>Guinardia cylindrus</i>	<i>Dinophysis cuneus</i>	<i>Codonella</i>
<i>Lauderia annulata</i>	<i>Dinophysis favus</i>	<i>Codonellopsis</i>
<i>Nitzschia seriata</i>	<i>Dinophysis hastata</i>	<i>Dictyocysta</i>
<i>Odontella sinensis</i>	<i>Gonyaulax kofoidii</i>	<i>Epiplocylis</i>
<i>Proboscia alata</i>	<i>Histioneis hippoperoides</i>	<i>Eutintinnus</i>
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	<i>Ornithocercus quadratus</i>	<i>Protorhabdonella</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Ornithocercus steinii</i>	<i>Rhabdonella</i>
<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Podolampas spinifera</i>	<i>Rhabdonellopsis</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Pyrocystis noctiluca</i>	Mollusques <i>Creseis clava</i>
<i>Thlassionema nitzschoides</i>	<i>Pyrophacus horologium</i>	<i>Chaetognathes Sagitta</i>
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	<i>Triadinium polyedricum</i>	Copépodes
	<i>Tripes biceps</i>	Calanidés
<b>Coccolithophoracées</b>	<i>Tripes breve</i>	Coryceidés
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	<i>Tripes contortum</i>	Oncéidés
	<i>Tripes fusus</i>	Saphirinidés
<b>Cyanobactéries</b>	<i>Tripes macroceros</i>	Sétellidés
<i>Oscillatoria sp</i>	<i>Tripes pentagonum</i>	<i>Sergestidé Belzebug chacei</i>
<i>Richelia intracellularis</i>	<i>Tripes teres</i>	Appendiculaires <i>Oikopleura</i>
	<i>Tripes tripes</i>	<i>Dolioles</i>
	<i>Tripes tripes var pulchellum</i>	
	<i>Tripes vultur</i>	<b>Méropplancton</b>
		Larves Gastéropodes
		Nauplius de Cirripèdes
		Zoé Brachyours
		Œufs et larves de poissons

Avec moins d'un quart de taxons présentant une certaine abondance, parmi lesquels on retrouve d'ailleurs la quasi-totalité des 10 taxons les plus fréquents, il ressort qu'à l'échelle de l'étude, il n'existe pas de communauté phytoplanctonique stable. Au contraire, cette faible représentation indique une grande variabilité dans l'abondance et la répartition des taxons. Cette variabilité s'explique par l'instabilité des conditions environnementales qui ne permet pas l'installation d'une communauté stable, à la différence de ce que l'on observe sur les bordures côtières tropicales à l'environnement moins changeant et qui sont occupées par des mangroves, des lagunes ou des lagons. Elle retentit également sur les possibilités de développement du plancton.

Le zooplancton est dominé par l'holoplancton et, principalement, par les copépodes dont plusieurs familles sont présentes. L'abondance et la diversité des ciliés tintinnides dans les traits de filet de décembre est également à souligner. De même, certains taxons du méropplancton peuvent être ponctuellement abondants.

#### 4.1.6.3.2. Abondance absolue du plancton dans les échantillons d'eau (phytoplancton) ou de filet (zooplancton).

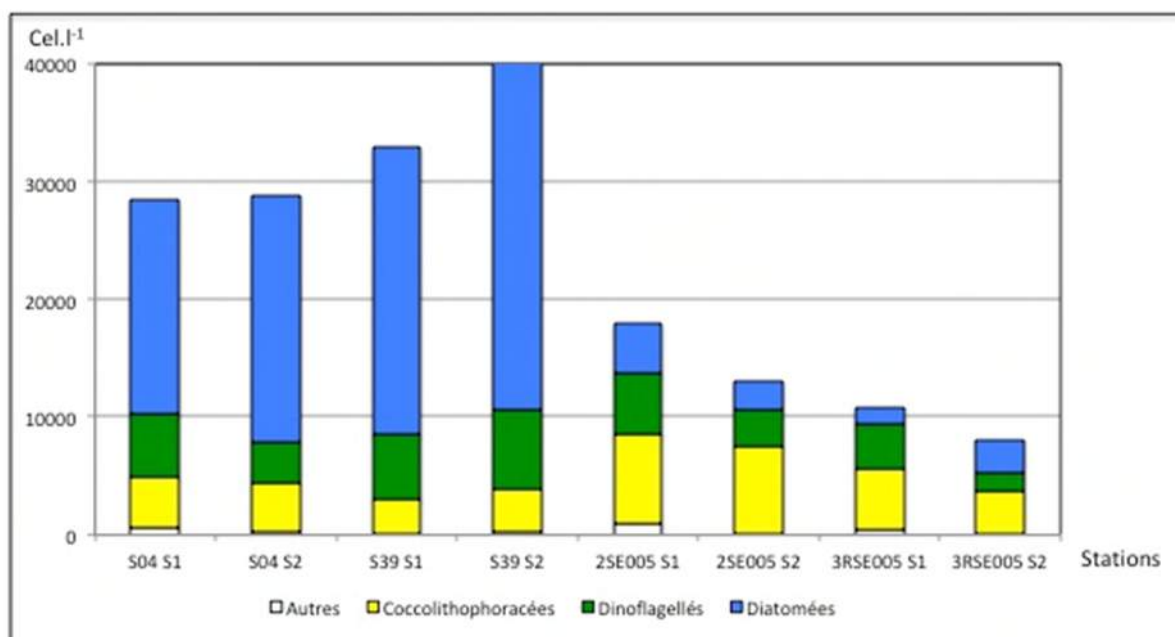
Les résultats synthétiques des dénombrements du phytoplancton dans les échantillons d'eau sont présentés dans le tableau et la figure suivants. Les résultats détaillés sont donnés en annexe 3. Ces dénombrements permettent une estimation de l'abondance absolue du phytoplancton ainsi que son identification, au moins au niveau de la classe. Etant effectués après sédimentation d'un échantillon d'eau, ils permettent également de prendre en compte les petites espèces qui ont échappé aux prélèvements par filet. Rappelons cependant que, vu le faible volume d'eau concerné, la diversité spécifique est forcément réduite.

**Tableau 111. Abondance et pourcentage relatif des principales classes du phytoplancton dans les échantillons d'eau**

	Stations - Secteur Nasua				Stations - Secteur Sud du PGM			
	S04	S04	S39	S39	2SE005	2SE005	3RSE005	3RSE005
	Replicat 1	Replicat 2	Replicat 1	Replicat 2	Replicat 1	Replicat 2	Replicat 1	Replicat 2
<b>Abondance</b>	<b>Cellules/l</b>							
<b>Diatomées</b>	18152	20843	24411	29753	4298	2438	1533	2873
<b>Dinoflagellés</b>	5396	3464	5395	6702	5085	3109	3655	1464
<b>Coccolithophoracées</b>	4231	4144	3027	3508	7627	7315	5247	3578
<b>Autres</b>	613	309	66	313	908	183	413	163
<b>TOTAL</b>	<b>28392</b>	<b>28760</b>	<b>32898</b>	<b>40277</b>	<b>17918</b>	<b>13044</b>	<b>10848</b>	<b>8078</b>
<b>Abondance</b>	<b>Pourcentages</b>							
<b>Diatomées</b>	63,9	72,5	74,2	73,9	24	18,7	14,1	35,6
<b>Dinoflagellés</b>	19	12	16,4	16,6	28,4	23,8	33,7	18,1
<b>Coccolithophoracées</b>	14,9	14,4	9,2	8,7	42,6	56,1	48,4	44,3
<b>Autres</b>	2,2	1,1	0,2	0,8	5,1	1,4	3,8	2,0

Le nombre total de cellules dénombrées est compris entre 8000 et 40 000 cellules/l (moyenne 22 527 ± 11 663 cellules/l). Il n'y a pas de variation significative entre les deux réplicats d'une même station. Avec une valeur maximale de 40 000 cellules/l, l'abondance du phytoplancton est relativement modeste. Elle est en accord avec les concentrations en chlorophylle a qui ne dépassent pas 0,36 µg/l.

Cette faible abondance du phytoplancton, tant en nombre de cellules qu'en concentrations en chlorophylle a, pourrait surprendre, étant donné une disponibilité en sels nutritifs probablement élevée. Il faut cependant tenir compte de l'instabilité du milieu avec, notamment, de forts courants qui entraînent un brassage permanent limitant le développement du phytoplancton.



**Figure 124. Abondance (cellules/l) et composition du phytoplancton dans les échantillons d'eau**

Cependant, la composition du phytoplancton semble favoriser l'hypothèse d'une évolution rapide des peuplements. Comme il est habituel dans le phytoplancton côtier tropical, trois classes dominent les peuplements : les diatomées, les dinoflagellés et les coccolithophoracées. Les diatomées sont prédominantes à la station Nasua et ces algues sont responsables des différences d'abondance entre les deux secteurs. En revanche, les coccolithophoracées constituent près de la moitié des cellules dénombrées dans le secteur sud. La prédominance des diatomées est usuelle dans le phytoplancton côtier, car les apports terrigènes leur fournissent la silice nécessaire à la formation de leur frustule. Leur abondance à Nasua est donc logique. En revanche, les coccolithophoracées, seules algues calcaires du plancton, caractérisent des eaux plus océaniques. Les différences entre les deux secteurs seraient donc plutôt à rechercher dans une modification des caractéristiques physico-chimiques de la zone entre le 28 et le 31 octobre.

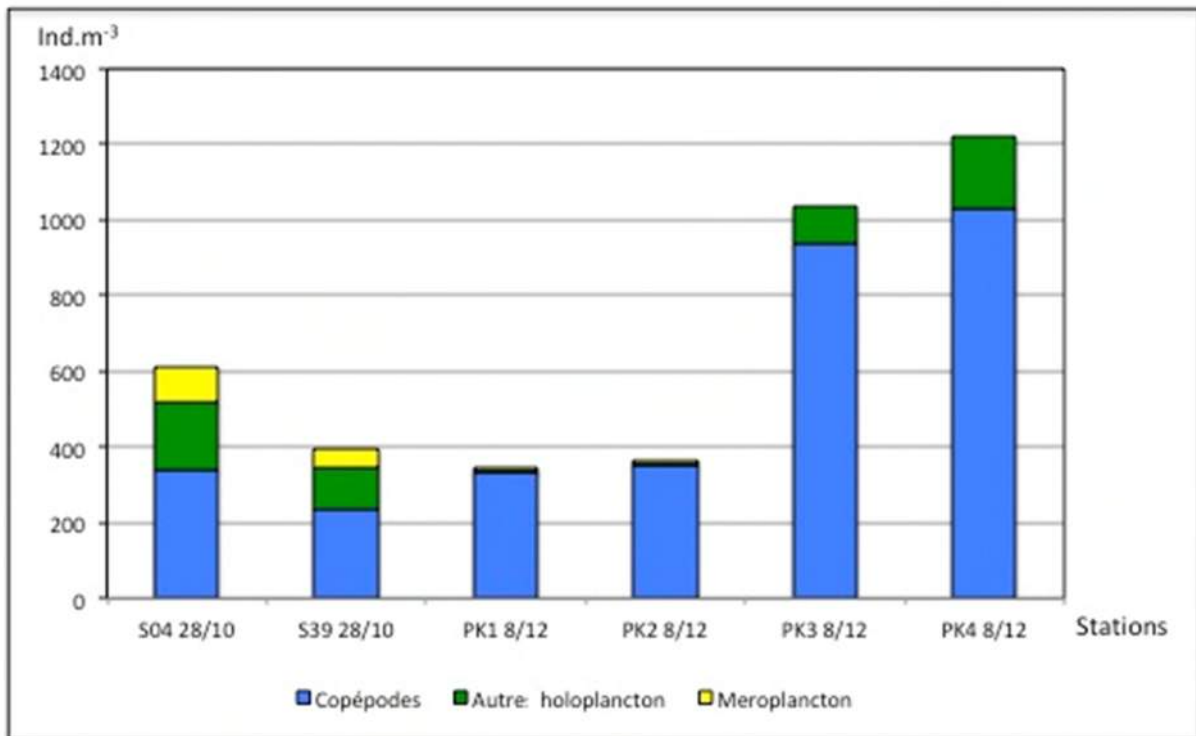
Si l'on considère séparément chaque zone d'étude, Nasua et GMES, l'abondance du phytoplancton est 2,5 fois plus élevée à Nasua ( $32\,582 \pm 5521$  cellules/l) qu'à GMES ( $12\,472 \pm 4160$  cellules/l). Cette différence se confirme dans les résultats de chlorophylle *a* :  $0,212 \pm 0,163 \mu\text{g l}^{-1}$  à Nasua vs  $0,047 \pm 0,022 \mu\text{g l}^{-1}$  à GMES.

Il existe également une différence entre les deux secteurs dans la composition du phytoplancton. En effet, comme il est habituel dans le phytoplancton côtier tropical, trois classes dominent les peuplements : les diatomées, les dinoflagellés et les coccolithophoracées. Les diatomées sont prédominantes à la station Nasua et ces algues sont responsables des différences d'abondance entre les deux secteurs. En revanche, les coccolithophoracées constituent près de la moitié des cellules dénombrées dans le secteur GMES. La prédominance des diatomées est usuelle dans le phytoplancton côtier, car les apports terrigènes leur fournissent la silice nécessaire à la formation de leur frustule. Leur abondance à Nasua est donc logique. En revanche, les coccolithophoracées, seules algues calcaires du plancton, caractérisent plutôt des eaux plus océaniques qui auraient ainsi une plus grande influence dans le secteur GMES que le secteur Nasua. Ceci constitue une indication d'une variabilité spatiale, ne pouvant cependant, vu la taille réduite de l'échantillonnage, en aucun cas être généralisée.

Concernant le zooplancton, l'abondance totale varie de 394 à 1034 individus par  $\text{m}^3$  (Tableau 109 et Figure 125). Le zooplancton est significativement plus abondant dans le secteur GMES (plus de 1000 individus par  $\text{m}^3$ ) que dans le secteur Nasua (340 à 610 individus par  $\text{m}^3$ ). Les copépodes constituent la majorité du zooplancton (55 % dans le secteur de Nasua en octobre), voire sa quasi-totalité (près de 98 % dans le même secteur en décembre). Plus généralement, l'holoplancton domine largement le zooplancton, jusqu'à en constituer la totalité dans le secteur GMES. Plusieurs autres taxons présentent une abondance significative. Dans l'holoplancton, il s'agit en premier lieu des prédateurs notamment des copépodes, les chaetognathes qui peuvent atteindre 2 cm, le Sergestidé *Belzebub chacei*, taxon cosmopolite dans le plancton. Il s'agit également des Prochordés, salpes, doliolles et appendiculaires, particulièrement bien représentés. Les appendiculaires ont la particularité de pouvoir se nourrir du picoplancton ( $< 5 \mu\text{m}$ ) malgré leur taille de l'ordre du cm, grâce à la production quotidienne d'une logette qui aggrège les particules et qu'ils consomment ensuite. Cette technique de collecte leur donne accès à une nourriture abondante qui est de trop petite taille pour être retenue par les filtres.

**Tableau 112. Abondance (nombre d'individus par m<sup>3</sup>), composition du zooplancton et distinction entre holoplancton et méroplancton (en valeurs et en pourcentages) dans les deux secteurs, Nasua et GMES, en octobre et décembre 2017**

	Nasua				GMES	
	S04	S39	PK1	PK2	PK3	PK4
	28/10/17	28/10/17	8/12/17	8/12/17	8/12/17	8/12/17
	ind.m <sup>-3</sup>	ind.m <sup>-3</sup>	ind.m <sup>-3</sup>	ind.m <sup>-3</sup>	ind.m <sup>-3</sup>	ind.m <sup>-3</sup>
<b>Holoplancton</b>						
Méduse		2			8	
Siphonophore (loge)	8	2	2		8	
Mollusques Thécosomes <i>Creseis clava</i>	5					
Chaetognathes <i>Sagitta</i>	119	41		3	25	59
Copépodes	341	235	337	355	935	1031
Mysidacées			2			
Sergestidés <i>Belzebub chacei</i>	30	19				
Appendiculaires <i>Oikopleura</i>	3	29				15
Salpes				3	58	119
Doliolés	13	22	2			
<b>Méroplancton</b>						
Oligochètes				3		
Polychètes	3	2				
Larves Gastéropodes			2			
Nauplius de Cirripèdes	55	2				
Zoé Brachyours	5	2				
Mégalope Brachyours	3					
Larve Stomatopodes	3					
Larves Décapodes	20	36				
Œufs et larves de poissons	8	2				
<b>Total</b>	<b>613</b>	<b>394</b>	<b>344</b>	<b>363</b>	<b>1034</b>	<b>1224</b>
<b>Holoplancton</b>	<b>517 (84,3)</b>	<b>349 (88,6)</b>	<b>342 (99,5)</b>	<b>360 (99,3)</b>	<b>1034 (100)</b>	<b>1224 (100)</b>
dont Copépodes	341	235	337	355	935	1031
<b>Meroplancton</b>	<b>96 (15,7)</b>	<b>45 (11,4)</b>	<b>2 (0,5)</b>	<b>3 (0,7)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



**Figure 125. Abondance (individus.m<sup>-3</sup>) et composition du zooplancton dans les échantillons de filet. Les copépodes, groupe dominant de l'holoplancton, sont distingués des autres taxons de l'holoplancton**

Nous avons déjà évoqué la présence du méroplancton, c'est-à-dire de larves d'espèces benthiques, insolite à cette distance de la côte et sur des fonds importants. Cette présence n'est pas anecdotique, comme en témoigne l'abondance en octobre à la station S04 des nauplius de Cirripèdes qui sont des crustacés fixés. De même, plusieurs larves de crustacés Décapodes, crevettes ou crabes, sont présentes. Le méroplancton n'est cependant présent que dans le secteur Nasua et en octobre, si l'on excepte les larves de gastéropodes observés en PK1. Cette différence peut être due, soit à la période de reproduction des adultes, soit à la courantologie locale qui a amené ces larves dans les zones d'études. En effet, ce méroplancton ne peut avoir une origine locale, vu la profondeur et la nature des fonds. Il provient vraisemblablement des fonds de 60-70 m localisés à 25-30 km au sud-ouest de la zone d'étude et dont la richesse faunistique est avérée.



## 4.1.7. Synthèse

### ► Stratification de la colonne d'eau

Les profils verticaux confirment les données de la bibliographie qui décrivent une stratification verticale forte de la colonne d'eau, et la présence de plusieurs masses d'eau (Bourles et *al.*, 1999 ; Tchernia, 1978 ; Baklouti et *al.*, 2007) sur l'ensemble du secteur d'étude, avec :

- une couche d'eau dessalée en surface (0-15 m), provenant d'un mélange entre les eaux subtropicales de l'Atlantique et les eaux de surface de l'Amazone,
- une couche d'eau sub-superficielle ou eau centrale entre 15 m et 220 m, plus froide et très salée,
- l'eau antarctique intermédiaire, froide et très légèrement dessalée, entre 200 m et 1 200 m, qui se forme dans l'océan Austral,
- l'eau profonde de l'Atlantique Sud au-delà de 1 200 m, froide et de salinité normale, qui a son origine en mer du Labrador.

L'apport d'eaux de l'Amazone explique la turbidité relativement élevée mesurée sur la zone (jusqu'à 50 NTU), qui se stabilise autour de 17 NTU à partir de 100m de profondeur.

### ► Nutriments

Aucun signe de sur-enrichissement nutritif de l'eau n'est mis en évidence : les valeurs moyennes des nutriments mesurées sur l'ensemble de la colonne d'eau indiquent un état Très bon à Bon pour l'ensemble des stations (zones Nasua et GM-ES) et des paramètres.

### ► Contamination chimique

Aucune contamination en métaux, hydrocarbures, HAP ou composés volatils n'a été observée.

21 éléments traces métalliques ont été recherchés dans la colonne d'eau. La plupart des concentrations en métaux recherchés sont inférieures aux seuils de quantification. Seuls le vanadium et le molybdène sont détectés mais les concentrations sont peu différentes des bruits de fond des océans.

Les hydrocarbures totaux (aromatiques et aliphatiques), HAP et les composés aromatiques monocycliques BTEX sont tous en dessous des seuils de quantification à l'échelle de la colonne d'eau, sur les zones NASUA et GM-ES.

### ► Plancton

Avec 185 taxons identifiés, le phytoplancton de la zone d'étude se caractérise par une forte diversité. Celle-ci est assurée par trois groupes principaux, les diatomées, les dinoflagellés et les coccolithophoracées. Cependant, à la différence de ce qui est habituellement observé sur les bordures côtières tropicales, ce sont les dinoflagellés, et non pas les diatomées, qui prédominent avec plus de 110 taxons identifiés. Un genre en particulier, le genre *Tripos*, présente un nombre d'espèces particulièrement élevé. Il est connu que les dinoflagellés se développent après les diatomées et caractérisent un plancton mature. Ce pourrait être le cas ici bien que le caractère très ponctuel de cette étude ne permette aucune généralisation.

La composition du zooplancton est conforme à ce qui est observé habituellement sur les bordures côtières : une prédominance de l'holoplancton et notamment des copépodes avec leurs prédateurs, chaetognathes et crustacés décapodes. Moins habituelle est la diversité des ciliés Tintinnides et leur abondance. Enfin, malgré la profondeur des stations et leur distance à la côte, on observe un certain nombre de taxons méroplanctoniques, abondants pour certains, qui ne peuvent provenir que des fonds de 60-70 m dont la richesse faunistique est connue et situés au sud-ouest de la zone d'étude. Cet apport de méroplancton s'explique par l'importance des courants et le brassage des eaux qu'ils entraînent.

Ce brassage des eaux a également pour conséquence une abondance du plancton relativement modeste. Malgré des apports terrigènes importants par les fleuves amazoniens, il ne se produit pas de

développement important du plancton dont les abondances ne dépassent pas 40 000 cellules par litre pour le phytoplancton et 1200 individus par m<sup>3</sup> pour le zooplancton. Ces résultats, pour le phytoplancton, sont en phase avec les mesures de la concentration en chlorophylle *a* qui n'excède pas 0,36 µg/l.

Les deux secteurs, Nasua et GMES, distants d'environ 100 km, ont des peuplements planctoniques différents. L'abondance et la diversité du phytoplancton est significativement plus élevée dans le secteur Nasua. On y observe une plus grande diversité de diatomées et c'est également dans ce secteur que se trouve la quasi-totalité du méroplancton. En revanche, dans le secteur GMES, le phytoplancton est moins abondant, tant en nombre de cellules qu'en chlorophylle *a* tandis que le zooplancton y présente ses plus fortes valeurs. Si on considère d'une part, l'absence de méroplancton et une proportion plus importante de coccolithophoracées, ces différences font du secteur GMES une zone qui reçoit plus d'apports du large que le secteur Nasua.

Ainsi, les différents prélèvements effectués en octobre et décembre 2017 dans les secteurs Nasua et GMES permettent de définir les caractéristiques des communautés planctoniques tant animales que végétales et de mettre en évidence les différences entre les deux secteurs. Il faut cependant souligner que ces observations sont basées sur un petit nombre de prélèvements, qu'elles ne rendent compte que de la structure des communautés planctoniques au moment des prélèvements et que toute généralisation serait excessive.

Par comparaison avec les autres milieux semblables, cette bordure côtière de Guyane se distingue par un plancton un peu décevant par son abondance, mais magnifique par la très forte diversité des dinoflagellés.

## 4.2. Les fonds marins

Les données acquises lors des campagnes Guyane 2017 concernent d'une part, les habitats mésophotiques en limite de plateau continental et d'autre part, la plaine abyssale.

Aucune prospection du plateau continental n'a été réalisée en 2017 en dehors des substrats mésophotiques du rebord du plateau continental compte tenu des campagnes biosédimentaires et biologiques réalisées par Créocéan précédemment.

### 4.2.1. Les habitats mésophotiques à l'extrémité du plateau continental

#### 4.2.1.1. Contexte

La récente étude réalisée sur les 'récifs de l'Amazone' (Moura *et al.*, 2016) indique le développement de récifs carbonatés s'étendant de manière discontinue sur la plate-forme externe du Brésil, avec une limite généralement située au niveau de l'isobathe des 100 m. En plus de ces récifs carbonatés, des formations de type rhodolithes ont été identifiées sur des fonds au-delà de cet isobathe parfois jusqu'à environ 150 m de profondeur d'eau.

D'après Moura *et al.* (2016), contrairement à la zone centrale du récif de l'Amazone, la partie Nord semble présenter des formations récifales essentiellement sur des profondeurs d'eau importantes. Ceci est expliqué par les auteurs par un phénomène de subsidence important de la partie Nord du plateau ayant limité les possibilités de développement de ces formations lors de la remontée du niveau marin Post-Glaciaire (période -15 000 à -6 000 ans).

Les informations disponibles sur le plateau guyanais semblent indiquer l'extension de ces formations observées au large du Brésil (bibliographie et communications personnelles des pêcheurs en 2017). La carte sédimentologique du SHOM (carte 6163G, 1955) de même que des publications anciennes (Frappa et Pujos 1994), font état de récifs biogéniques et de pointements « coralliens » observé sur la bordure du plateau continental de Guyane. Ces travaux rejoignent les observations réalisées plus récemment au large de l'Amazone par Moura *et al.* (2016).

L'ensemble des éléments récoltés au cours de la phase préparatoire des campagnes EBS ont conduit à la mise en œuvre d'une campagne spécifique sur la bordure du plateau continental guyanais. Le site choisit se situe au droit du site d'exploration prévu et a été positionné en fonction des différents éléments bibliographiques disponibles afin de caractériser au mieux les milieux potentiellement sensibles de la bordure du plateau continental.

Les objectifs de ces nouvelles investigations sont :

- la caractérisation morpho-sédimentaire des fonds marins dans la gamme de profondeur d'eau abritant potentiellement ce(s) récif(s) rocheux/carbonaté(s) par mise en œuvre de méthode de cartographie géophysique sur une zone préalablement définie au regard des informations disponibles,
- l'évaluation de la richesse naturelle de ce milieu par des observations directes (dragage et vidéo).

#### 4.2.1.2. Rappel de l'organisation des campagnes 2017

L'étude « Guyane, 2017 » sur le rebord du plateau continental au droit du site d'exploration s'est déroulée courant novembre (campagne morpho-sédimentaire) et décembre 2017 (campagne biologique) à bord du *RV Proteus*. Ces campagnes étaient autorisées dans le cadre de l'Arrêté Préfectoral du 19 octobre 2017 (Arrêté portant autorisation de conduire une campagne de recherche scientifique dans les espaces maritimes français au large de la Guyane).

La campagne morpho-sédimentaire a permis la couverture d'une zone de 630 km<sup>2</sup> située entre -77 et -165 m de profondeur d'eau. La figure 126 présente la zone de prospection. Elle a nécessité le déploiement de plusieurs outils :

- un sondeur bathymétrique multifaisceaux équipé d'une option imagerie du fond (coefficient de réflectivité du fond marin),
- un sonar à balayage latéral.

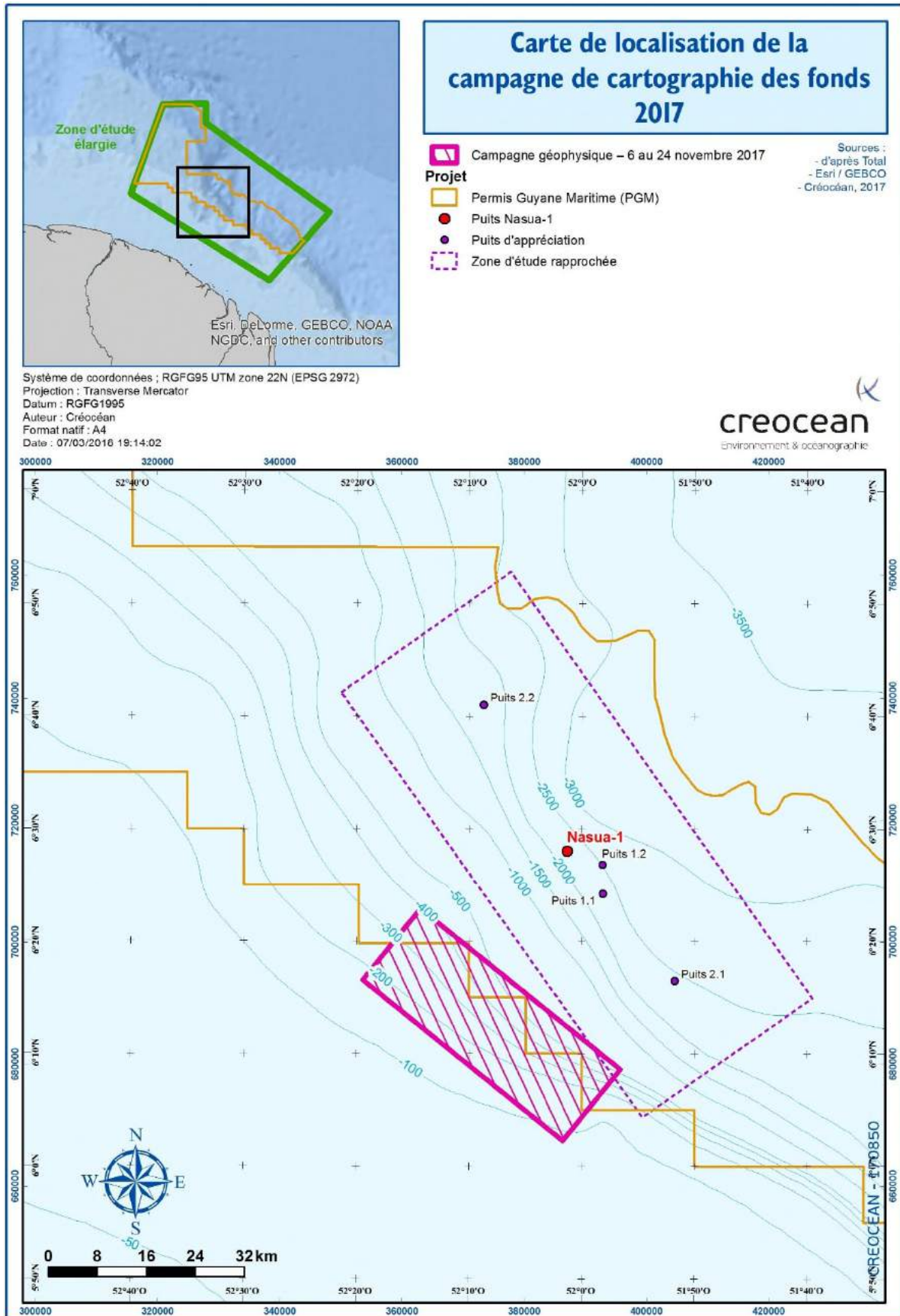


Figure 126. Zone de cartographie des fonds marins en bordure de plateau continental (Guyane, 2017)

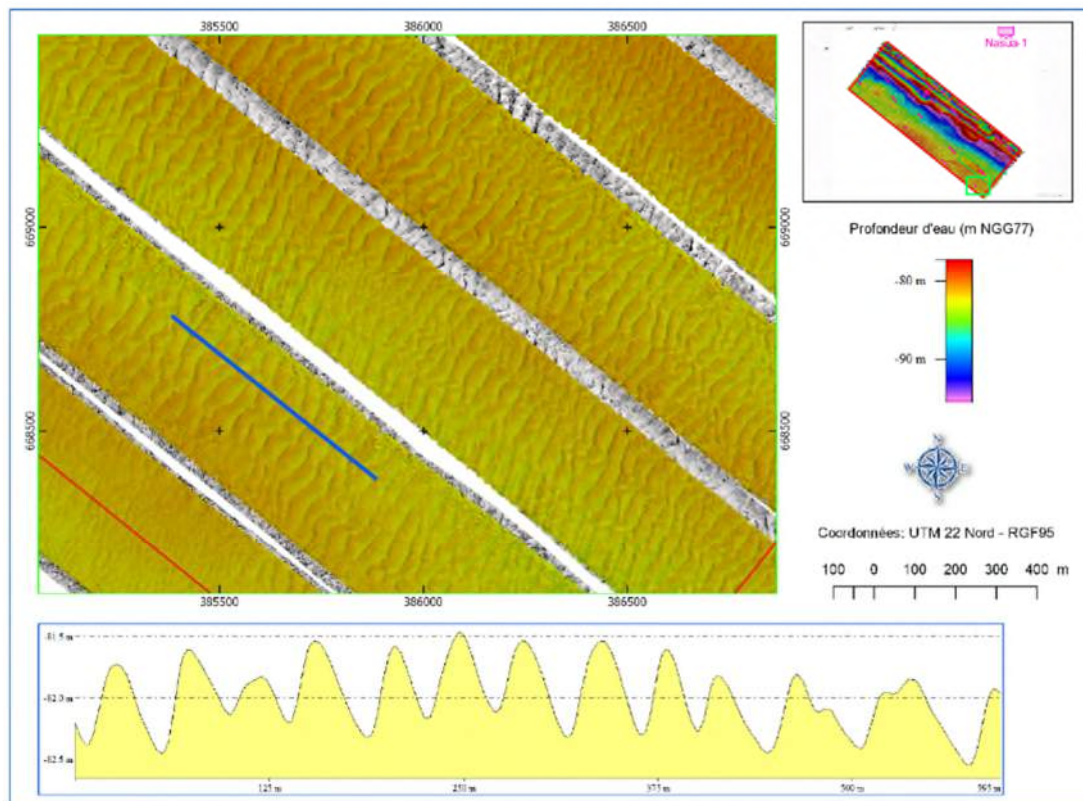
#### 4.2.1.3. Cartographie et caractérisation morpho-sédimentaire des habitats mésophotiques

L'analyse des données bathymétriques permettent de définir 4 zones morphologiques distinctes :

- 1a - Zone de rides sédimentaires : autour de -79/-81 m de profondeur d'eau. Cette zone se caractérise par une morphologie typique de ride de sable de petite amplitude,
- 1b - « Plateau rocheux » : de -75 à -110 m de profondeur d'eau : pente inférieure à 1°, quelques zones de hauts fonds sont observées au sein de ce premier plateau avec des reliefs modérés, généralement inférieurs à 4 m. Sur la partie la plus profonde de ce secteur, la morphologie du plateau est assez chaotique et laisse supposer la présence de substrats durs affleurants à sub-affleurants,
- 2 - « Plateau carbonaté » : de -110 à -140 m : zone à pente très variable présentant une alternance entre des plateaux probablement carbonatés de large superficie et des zones semblant associées à des remplissages sédimentaires. Les pentes sont très variables allant de 0.1 et 15°,
- 3 - Rebord de plate-forme : au-delà de -140 m : morphologie assez chaotique avec présence de hauts fonds pouvant dépasser les 20 m de hauteur et localement des pentes pouvant excéder les 5° - zone considérée comme le rebord du plateau continental guyanais.

Les zones morphologiques 1b à 3 semblent indiquer des phases distinctes de la remontée du niveau marin soit 'récentes' période post-glaciaire soit plus anciennes, cycles à 100 000 ans du quaternaire terminal.

Il faut souligner que les profondeurs -100 et 500 sont mal positionnées sur les cartes SHOM d'après les résultats des investigations sur le terrain.



**Figure 127. Zone des rides sédimentaires – unité morphologique 1a**



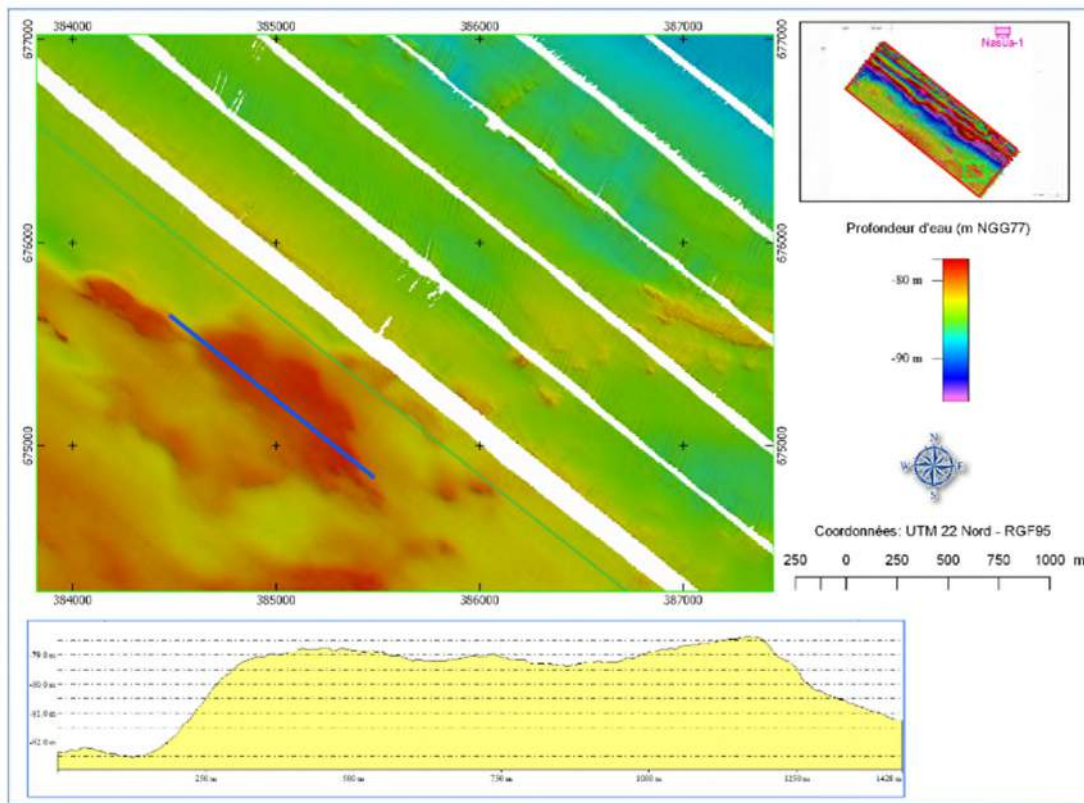


Figure 128. Extrait de l'unité morphologique 1b – zone à hauts fonds

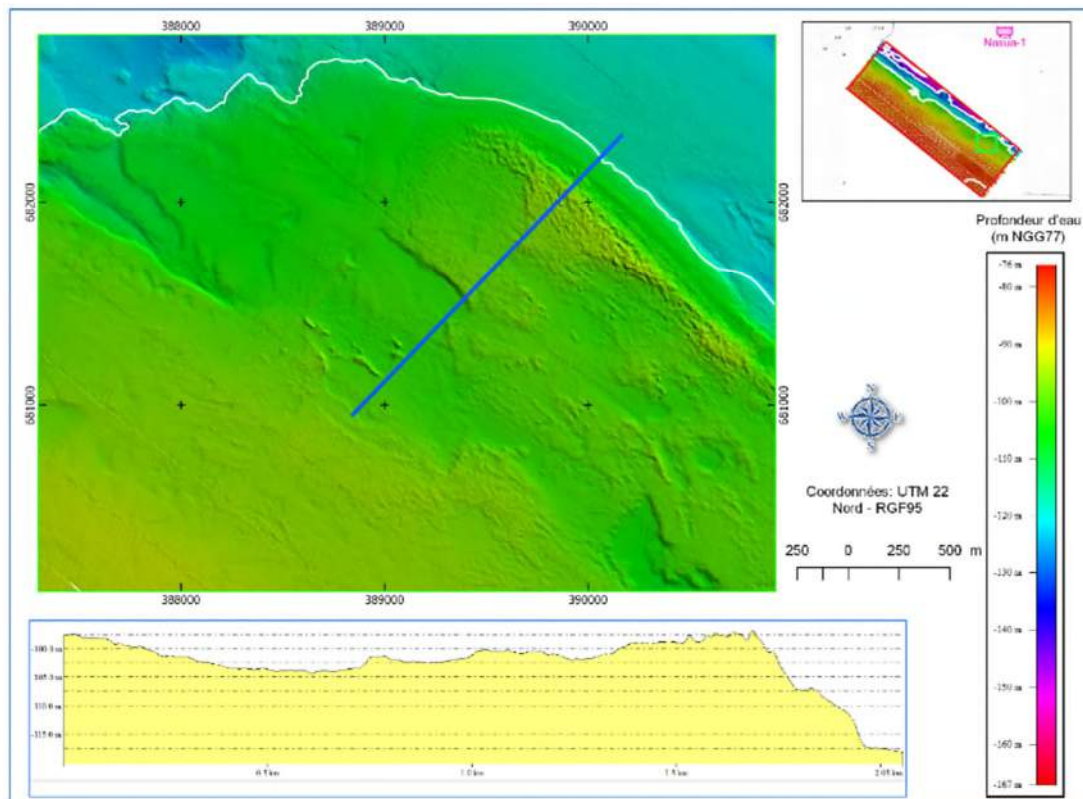


Figure 129. Extrait de l'unité morphologique 1b – rebord du 'plateau'

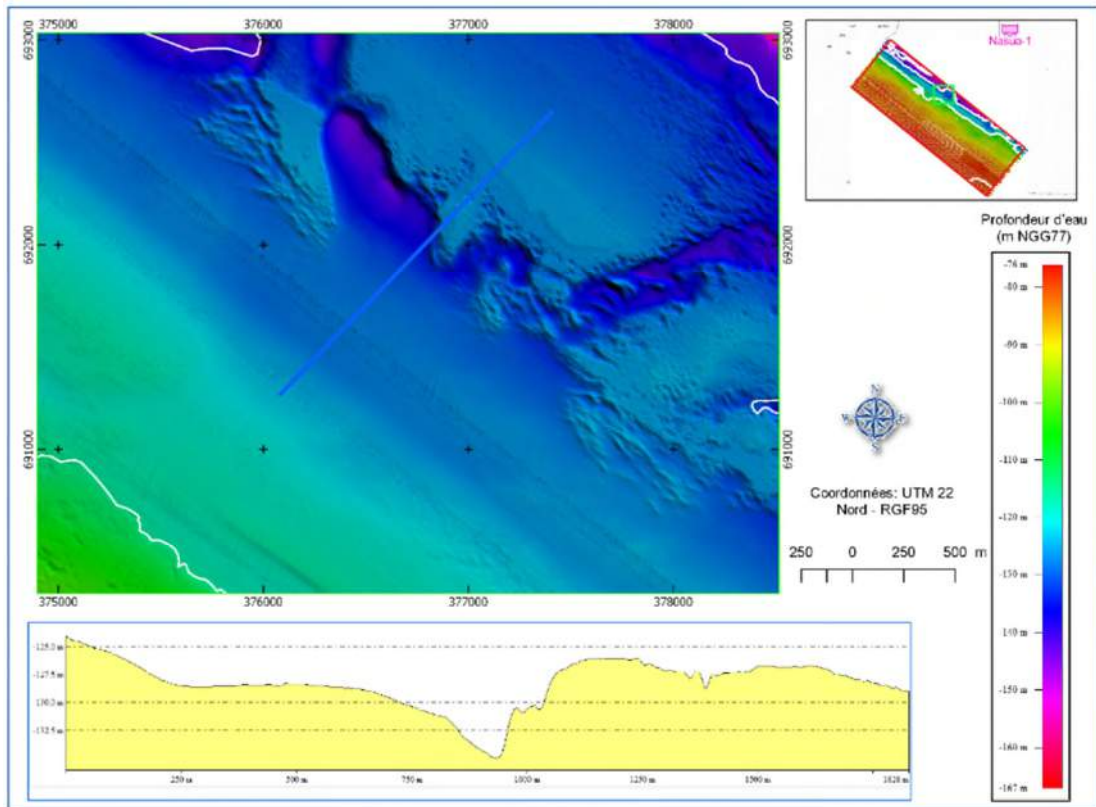


Figure 130. Extrait de l'unité morphologique 2

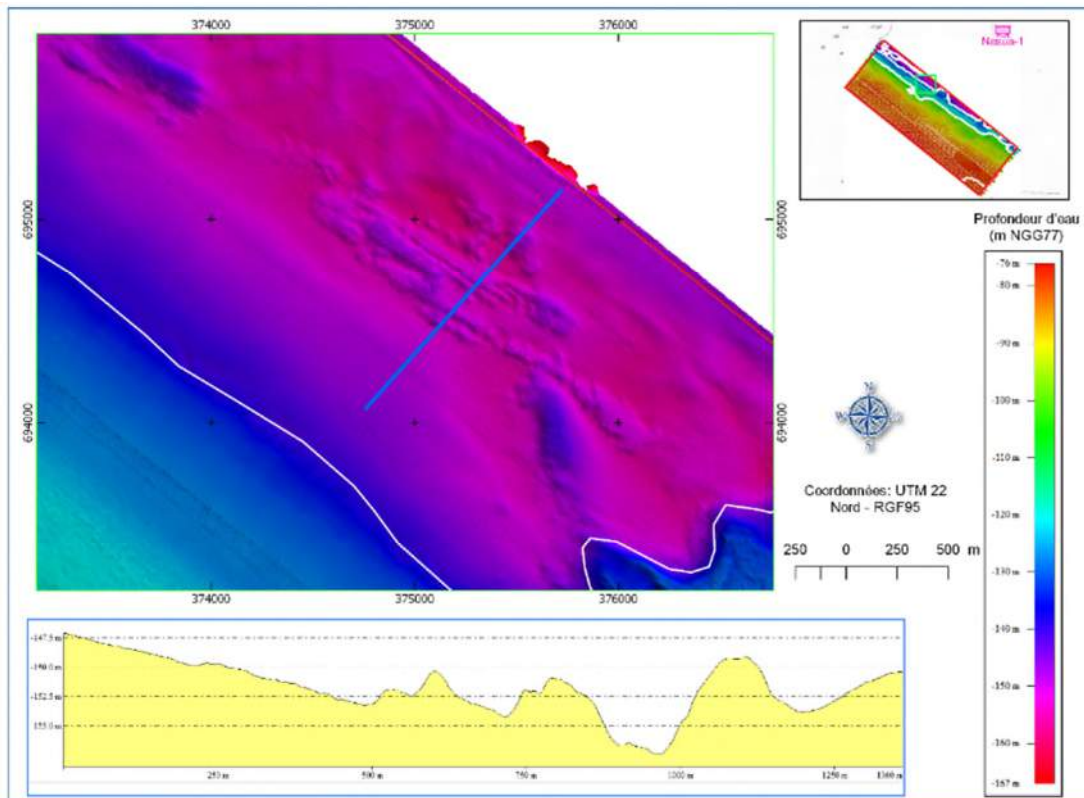


Figure 131. Extrait de l'unité morphologique 3



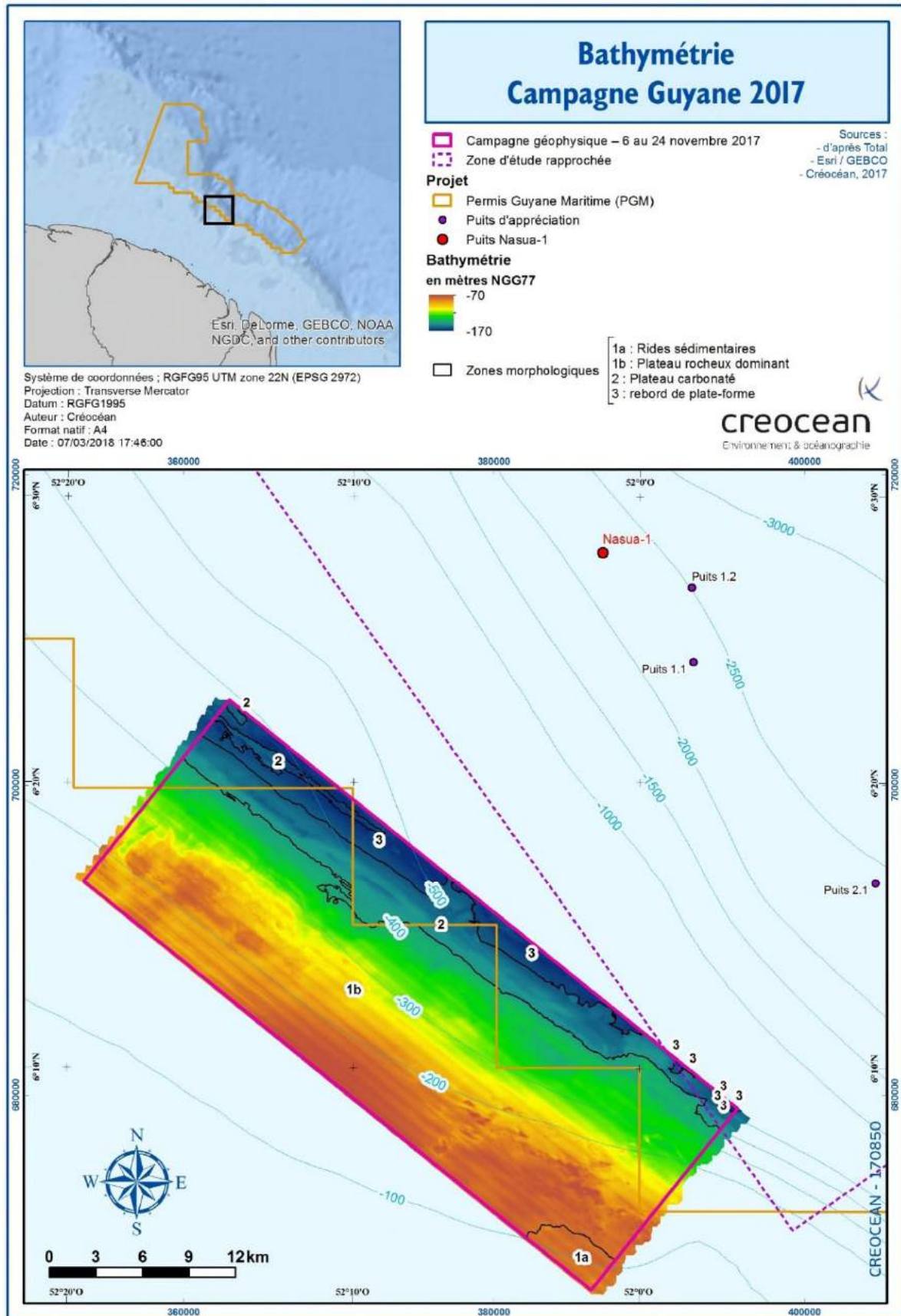


Figure 132. Carte bathymétrique et grandes unités morphologiques (Guyane, novembre 2017)

Un classement de type morpho-sédimentaire a été réalisé en se basant sur les données du sondeur bathymétrique (morphologie et rétrodiffusion du fond marin) et du sonar à balayage latéral. La figure ci-dessus permet de visualiser la zonation morpho-sédimentaire issue de cette interprétation sur la zone de levé de la campagne de Novembre 2017.

Lors de la dernière partie de la campagne océanographique, des données de types photographiques et vidéo ont été acquises pour l'évaluation des habitats et des populations benthiques. Ces données ont également été utilisées comme aide à l'interprétation des données d'imagerie afin de valider la cartographie de la nature des fonds marins. Les données acoustiques pénètrent la couche sédimentaire sur quelques centimètres et donnent ainsi une information « moyennée » de la nature des fonds, de l'ordre de quelques centimètres contrairement aux images vidéo/photo ne présentant que la partie superficielle du fond marin. Les vases et sable-vaseux, décrits d'après les observations vidéo, ne semblent être que très superficiels. Les faciès acoustiques traduisent plus un sédiment essentiellement sableux ou une fine pellicule sur roche tel que décrit d'après une étude antérieure (Créocéan, 2009) au cours de laquelle des prélèvements à la benne avaient été réalisés sur le plateau guyanais. Ces prélèvements indiquaient une nette dominance de sédiments sableux (plus de 85%) et localement la présence soit de graviers, soit de vase pour la fraction restante.

De manière générale, la morphologie de la zone semble être caractérisée par la présence d'un substrat rocheux affleurant à sub-affleurant relativement omniprésent. La couverture sédimentaire observée, sur les faciès acoustiques et sur les vidéos, n'est dans la majorité des cas qu'en faible recouvrement sur ce substrat dur. Deux lignes de sondeur de sédiments ont été effectuées depuis le SE vers le NW et ce sur les extrémités Est et Ouest du site d'étude (sans enregistrement des données) afin de valider cette hypothèse. Les données interprétées en temps réel attestent d'une couverture sédimentaire très faible voir absente sur la majorité des sections traversées. Cette absence ou très fine couche de sédiments est particulièrement observée sur l'unité morphologique 1b (zone de -75 à -120 m de profondeur d'eau). En revanche au sein des unités morphologiques 2 et 3 (zone plus profonde), les sédiments semblent pouvoir atteindre plus de 3 m d'épaisseur localement

L'interprétation des faciès morphologiques a été faite en respectant également les grandes unités morphologiques précédemment décrites. Des faciès d'apparence similaire peuvent être répertoriés séparément s'ils appartiennent à des unités morphologiques différentes. Une distinction a été apportée principalement entre les unités morphologiques 1b et 2. Ce choix a été fait au regard de l'objectif d'une cartographie des habitats benthiques. Les gammes de profondeur et les observations vidéo et dragage de la dernière phase de la campagne de 2017 montrent en effet des différences d'intérêt biologique selon les gammes de profondeur.

Le tableau ci-dessous présente les différents faciès morpho-sédimentaires et leurs principales caractéristiques.

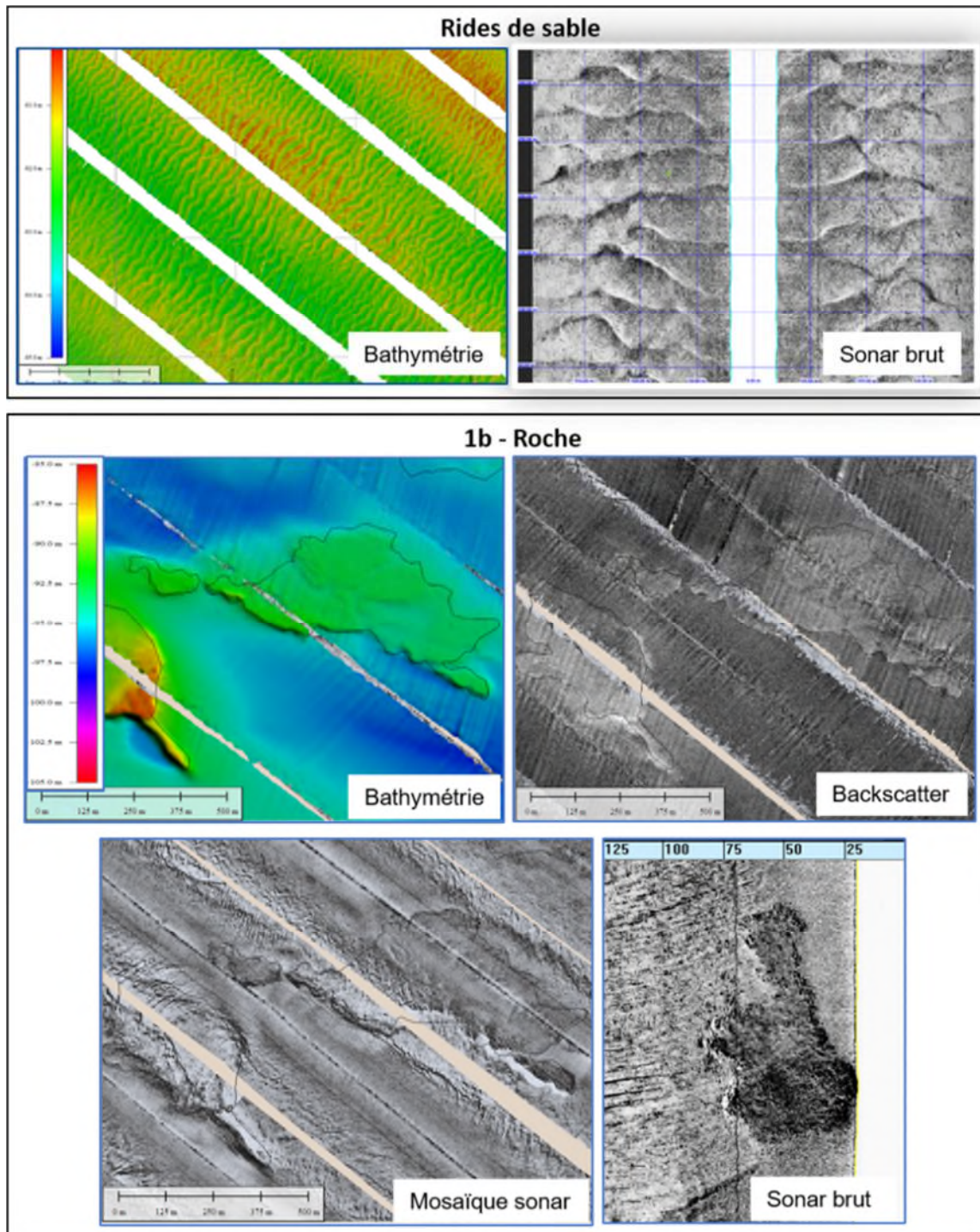
**Tableau 113. Description des faciès morpho-sédimentaires**

Unité morphologique	Nom du faciès	Description	Superficie totale (km <sup>2</sup> )
1a – Rides sédimentaires	Rides de sable	Sable sous influence des courants de fond	11,0
1b – Plateau rocheux dominant	Rides de sables	Sable sous influence des courants de fonds	0,2
	1b - Roche	Zones « isolées » de forte réflectivité et rugosité	11,5
	1b – Roche avec rugosité	Zone de forte rugosité, morphologie typique d'affleurements rocheux à forte rugosité	2,8
	1b – Roche + Sable vaseux coquiller	Faciès d'intensité variable de faible à forte et une morphologie typique d'affleurements rocheux, 'patch de forte réflectivité sur le sonar	18,5
	1b – Sable coquillé	Faciès d'intensité moyenne sans rugosité ni morphologie particulière	83,1
	1b – Sablo-vaseux	Faciès de faible intensité sans rugosité ni morphologie particulière	124,7
	1b – Sable coquillé sur roche	Faciès d'intensité moyenne avec une morphologie chaotique et quelques zones de fortes intensités	31,3
	1b – Sable vaseux coquillé sur roche	Faciès d'intensité faible avec une morphologie chaotique et quelques zones de fortes intensités	118,7
	1b – Sable vaseux à rides	Faciès d'intensité faible avec une morphologie parfois chaotique et quelques zones de fortes intensités, présence de rides sédimentaires sur les transects vidéo	89,6
2 – Plateau carbonaté	2 – Roche + Sable vaseux coquiller	Faciès d'intensité variable de faible à forte et une morphologie typique d'affleurements rocheux, 'patch de forte réflectivité sur le sonar	3,7
	2/3 – Plateau carbonaté + Sable vaseux coquillé	Faciès d'intensité moyenne avec rugosité, morphologie de plateau typique	19,1
2 – Plateau carbonaté Et 3 – Rebord de plate-forme	2/3 – Sable vaseux coquillé sur roche	Faciès d'intensité faible avec une morphologie chaotique et quelques zones de fortes intensités	21,7
	2/3 – Mont sous-marin	Basée sur une morphologie typique de haut fond et généralement un faciès acoustique de type 'roche' à forte rugosité	1,6
	2/3 – Plateau carbonaté lisse	Faciès d'intensité moyenne à forte sur une zone de type plateau sans rugosité	8,3
	2/3 – Plateau carbonaté avec rugosité	Faciès d'intensité faible à forte sur une zone de type plateau avec remplissage sédimentaire des zones en dépression – rugosité généralement forte	15,6
	2/3 – Sablo-vaseux	Faciès de faible intensité sans rugosité ni morphologie particulière	74,7
	2/3 - Roche	Zones de forte réflectivité et rugosité observées essentiellement en limite de zone de levé	2,3

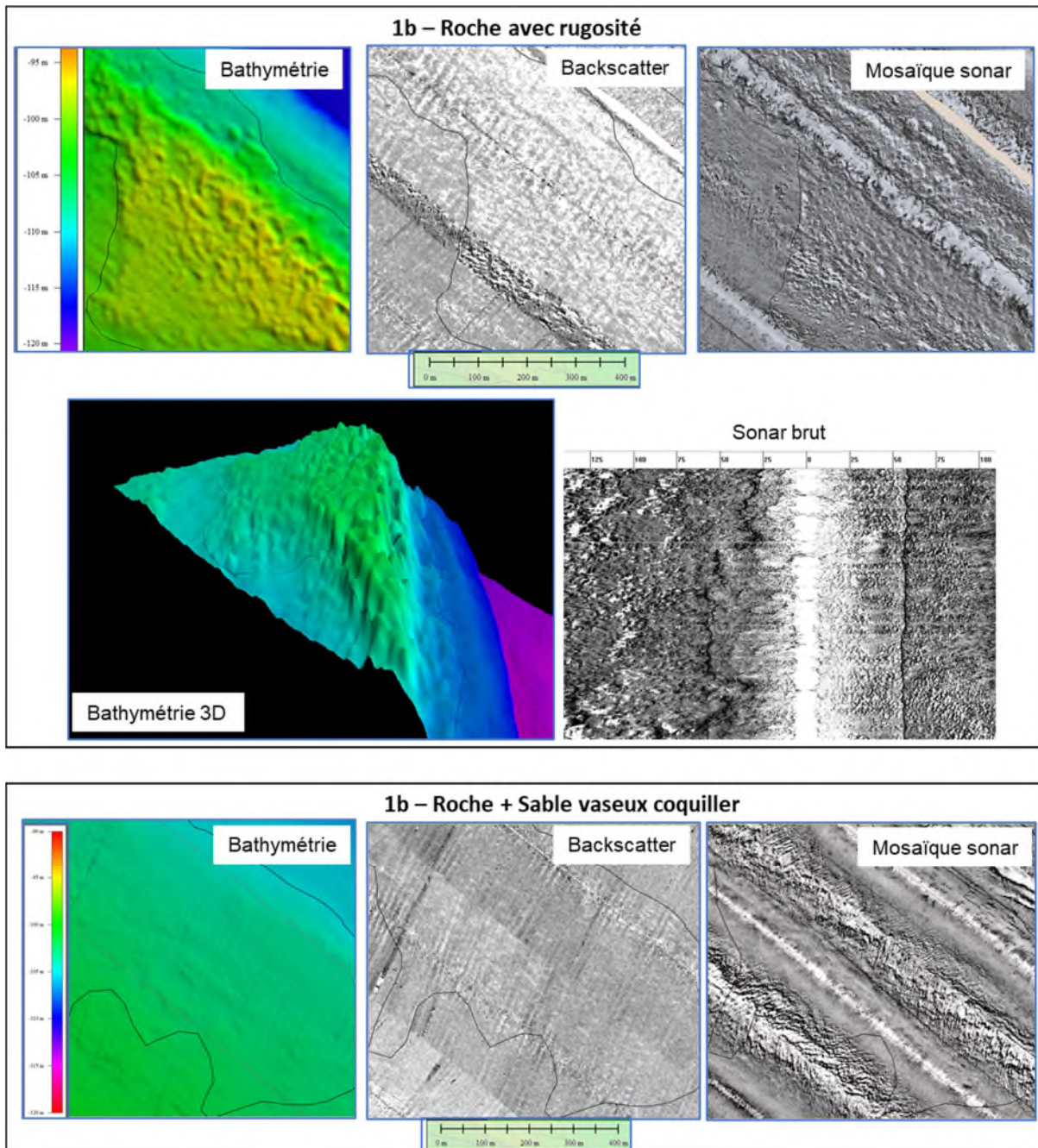


Les figures ci-dessous présentent certains extraits des données montrant les principaux faciès morpho-sédimentaires observés sur la zone d'étude.

De manière générale, on peut noter que les variations de nature sédimentaire sont essentiellement visibles sur les données de 'backscatter' ou de 'rétrodiffusion'. La présence d'affleurements rocheux plus ou moins denses est essentiellement mise en évidence par la morphologie du site (données bathymétriques) et pour les affleurements de très petites tailles par les données du sonar à balayage latéral. On pourra noter sur les données du sonar à balayage latéral, des zones de forte réflectivité (tâches noires) associés à des zones de roches affleurantes visibles sur les transects vidéos.



**Figure 133. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017)**



**Figure 134. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017)**



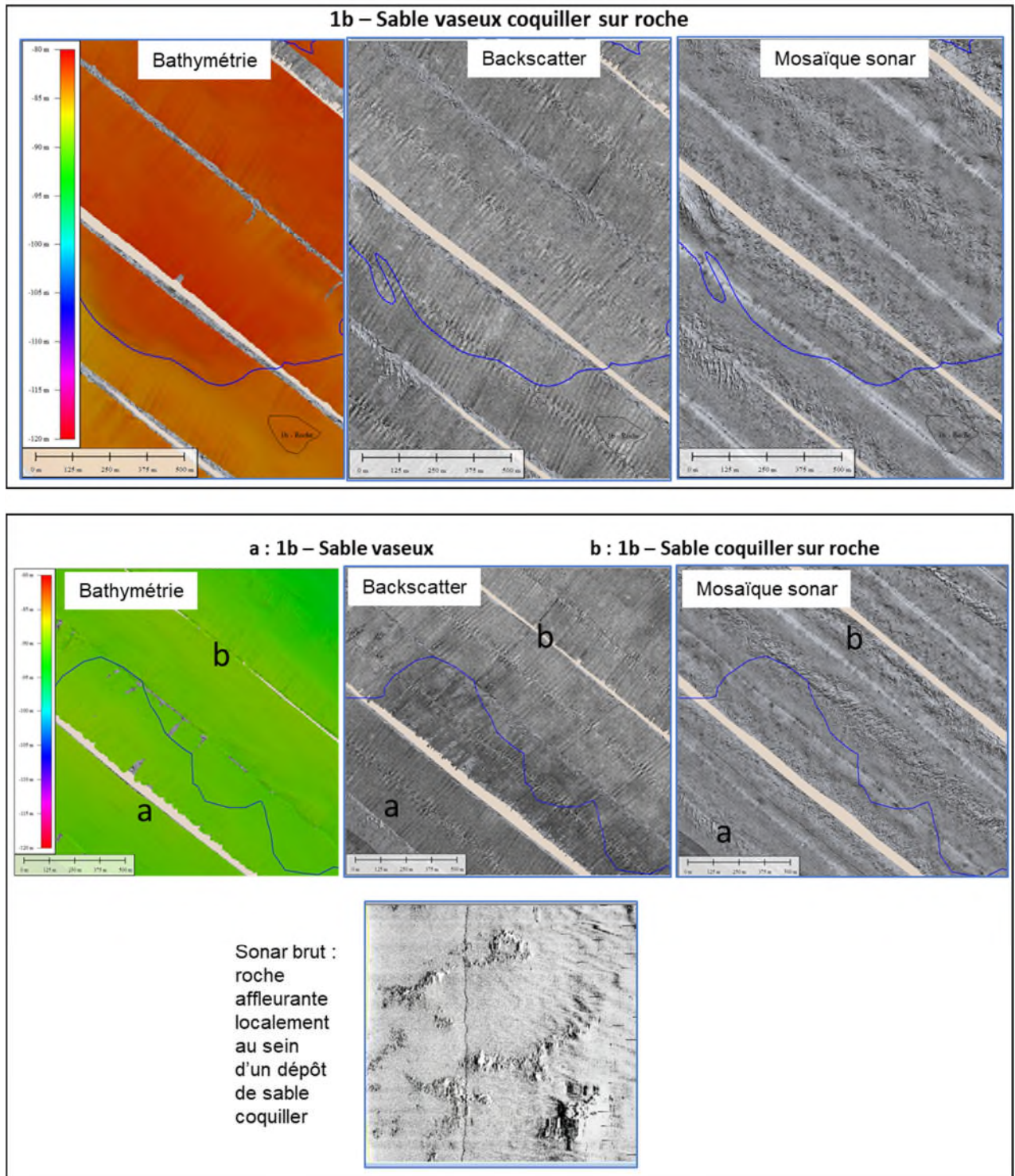


Figure 135. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017)

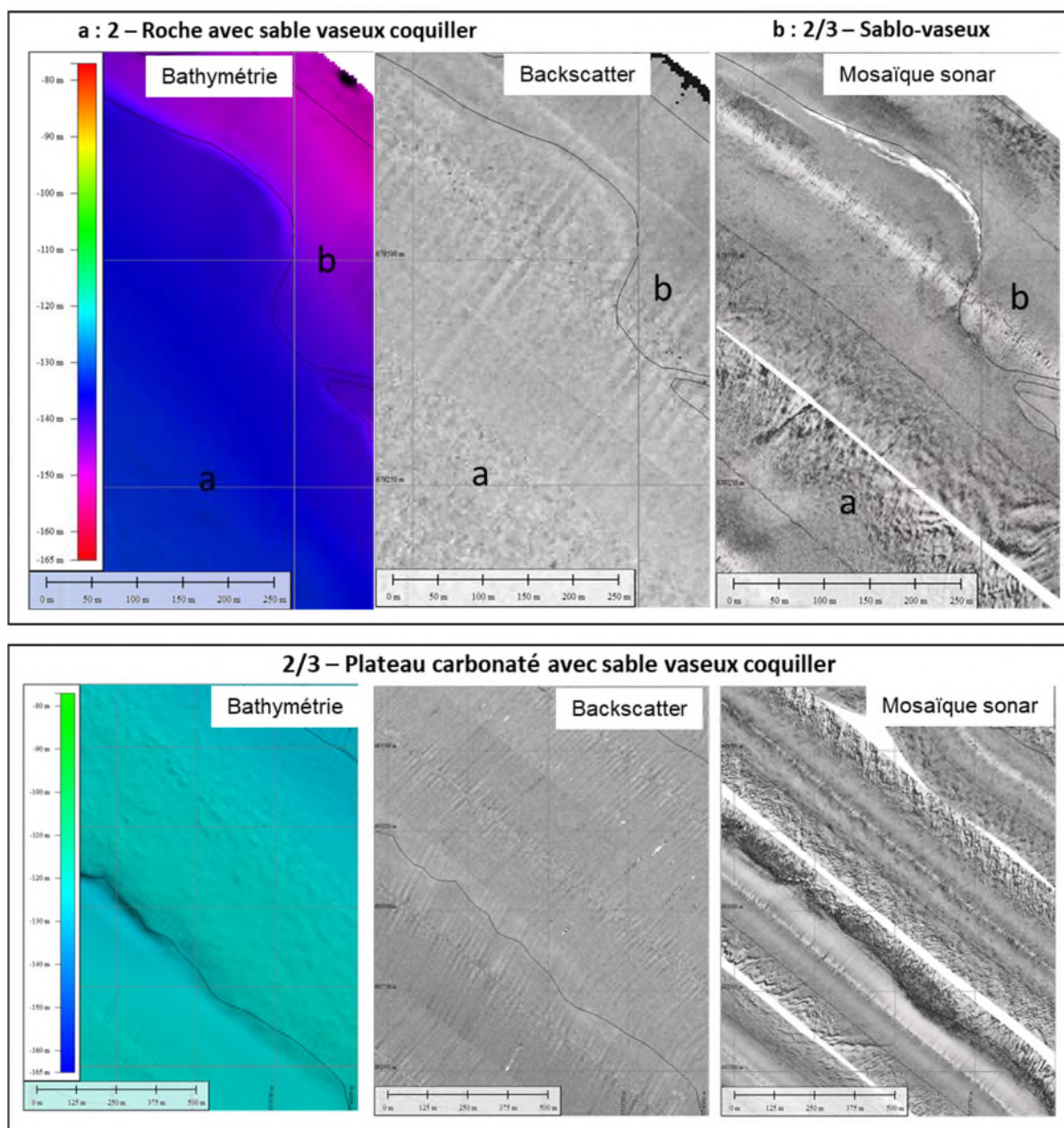


Figure 136. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017)



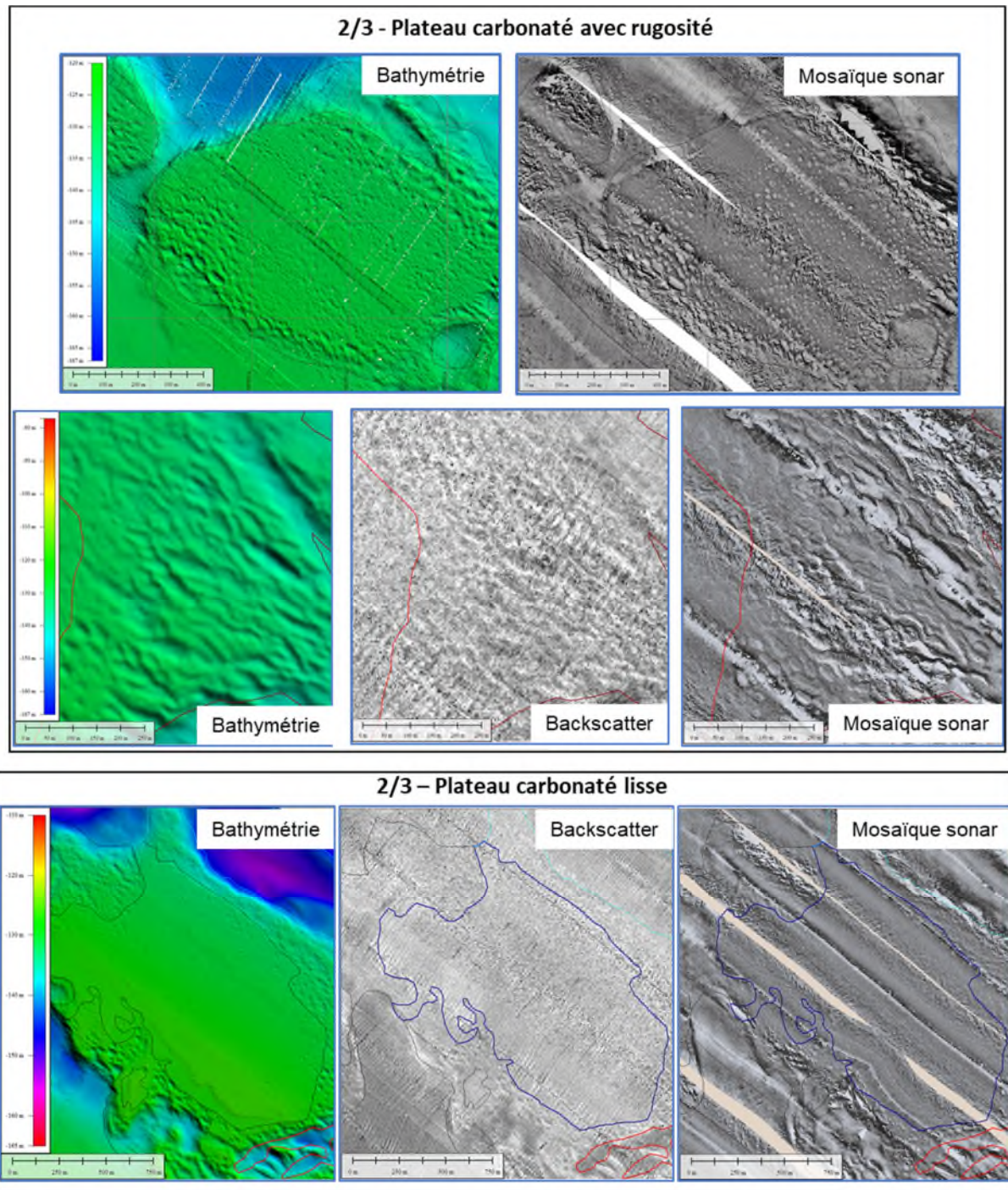


Figure 137. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017)



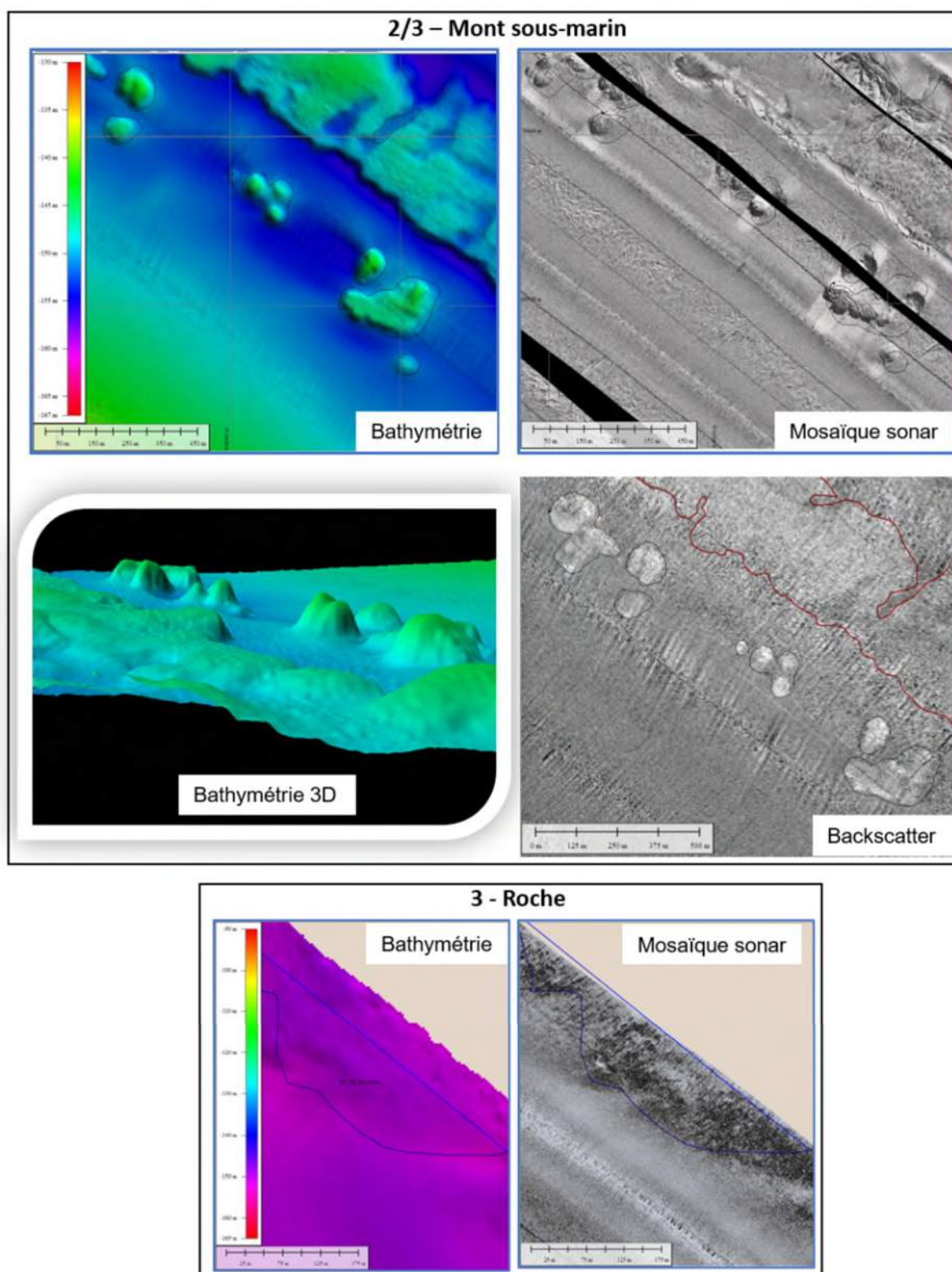


Figure 138. Extrait des faciès morpho-sédimentaires – (Guyane, 2017)

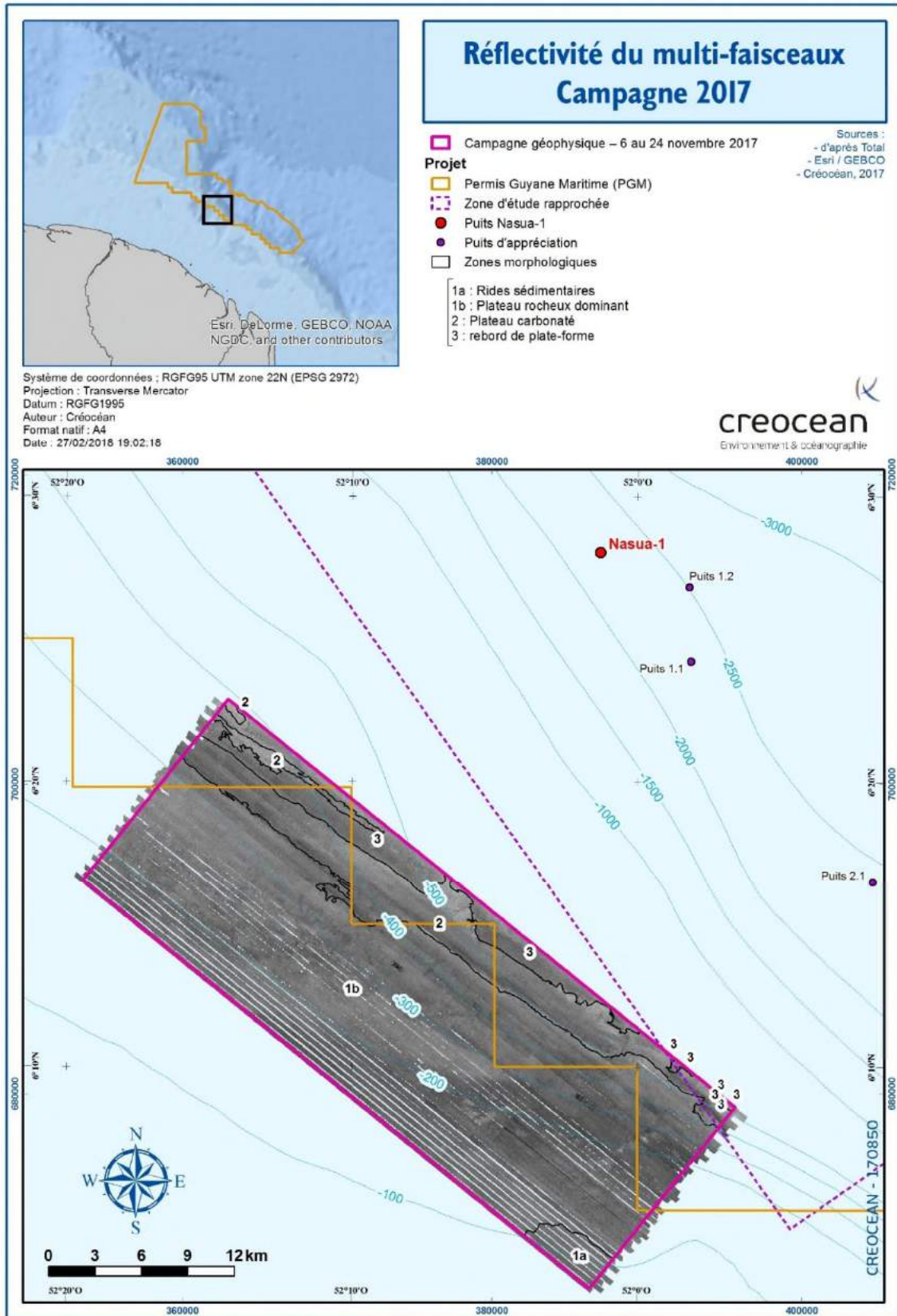


Figure 139. Carte d'intensité – résultat du backscatter (Guyane, 2017)

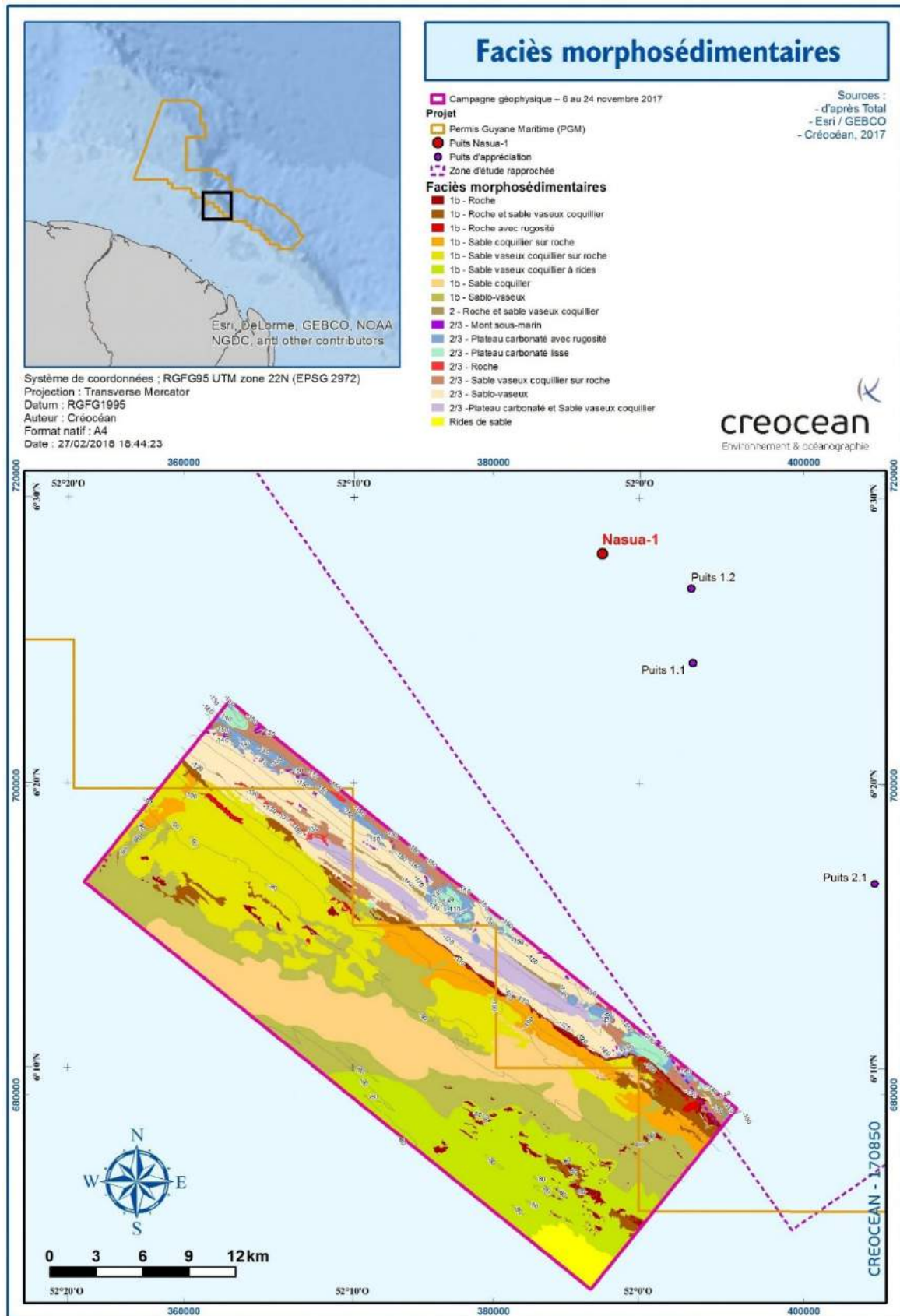


Figure 140. Faciès morpho-sédimentaires (Guyane, 2017)



#### 4.2.1.4. Richesse biologique des habitats mésophotiques

La campagne pour l'acquisition de données sur la richesse biologique des fonds a été menée en partenariat avec le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) dans la suite de son expédition de 2014 " La Planète Revisitée" et avec les mêmes équipes.

Le MNHN a mobilisé une équipe de 3 personnes qui a mis en œuvre des opérations de dragage et d'observations *in-situ* par vidéos des fonds lors d'une mission entre le 30 Novembre et le 4 Décembre 2017.

Un total de 49 opérations de dragages a été effectué pendant la mission au niveau de la zone adjacente à Nasua. Trois tranches bathymétriques ont été prospectées 75-95 m, 95-110 m et 110-130 m. Les premières impressions et constatations des équipes du MNHN sont reprises dans les paragraphes suivants.

Ces dragages ont été complétés par des observations vidéo aux mêmes emplacements dans la mesure du possible. Le plan d'échantillonnage (Figures suivantes) a été basé sur la carte préliminaire des unités géomorphologiques établies lors de la campagne de cartographie des fonds.

Sur les cartes et les résultats suivants les 49 traits de dragues sont numérotés DW5060 à DW51107 (système de numérotation du Museum), les 38 transects vidéos sont notés de T01 à T38, et les 6 vidéos ponctuelles (caméra « Drop down ») sont notées de DD01 à DD06.

Les échantillons récoltés lors des opérations de dragage sont en cours de traitements et d'analyses au Muséum National d'Histoire Naturelle. Ils ne seront pas disponibles avant 2019 au plus tôt.

Seuls les résultats des vidéos sont donc présentés ici, complétés par quelques notes préliminaires des experts du Muséum prises sur le bateau au moment du tri des espèces récoltées à la drague.

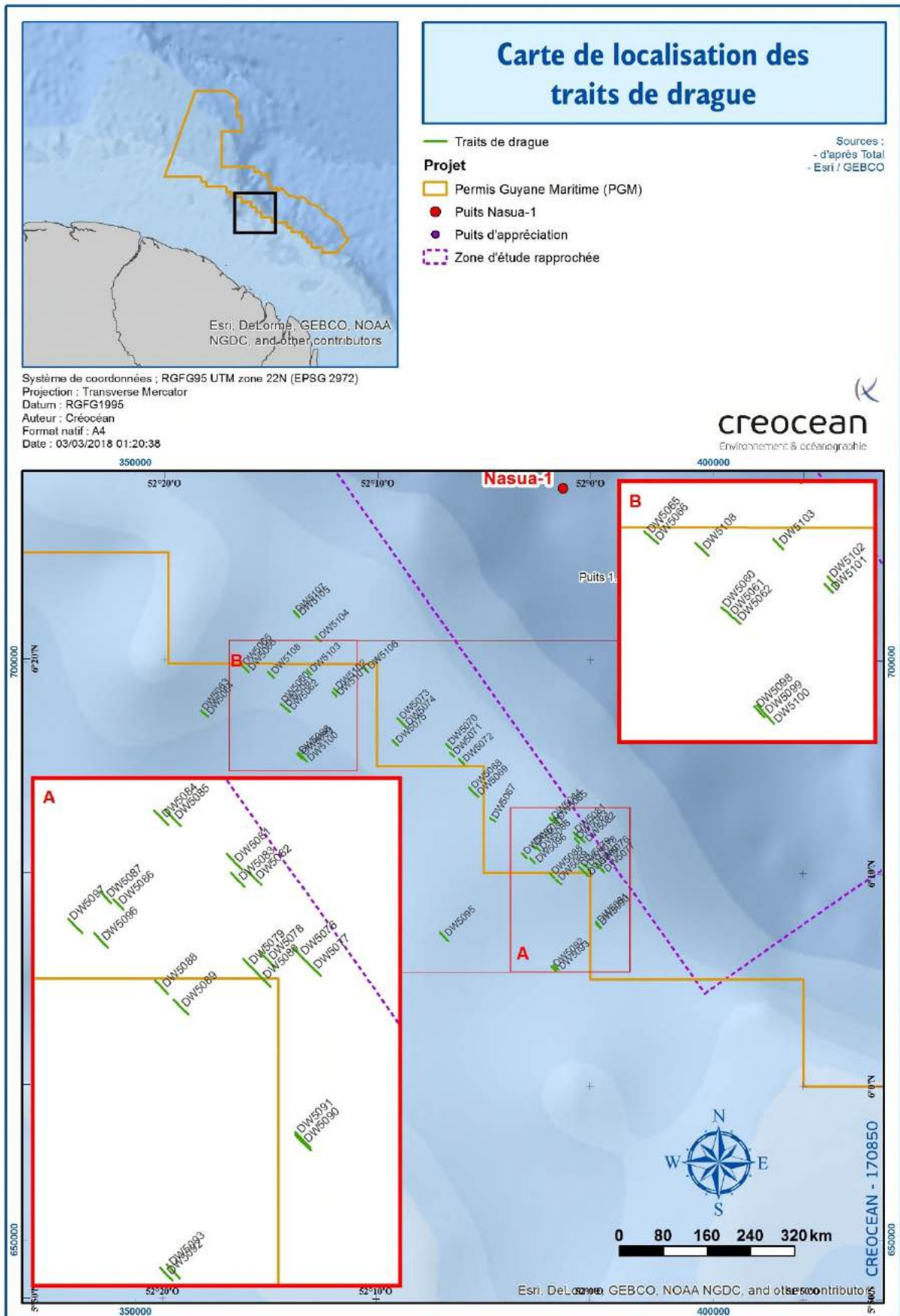


Figure 141. Carte de localisation des traits de drague



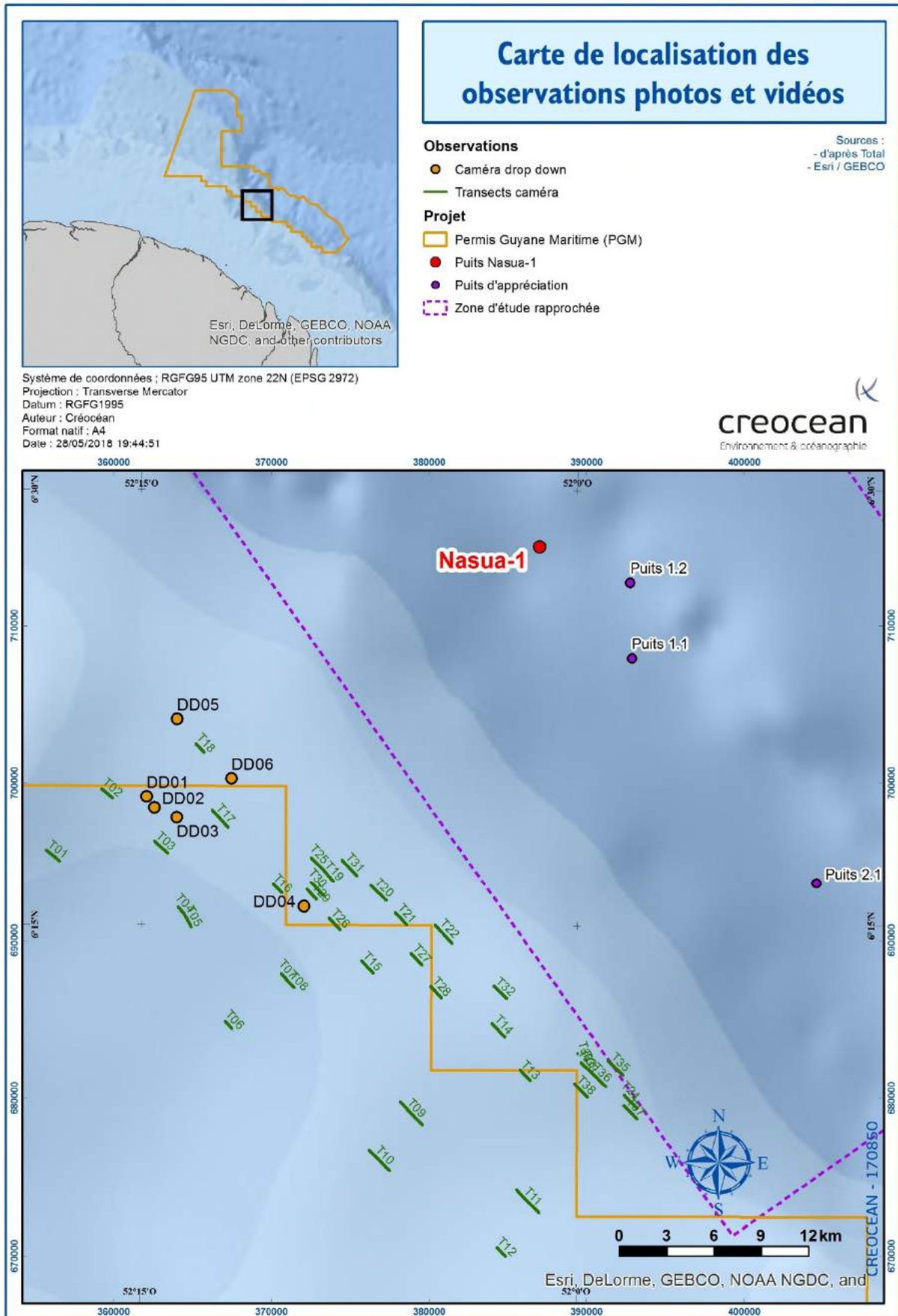
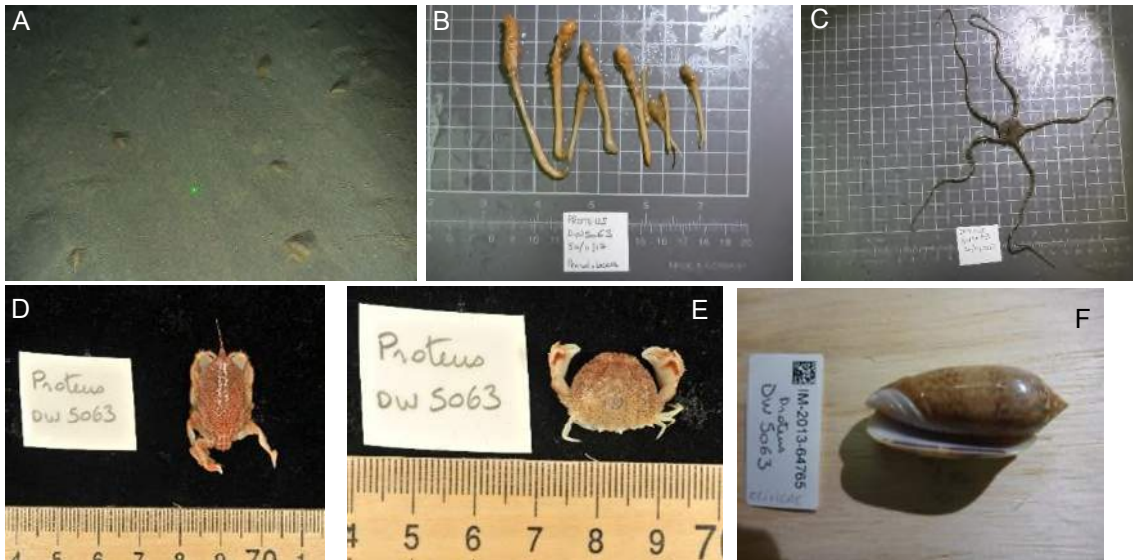


Figure 142. Carte de localisation des vidéos transects

#### 4.2.1.4.1. Tranche bathymétrique 75-95 m

##### ► Transect vidéo T01 et traits de drague DW5063 et DW5064 - profondeur 83-85m

Nature du substrat : fond meuble sablo-vaseux à pennatules et à ophiures

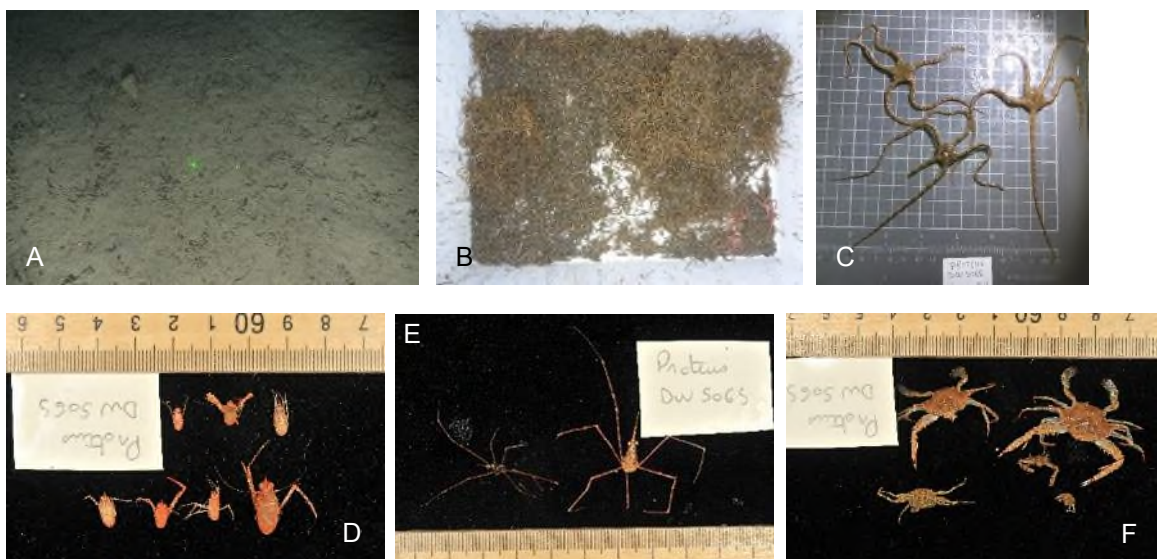


**Photos 39. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T01**

**Commentaires** : Fonds sablo-vaseux (A) caractérisés par une densité importante de Pennatules (Cnidaria, B) et des ophiures (*Ophiura cf fallax* Cherbonnier, 1959 ; C) espèce commune de la zone d'étude. Si le transect paraît peu diversifié sur la vidéo, les opérations de dragages DW5063 et DW5064 ont permis de récolter une grande diversité de petits organismes fouisseurs et semi-fouisseurs, non visibles sur la vidéo, tels que des crustacés décapodes (*Ranilia cf constricta* (A. Milne-Edwards, 1880) D et *Calappa cf sulcata* Rathbun, 1898 E) et des mollusques du genre *Oliva* (photo F).

##### ► Transect vidéo T02 et traits de drague DW5065 et DW5066 - profondeur 93-94m

Nature du substrat : fond meuble sablo-vaseux à bryozoaires et à ophiures



**Photos 40. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T02**

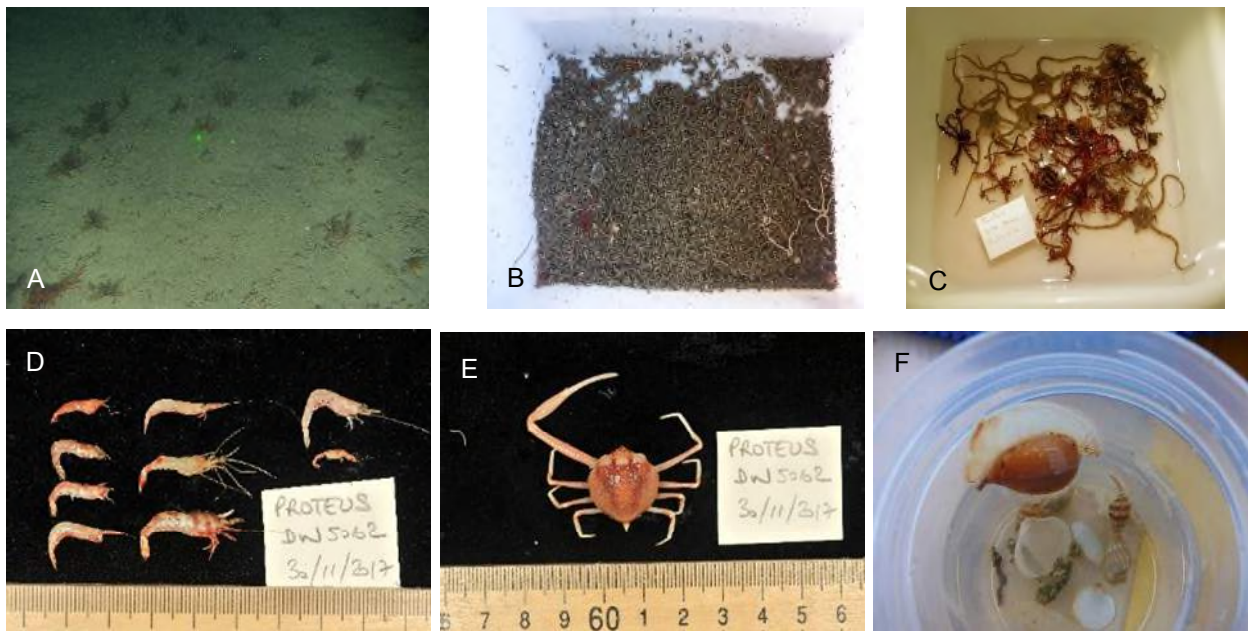
**Commentaires :** Fonds vaseux (A) caractérisés par une dominance de bryozoaires (A-B) et d'ophiures « communes » (*Ophiura cf fallax* Cherbonnier, 1959 ; C) avec des patches de bioconstructeurs non identifiés (10-15 cm de hauteur) mais probablement constitués d'un mélange de porifères et de cnidaires (type zoanthaires ou bambou). Dans ces patches de bioconstructeurs se trouvent des Actiniacea (Anémone cf. genre *Cerianthus*), des crinoïdes, des d'ascidies et d'annélides tubicoles (cf. tubes présents dans les échantillons des dragues DW5065 et 5066). Egalement observés à la vidéo, des crustacés divers tels que des galathées (Munididae, D), de crabes araignées (Famille Inachidae, espèce *Stenorhynchus seticornis* (Herbst, 1788) ; E). Dans les parties sableuses sont observés d'autres crustacés décapodes tels que le crabe de la famille des Portunidae (probablement *Achelous spinicarpus* Stimpson, 1871) espèce commune présente en abondance dans la zone d'étude (F). Quelques gastéropodes ont pu être observés, ainsi qu'un bivalve du genre *Pina* (A). Présence probable de bivalves endogés. Présence également de poissons plats, anguilliformes.

Des changements de substrats sont observés à la vidéo, avec le passage d'un fond sablo-vaseux à un fond sableux plus grossier à débris coquillers et petites roches jusqu'à gros cailloux. Ces gros cailloux semblent être recouverts d'une faune sessile (hydrides ?) et semi-vagile diversifiée, de petite taille (Amphipodes ?).

Dans l'ensemble transect T02 présente une importante diversité que ce soit à partir des observations vidéo et dans les échantillons de dragues.

► **Transect vidéo T03 et traits de drague DW5060, DW5061 et DW5062 – profondeur 90m**

Nature du substrat : fond meuble sablo-vaseux à bryozoaires, ophiure et crinoïdes



**Photos 41. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T03**

**Commentaires :** Fonds (A) caractérisés sur la vidéo par la présence de bryozoaires, d'ophiures et de crinoïdes (B et C) avec également des bio-constructeurs tubiformes difficiles à identifier à la vidéo mais qui correspondent probablement, si l'on se base sur les échantillons récoltés à la drague, à des annélides et à des organismes fouisseurs. Le transect vidéo est très homogène. Les crinoïdes semblent variées (diversité de couleurs et de substrats), sont présentes tout le long du transect et souvent accompagnées d'association avec des ophiures (nichant sous les cailloux). On distingue également à la vidéo quelques ascidies et/ou porifères, anémones, crustacés et beaucoup de coquilles de mollusques gastéropodes, qui pourraient également correspondre à des pagures.

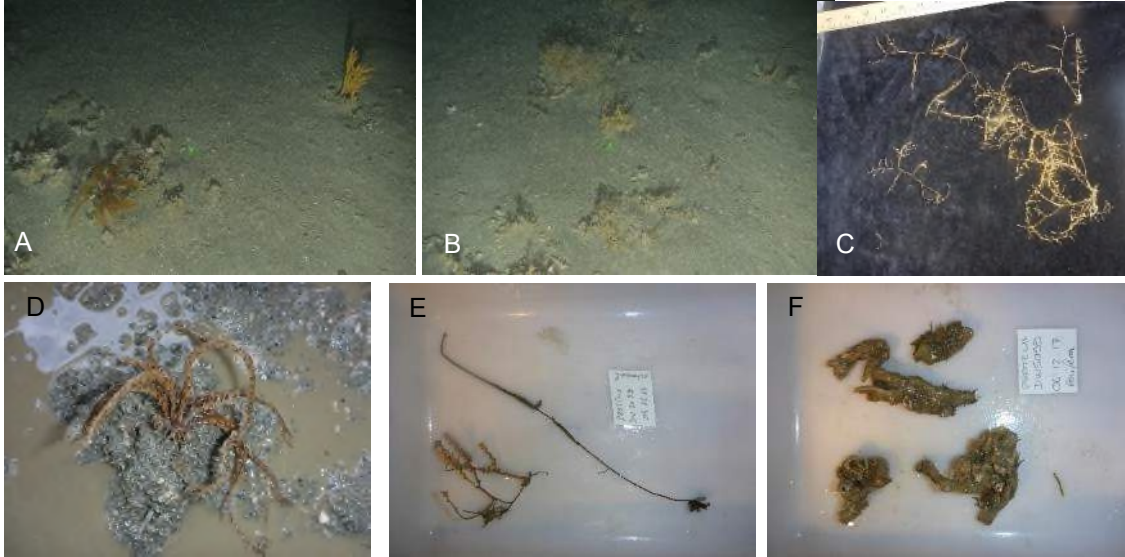
Dans l'ensemble, le transect T03 paraît peu diversifié au niveau de la macrofaune benthique. Il est caractérisé la présence des crinoïdes, organismes filtreurs. Les opérations de dragages ont permis de récolter de diverses espèces de crevettes (Familles Sicyoniidae, Stenopodidae, Penaeidae, Alpheidae,



D), crabes (Famille Leucosiidae, *Ilicantha subglobosa* Stimpson, 1871; E) et mollusques gastéropodes vivants (F).

► **Transect vidéo T04 et traits de drague DW5098 et DW5099 - profondeur 81-82m**

Nature du substrat : fond meuble vaseux avec des patches ponctuels de bryozoaires et crinoïdes

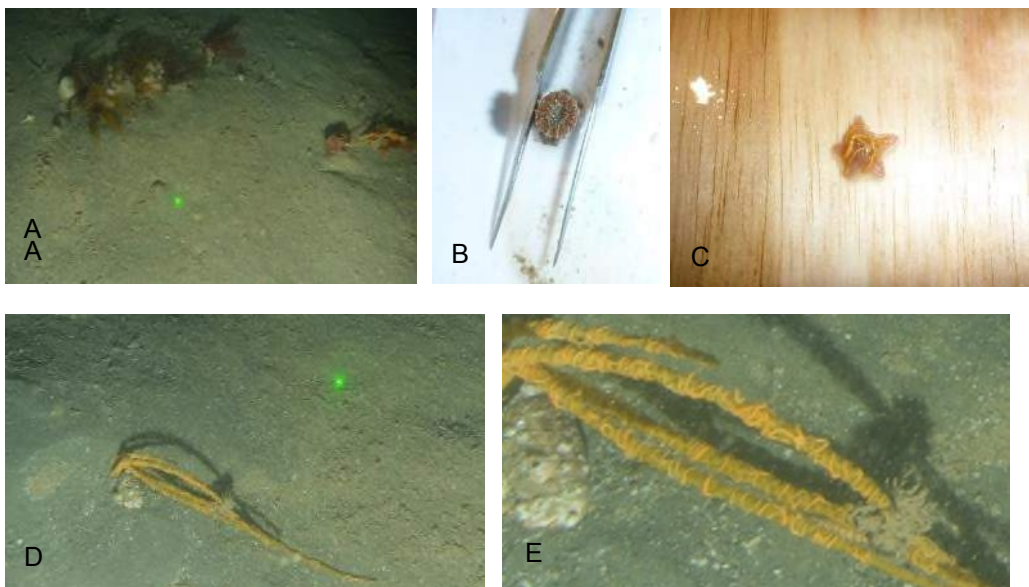


**Photos 42. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T04**

**Commentaires :** Fonds vaseux avec quelques roches sur lesquelles sont présentes les crinoïdes (A et D), bryozoaires (B), cnidaires (photo A) et, d'après les collectes de dragages, probablement des hydrozoaires (C), octocoralliaires et antipathaires (coraux noirs, E). Dans l'ensemble T04 est un transect vidéo où la macrofaune est très peu abondante. Malgré la visibilité très faible, la présence d'organismes filtreurs indiquent la présence d'un courant modéré.

► **Transect vidéo T05 et traits de drague DW5100 - profondeur 81m**

Nature du substrat : fond meuble sablo-vaseux avec patches ponctuels de crinoïdes



**Photos 43. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T05**

**Commentaires** : Fonds vaseux sur quasiment tout le transect avec des passages un peu plus sableux, détritiques ou présentant des petites roches (A). Des zones à crinoïdes (A) avec une forte densité en début et milieu de transect font place à des zones à ophiures et crustacés en fin de transect. On observe des petites ophiures de couleur orange associées à des octocoralliaires (D et E). Grâce aux collectes effectuées, il semble que ces ophiures ne soient pas spécifiquement associées avec des gorgones mais ont besoin d'une association avec un autre organisme (C). Les collectes DW5100 indiquent la présence de coraux solitaires (Scléactiniaires, B) qui ne sont pas visibles sur la vidéo du transect T05.

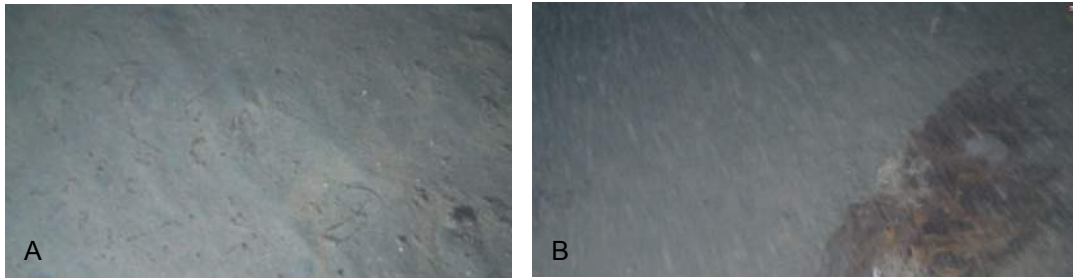
▶ **Transect vidéo T06 : pas de dragage associé - profondeur 79-80m**

Nature du substrat : fond meuble vaseux avec quelques pennatules et anémones

**Commentaires** : Pas de photos du fond exploitable. En début de transect la caméra reste loin du fond et il y a beaucoup de turbidité. Substrat vaseux avec quelques pennatules et anémones mais a priori très peu de macrofaune.

▶ **Transect vidéo T07 : pas de dragage associé - profondeur 85-87m**

Nature du substrat : fond meuble vaseux à ophiures enfouies et à pennatules



**Photos 44. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T07**

**Commentaires** : Fonds vaseux avec une forte densité d'ophiures enfouies dans la vase (A) et quelques pennatules. On note la présence de patches d'associations biologiques (probablement liées à la présence de substrats rocheux isolés) : coraux, bryozoaires, crinoïdes, porifères et/ou ascidies (ces deux derniers taxons étant difficiles à distinguer à partir des vidéos). Beaucoup de turbidité. Courant présent et fort.

▶ **Transect vidéo T08 : pas de dragage associé - profondeur 84-85m**

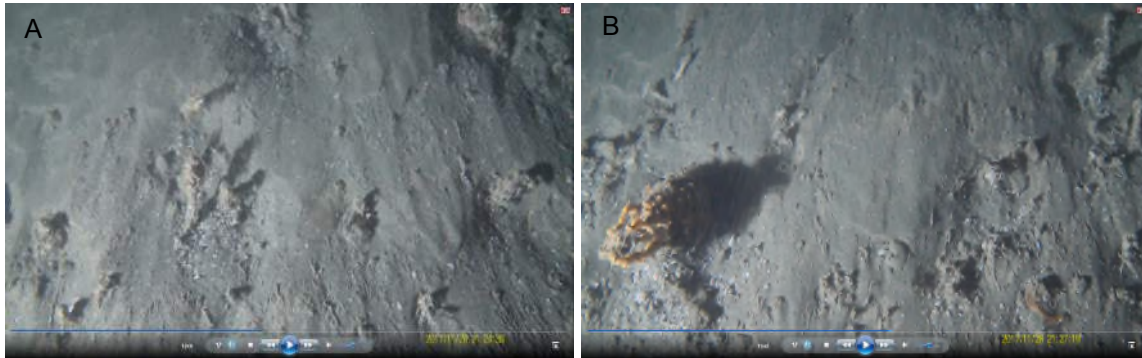
Nature du substrat : fond meuble vaseux avec faible densité d'ophiures et de pennatules

**Commentaires** : effectué dans le prolongement de T07. Fonds vaseux avec de faibles densités d'ophiures et de pennatules. Présence ponctuelle d'agglomérations biologiques coraux, bryozoaires, crinoïdes, porifères et/ou ascidies. Quelques poissons, astéries et tubes d'annélides sont observés. Observation d'une très forte turbidité. Courant bien présent.



► **Transect vidéo T09 : pas de dragage associé - profondeur 79-83m**

Nature du substrat : fond meuble, vaseux à annélides tubicoles



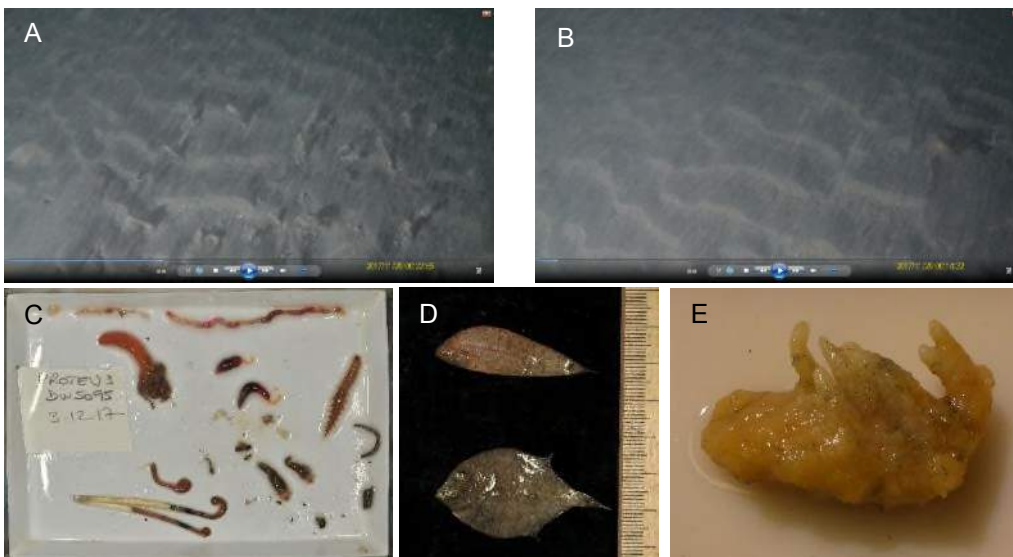
**Photos 45. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T09**

**Commentaires :** Fonds vaseux à bio-constructions tubiformes (A) qui pourraient correspondre à des annélides tubicoles ou à des anémones pédonculées. Les opérations de dragages effectuées à proximité du transect T09, sur le transect T10, suggèrent que ces tubes correspondent majoritairement à des annélides.

Le début du transect T09 est caractérisé par la présence de quelques pennatules, puis par la présence d'ophiures enfouies (cf. T07, A). Apparition ensuite de quelques patches de bio-constructeurs de grande taille qui pourraient correspondre à des porifères. Les petites ophiures de couleur orange (cf. T05) sont retrouvées sur des cnidaires octocoralliaires (B). Au niveau de la faune vagile et semi-vagile : quelques poissons, astéries, gastéropodes et crustacés sont observés. Dans l'ensemble ce transect apparaît quand même moins diversifié que les transects T01-T05. Les nombreuses rides sédimentaires indiquent de forts courants.

► **Transect vidéo T10 et traits de drague DW5095 - profondeur 77-80m**

Nature du substrat : Fond meuble sablo-vaseux à bio-constructions tubiformes et à pennatules

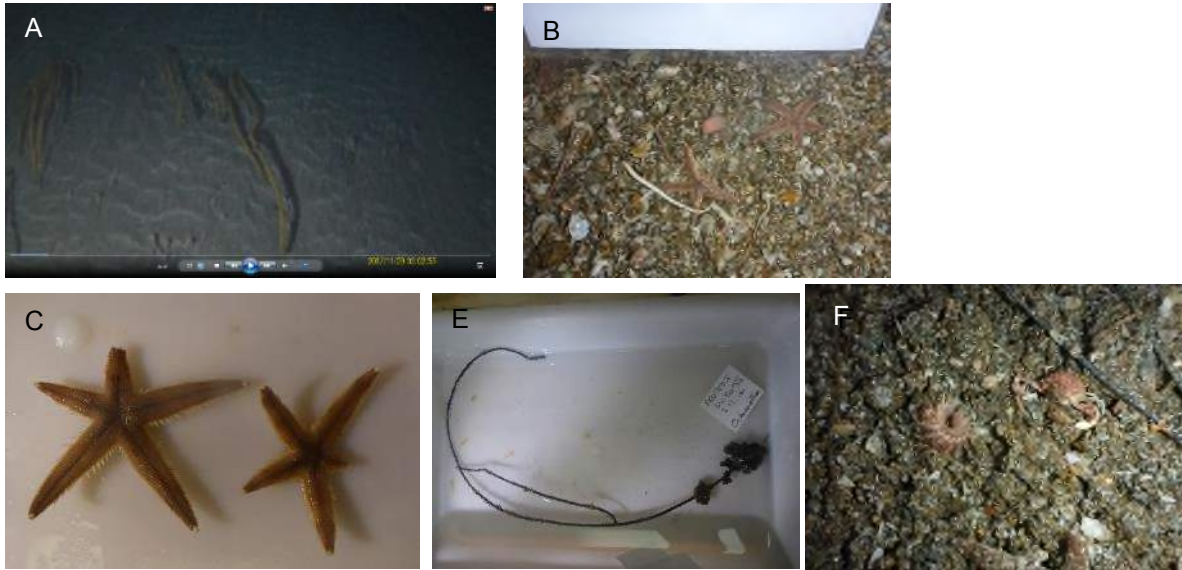


**Photos 46. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T10**

**Commentaires :** Fonds sablo-vaseux à bio-constructions tubicoles (A) et à pennatules (B). Quelques patches de l'ophiure « commune » sont observés à la vidéo. Ponctuellement sont également observés ; poissons anguilliformes et poissons plats (D), porifera (E) et anémones. Forte turbidité indiquant la présence d'un courant important (probablement beaucoup d'organismes enfouis). La collecte DW5095 est caractérisée par une grande diversité d'annélides dont le genre *Pelogenia* sp. (C).

► **Transect vidéo T11 et traits de drague (DW5092 et DW5093 - profondeur 75-77m)**

Nature du substrat : fond meuble sablo-vaseux à gorgones



**Photos 47. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T11**

**Commentaires :** Fonds sablo-vaseux à octocoralliaires de couleur jaune (A, organismes non récoltés à la drague). Beaucoup d'organismes enfouis sont distingués sur la vidéo. De nombreuses éponges de grande taille (non récoltées) sont observées. On observe la présence récurrente de patches de faune fixée, semblant attiré une communauté associée (ex : poissons, crustacés...). Les forts courants limitent les observations sur la vidéo. Dans les échantillons récoltés, le sédiment apparaît légèrement plus grossier (B) que dans les zones nord-ouest et centre-ouest de la tranche bathymétrique 75-95 m. Les organismes récoltés (DW5092 et DW5093) sont différents de ceux observés à la vidéo, avec notamment la présence d'astéries (C, qui s'enfouissent généralement sous une légère couche de sédiment) ; des antipathaires (E) et des annélides Polynoidae (F). La diversité en crustacés collectée sur ces stations est importante avec la présence de crabes des familles des Parthenopidae, Albuneidae, Leucosiidae et Portunidae.

► **Transect vidéo T12 : pas de dragage associé - profondeur 79-80 m**

Nature du substrat : fond meuble de sable fin à bio-constructions tubiformes non identifiées



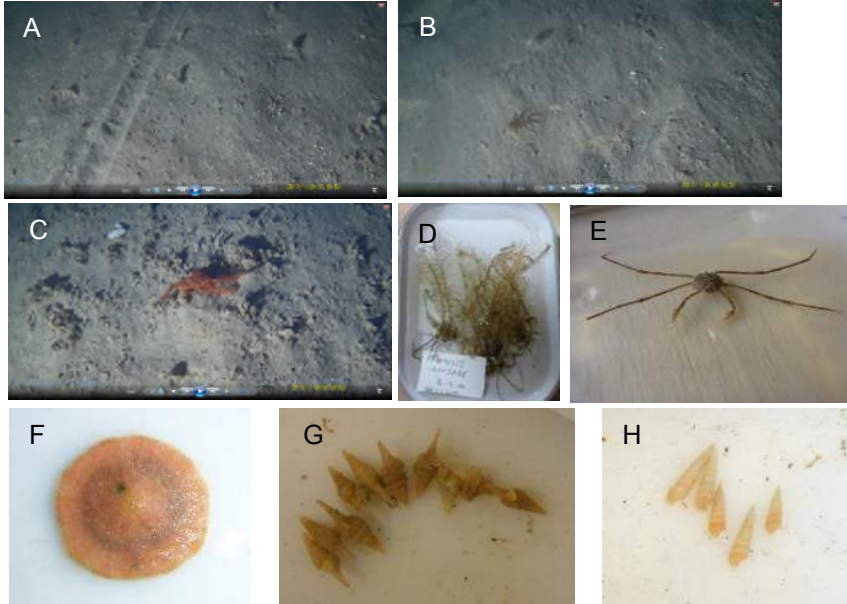
**Photos 48. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T12**

**Commentaires :** Fonds à sable fin et à bio-construction tubiformes non identifiées, mais probablement construites par des annélides, étant donné la petite taille des tubes. Le début du transect est caractérisé par la présence de nombreux poissons plats et par quelques rares pennatules, anémones et ophiures. Au niveau de la faune vagile et semi-vagile : quelques poissons anguilliformes et des crabes de la famille des Calappidae (*Calappa cf ocellata* Holthuis, 1958) sont observés. Dans l'ensemble, l'un des transect vidéo les moins diversifiés. Les importantes rides sédimentaires indiquent un très fort courant.

#### 4.2.1.4.2. Tranche bathymétrique 95-110 m

##### ► Transect vidéo T13 et traits de drague (DW5088 et DW5089 - profondeur 92-96m)

Nature du substrat : fond meuble vaseux à bio-constructions tubiformes et à bryozoaires avec quelques anémones.

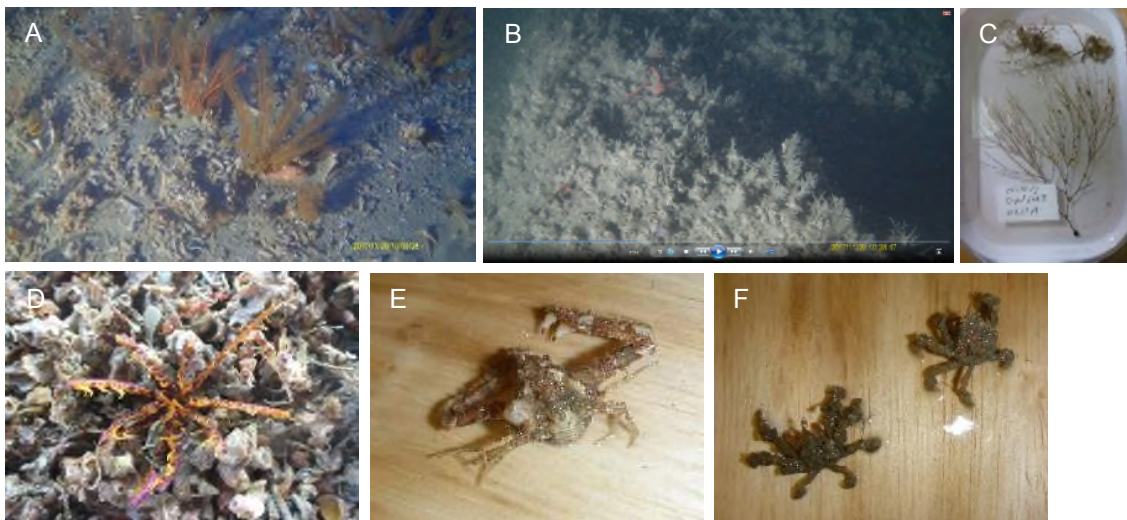


**Photos 49. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T13**

**Commentaires :** Fonds vaseux à bio-constructions tubiformes (A), à bryozoaires (spécimens collectés, D) avec quelques anémones (B). Quelques crinoïdes (C) et pennatules sont observés en milieu de transect. La densité de la faune est faible. Les opérations de dragages ont permis de récolter des organismes différents en comparaison avec les collectes de la zone moins profonde, tels que des oursins plats (*Clypeaster cf euclastus* H.L. Clark, 1941 ; F), des crabes de la famille des Inachoididae (*Anasimus latus* Rathbun, 1894 ; E) et des gastéropodes Terrebridae (H). Les gastéropodes Turridae ont été récoltés en grande abondance (G).

##### ► Transect vidéo T14 et traits de drague DW5086 et DW5087 - profondeur 103-107m

Nature du substrat : fond meuble de sable coquiller à crabes. Concrétions calcaires associées à une épifaune abondante et diversifiée



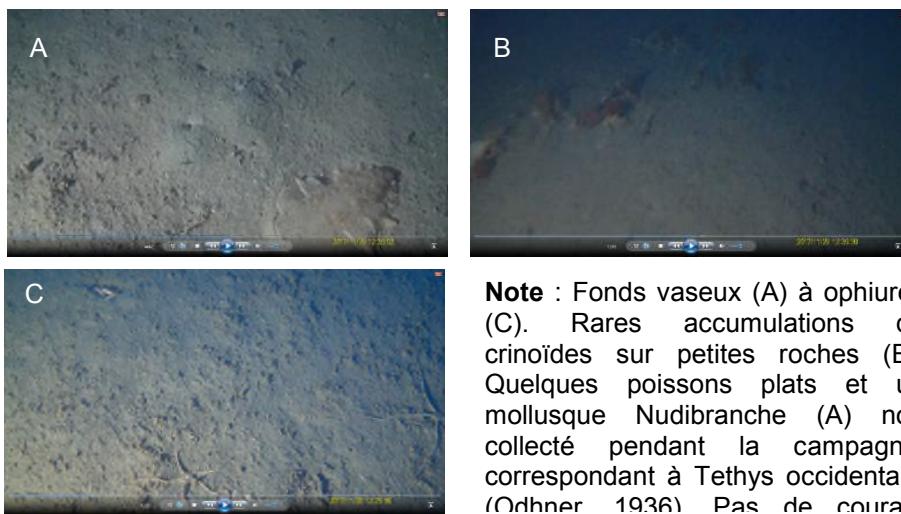
**Photos 50. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T14**



**Commentaires** : Fonds à sable fins avec débris coquillers (A) puis transition vers une zone présentant des concrétions calcaires (photo B). La fin du transect revient sur un fond coquiller. Au niveau de la faune, le transect T14 est également hétérogène. Le milieu du transect, qui présente les concrétions calcaires, est caractérisé par la présence de « massifs à crinoïdes » sur lesquels est observée une faune qui semblerait plus diversifiée et abondante. De nombreux crabes de la famille des Portunidae sont observés sur la première partie du transect plus sableux ainsi que des crabes des familles de Parthenopidae *Spinolambrus cf pourtalesii* (Stimpson, 1871) ; F) et une certaine diversité de poissons sont observés. La fin du transect est caractérisée par des champs de crinoïdes sur fonds meubles. Le courant, fort en début de transect semble disparaître quasi-totalement à la fin du transect. Parmi les transects observés à la vidéo, ce transect fait partie des transects présentant une forte densité et diversité.

► **Transect vidéo T15 : pas de dragage associé - profondeur 94-98m**

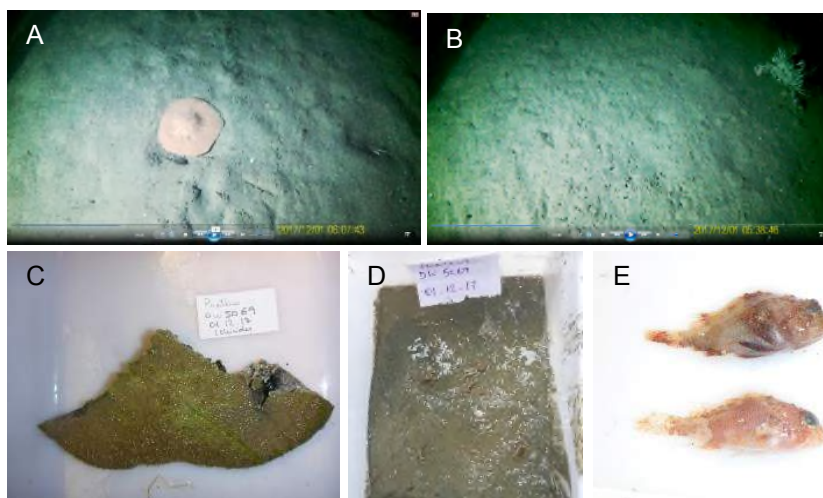
Nature du substrat : fond meuble vaseux à ophiures



**Photos 51. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T15**

► **Transect T27 et traits de drague DW5068, DW5069 et DW5080 - profondeur 100-116m**

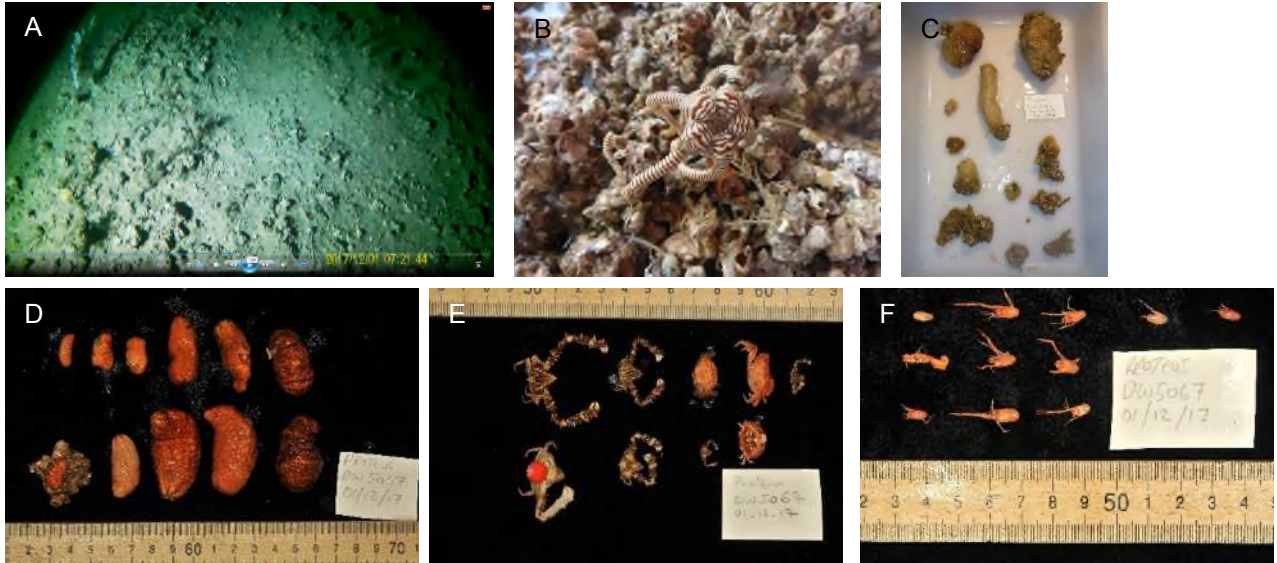
Nature du substrat : vase à oursins plats et à oursins plats et à gorgonocéphales (associées aux gorgones)



**Commentaires** : Fond vaseux à oursins plats (*Clypeaster cf euclastus* H.L. Clark, 1941) ; A, D), crabes de la famille des Portunidae, espèce commune *Achelous spinicarpus* Stimpson, 1871 (D) et à gorgonocéphales associées aux octocoralliaires (B). Quelques poissons plats (non représentés) et poissons de roches ont été récoltés (E). Des murènes qui nichent dans des terriers sont observées à la vidéo. A noter que la vidéo est de mauvaise qualité (image verte). Pas de courant.

► **Transect Vidéo T28 et traits de drague DW5067 - profondeur 101-103m**

Nature du substrat : vase à débris coquillers et cailloux. Fonds à gorgones et ophiures associées



**Photos 53. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T28**

**Commentaires** : Fond de vase à débris coquillers et cailloux (A). Dominance d'octocoralliaires avec des ophiures ou gorgonocéphales associées (B). Présence de substrats rocheux recouverts de bryozoaires, d'hydrozoaires et caractérisés par une grande diversité d'éponges (photo C). Possible présence de *Stylaster*. Les poissons plats sont abondants. Vidéo de mauvaise qualité (image verte). Les opérations de dragages mettent en évidence une grande quantité d'holothuries (D) de crabes (Parthenopidae, Xanthidae, Aethridae ; E) et de galathées (Munididae, photo F).

► **Transect vidéo T26 et traits de drague DW5079 - profondeur 101-104m**

Nature du substrat : sablo-vaseux et quelques roches. Faible densité de la faune benthique



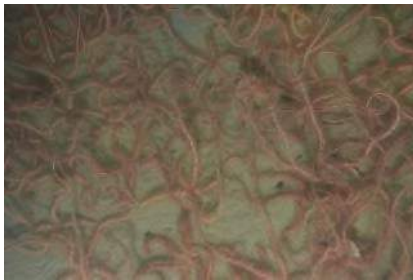
**Photos 54. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T26**

**Commentaires** : Fonds vaseux puis sableux avec quelques roches (A). Faible densité de la faune benthique. Les crinoïdes restent les espèces les plus abondantes (A). Au niveau poissons, présence de carangues, raies torpilles (A) et poissons de roches. Très peu de courant. Un fond de baille provenant de l'opération de dragage DW5079 (B) indiquent la présence d'ophiures ; quelques Portunidae et un gastéropode (C).



► Vidéo ponctuelle DD06 : pas de dragage associé - profondeur 147-142m

Nature du substrat : vase à ophiures



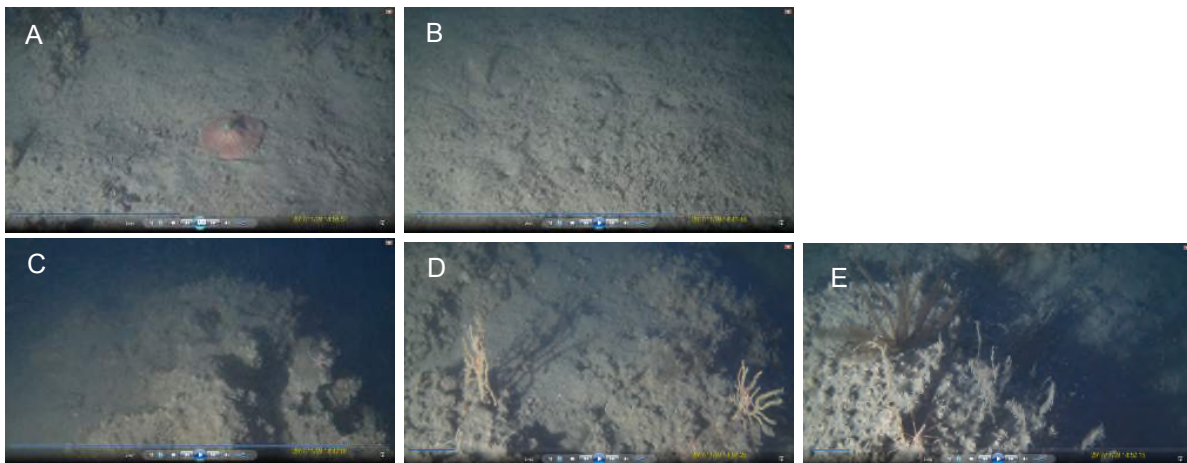
**Commentaires :** Fonds caractérisés à la vidéo par une très forte abondance d'ophiures sur un substrat vaseux (A). Seulement 4 autres organismes ont été observés au court du transect : poisson plat, poisson de roche, gorgonocéphale et un tube d'organisme non identifié.

**Photos 55. Observations du fond marin et animaux marins associés sur DD06**

4.2.1.4.3. Tranche bathymétrique 110-130 m

► Transect vidéo T16 : pas de dragage associé - profondeur 109m

Nature du substrat : fond meuble vaseux à sablo-vaseux avec quelques oursins plats (*Clypeaster sp.*) et pennatules puis agglomérations rocheuses



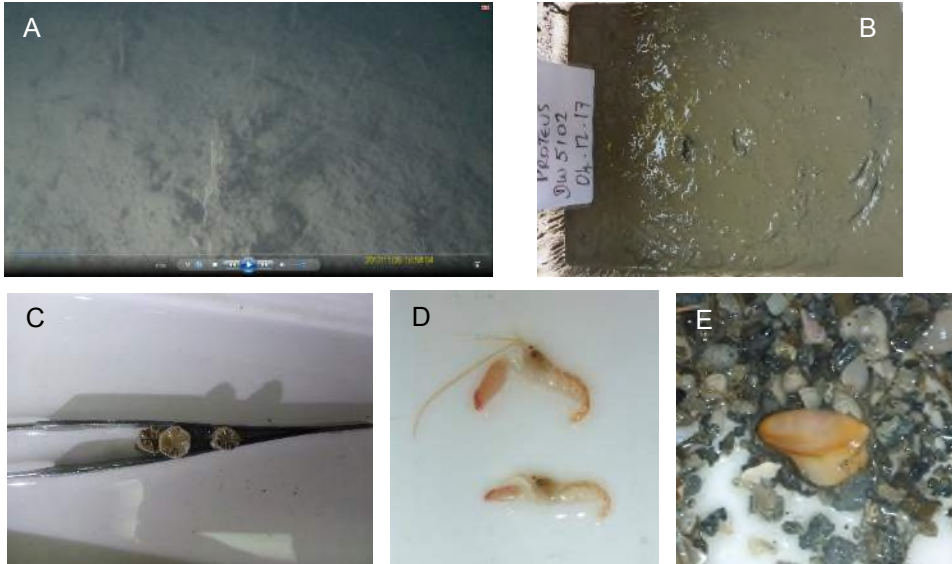
**Photos 56. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T16**

**Commentaires :** Fonds vaseux à sablo-vaseux avec quelques oursins plats (*Clypeaster cf euclastus* H.L. Clark, 1941 ; A) et pennatules (B). Vers la fin du transect, on observe la présence de petits massifs rocheux (C) recouverts d'épifaune (D et E), tels que des bryozoaires, hydres, octocorallaire et crinoïdes (photos D et E), antipathaires et possiblement stylasteridae. Faune semi-vagile associée à ces massifs rocheux dont des crustacés observés fréquemment : A noter la présence récurrente des Inachidae *Stenorhynchus seticornis* (Herbst, 1788) (E) ; une zone de terriers avec langoustes, probablement *Palinustus truncatus* A. Milne-Edwards, 1880 aux vues de la profondeur.

La présence d'organismes vivant sur substrat dur formant une architecture particulière en massif et d'organismes vivant sur substrat dur et généralement trouvés sur le plateau (ex : poissons plats, anémones, crabes et ophiures fouisseurs) suggère que le transect T16 correspond à une zone de transition entre les macro-habitats profonds (>100m) du NE de la zone d'étude et les macro-habitats moins profonds (80-90m) du SW de la zone d'étude.

► **Transect vidéo T17 et traits de drague DW5101, DW5102 et DW5103 - profondeur 121-124m**

Nature du substrat : vaseux, très peu d'organismes

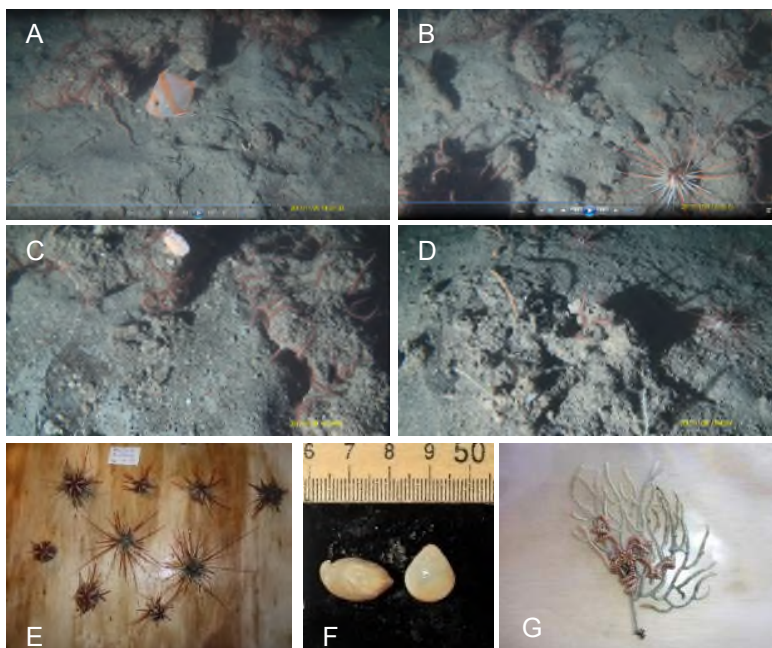


**Photos 57. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T17**

**Commentaires :** La caméra vole en pleine eau pendant plus de 50 minutes sans visibilité du fond. Fonds à vase très meuble et réduite (A et B). Très peu d'organismes sont visibles sur la vidéo. On note tout de même la présence de quelques octocoralliaires (A), poissons (ex : petits anguilliformes enfouis), crabes et astéries. Courant présent. Les opérations de dragage ont permis de récolter des organismes d'intérêt pour la conservation (ex., coraux solitaires Scléactiniaires, C), non visible à la vidéo et de nouvelles occurrences d'espèces (Alpheidae, D), pour la campagne (ex. mollusque Scaphander sp., E).

► **Transect vidéo T18 et traits de drague DW5104 - profondeur 128-129m**

Nature du substrat : Rocheux à oursins rouges, brachiopodes et Stylasteridae

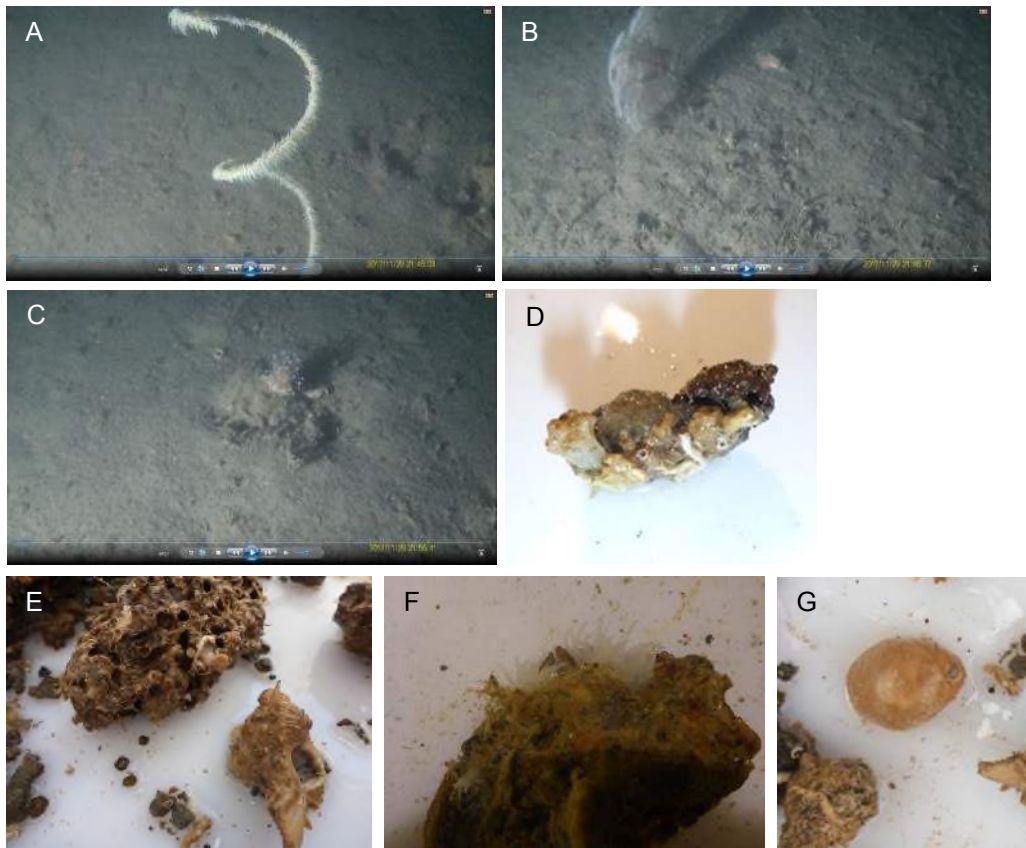


**Photos 58. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T18**

**Commentaires :** Fonds meuble sablo-vaseux avec débris coquillés en début de transect puis transition vers un substrat caillouteux à dur (photos A-D). Retour du substrat meuble en fin de transect. Fond caractérisé par la présence d'oursins à piquants rouges (Famille Arbaciidae, *Coelopleurus* cf *interruptus* Döderlein, 1910 ; B, D et E), de Stylasteridae (coraux dentelles, C), d'ophiures oranges suspensives (A-D) et de brachiopodes (F). Les ophiures et les oursins sont observés en grande densité. C'est l'un des transects le plus riche observé, et surtout très atypique par rapport à l'ensemble de la zone prospectée pendant la campagne. Très peu de courant tout le long du transect. L'opération de dragage (DW5104) a permis de récolter des gorgones octocoralliennes (Famille Plexauriidae et ophiures associées (G)).

► **Transect vidéo T19 et traits de drague DW5074 - profondeur 130-132m**

Nature du substrat : vase meuble avec quelques roches. Fond à zoanthaires (ou alcyonaires ?) avec gorgones et ophiures associées.



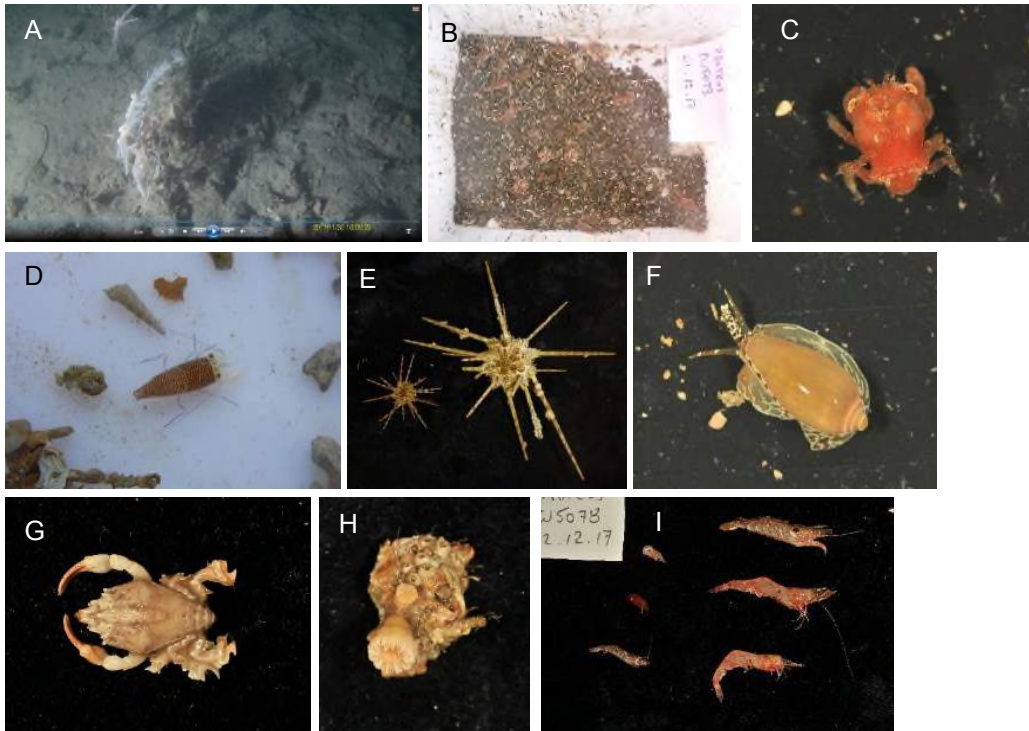
**Photos 59. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T19**

**Commentaires :** Fond à vase meuble avec quelques roches sur lesquelles sont observées des gorgones octocoralliennes avec ophiures associées (B). De nombreux coraux octocoralliennes en forme de fouet (Famille Isididae, *Radicipes* sp.; A) sont observés. De nombreux coraux en forme de « champignons » sont observés à la vidéo (C). Les coraux champignons peuvent correspondre au groupe des zoanthaires. Cependant, aucun zoanthaire n'a été récolté le long de ce transect. En revanche des alcyonaires ont été récoltés (D). Il est ainsi probable que les coraux en forme de champignon observé à la vidéo correspondent en fait à des alcyonaires et non des zoanthaires. Il est nécessaire que les vidéos de ce transect soient montrées à des spécialistes de cnidaires alcyonaires et de zoanthaires pour finaliser ces identifications. Les récoltes mettent, entre autres, en évidence des coraux solitaires scléactinaires (photo E), des anémones (F) et des brachiopodes (photo G). Transect diversifié et atypique où l'on retrouve des crabes de la famille des Portunidae, des pagures (dont un patch où la concentration d'individus est très importante), des poissons rouges à barbillons et des échinides. Courant présent mais modéré.



► **Transect vidéo T25 et traits de drague DW5073 et DW5078 - profondeur 99-136m**

Nature du substrat : vase à crabe commun et à gorgones.

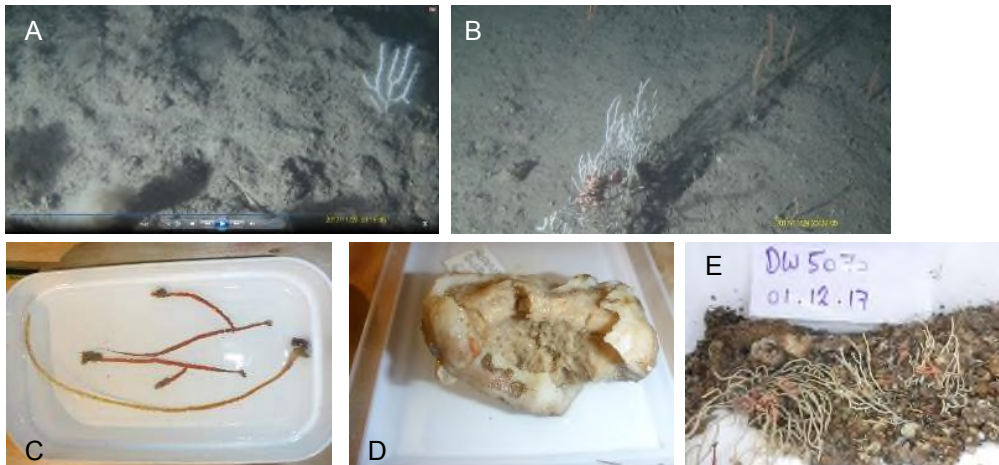


**Photos 60. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T25**

**Commentaires :** Fond de vase à crabes et à gorgones. On note la présence de roches sur lesquelles sont agglomérées des crinoïdes, bryozoaires, porifères, octocoralliaire et poissons de roche. Courant présent. Les échantillons collectés indiquent une diversité plus grande que celle observée sur la vidéo avec de nouvelles occurrences pour la campagne, spécialement pour le groupe des crustacés (Dromiidae, C ; Crevettes Sicyoniidae, Penaeidae, Alpheidae). La collecte du crabe Raninidae correspondant à l'espèce *Symethis variolosa* (Fabricius, 1793) est intéressante car c'est une espèce connue de la zone mais rare et de faible abondance.

► **Transect vidéo T20 et traits de drague DW5070 et DW5071 - profondeur 125-129m**

Nature du substrat : sablo-vaseux et dalles rocheuses. Fond à éponges, gorgones et Stylasteridae

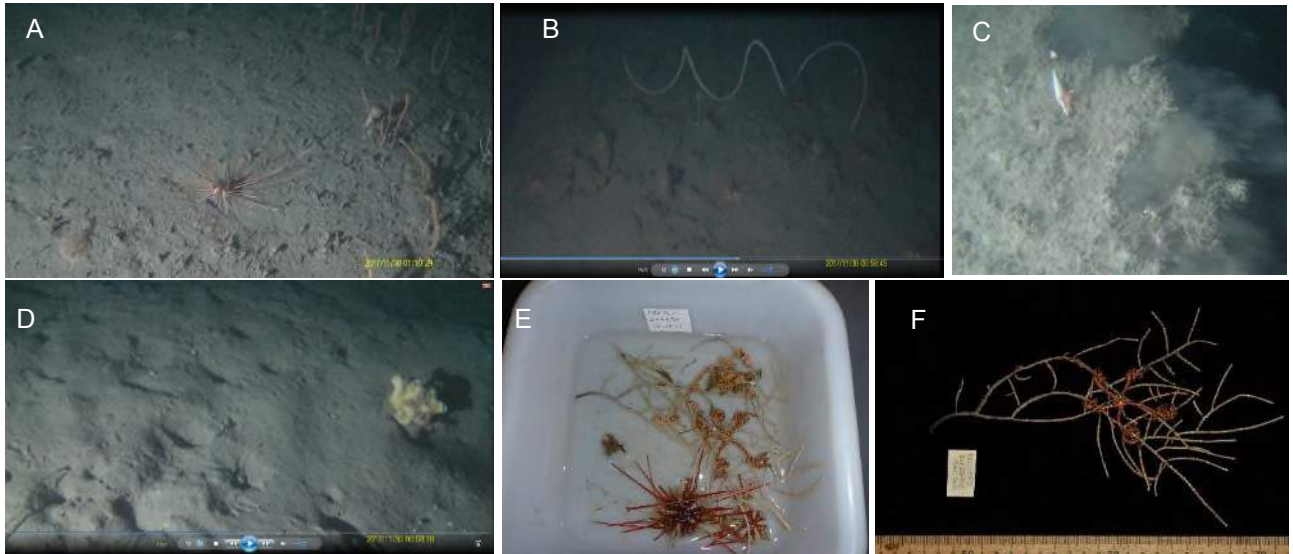


**Photos 61. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T20**

**Commentaires :** Fonds meuble sablo-vaseux à éponges et à petite gorgones oranges, jaunes et blanches, dont certaines de la famille des Plexauriidae (A-C). Quelques cailloux et dalles rocheuses sur lesquels sont fixées des Stylasteridae. Possibles zoanthaire (ou alcyonaires) en fin de transect. Peu de courant tout le long du transect. Transect globalement dominé par les gorgones blanches, avec lesquelles sont associées des ophiures (E).

► **Transect vidéo T21 et traits de drague DW5071 et DW5072 - profondeur 125-129m**

Nature du substrat : sablo-vaseux et récif rocheux. Fond à gorgones, Stylasteridae et oursins rouges



**Photos 62. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T21**

**Commentaires :** Fonds sablo-vaseux (B et C) et présence de dalles rocheuses recouverte d'une fine couche de sédiment (A). On observe la présence d'un récif en début de transect avec importante concentration de pagures (C) puis dominance des octocoralliaires (A, D et E), Stylasteridae et les « coraux fouet » de la famille des Isididae (photos B). Retour du substrat dur avec octocoralliaires et oursins à piquants rouges (*Coelopleurus cf interruptus* Döderlein, 1910 ; A, B et E). Organismes non identifiés, au départ confondu avec des éponges (C), il semble que ce soient des mollusques tubicoles (non collectés). Alternance de roches et de vases. Présence de courant modéré. Dans l'ensemble les populations sont plus denses que sur le plateau. Transect cohérent avec T18 et T20 (i.e. : organismes communs). Transect présentant une grande richesse spécifique.

► **Transect vidéo T22, pas de dragage associé - profondeur 146-151m**

Nature du substrat : vase à crabe commun



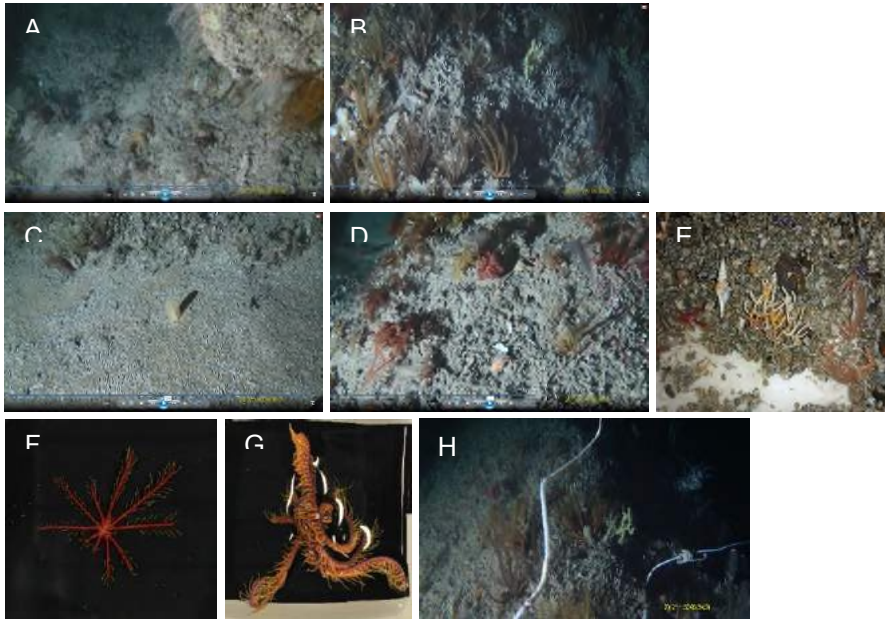
**Photos 63. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T22**

**Commentaires :** Fond vase à crabes commun. Quelques cnidaires, crinoïdes et un oursin à piquants rouges à la fin du transect. Présence de crabes de la famille des Portunidae (C) indiquant la présence de sable dans cette zone. La camera est positionnée loin du fond une grande partie du temps limitant ainsi les observations. Une grande quantité de poissons bathypélagiques ont été attirés autour de la caméra. Courant modéré.



► **Transect vidéo T23 et traits de drague DW5076 - profondeur 112m**

Nature du substrat : détritique à fonds coquilliers, sable et roches. Récif de crinoïdes

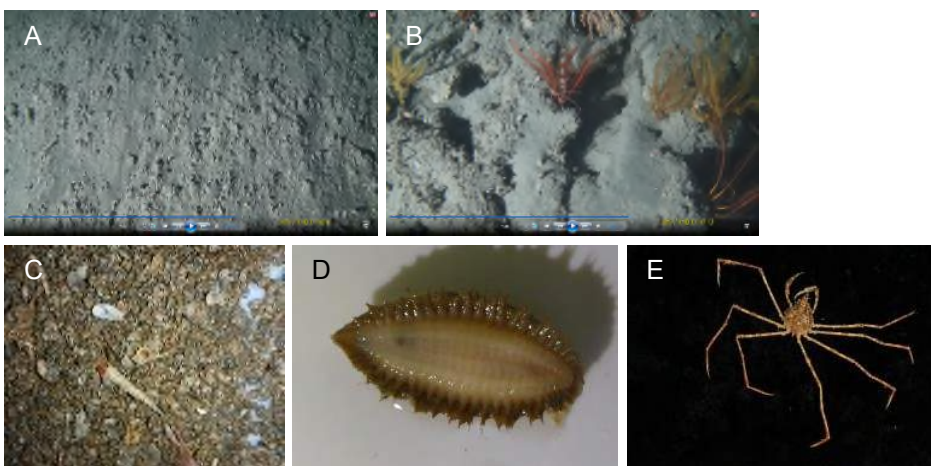


**Photos 64. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T23**

**Commentaires :** Fonds sableux et avec présence de blocs rocheux (A-D). Ces blocs sont essentiellement colonisés par des crinoïdes (photo A, B, D, F G, H), octocoralliaires (Familles Plexauridae, Isidae ; E, H), bryzoaire avec la présence de langoustes et autres crustacés (Portunidae, Paguridae). La colonisation de ces blocs est importante. On peut caractériser cette zone comme une zone de diversité caractéristique des substrats rocheux profonds. Le cheptel d'espèces vivant sur ces substrats dont les espèces architectes suggère une zone potentiellement riche en diversité. Courant présent.

► **Transect T24 et traits de drague DW5077 - profondeur 112-115m**

Nature du substrat : vase coquillière et quelques roches.

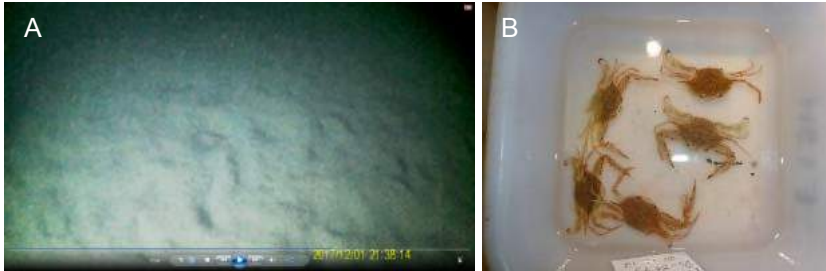


**Photos 65. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T24**

**Commentaires :** Fonds vaseux et coquillier (photos A-C). Pas de courant. Tous les phyla sont représentés en faible abondance et sans dominance particulière détectée. Ici sont représentées un annélide Aphrodite (photo D) et un crabe araignée (photo E).

► **Transect T29 et traits de drague DW5075 - profondeur 117-120m**

Nature du substrat : vase à crabe



**Photos 66. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T29**

**Commentaires :** Fond de vase à crabes « communs » de la famille des Portunidae *Achelous spinicarpus* Stimpson, 1871 (A et B) vivant dans des zones préférentiellement sableuses ; oursins plats *Clypeaster cf euclastus* H.L. Clark, 1941 ; poissons et calamars. Vidéo de mauvaise qualité (image verte).

► **Transect T30 : pas de dragage associé - profondeur 119-124m**

Nature du substrat : vase à crabe Portunidae

**Commentaires :** Transect similaire au T29 ; fond vaseux à crabes de la famille des Portunidae *Achelous spinicarpus* Stimpson, 1871. Turbidité assez importante. Pas de courants. Vidéo de mauvaise qualité (image bruitée) et caméra qui survole le fond sans le toucher. Pas de photos associées.

► **Transect T31 : pas de dragage associé**

Nature du substrat : vase à crabes communs

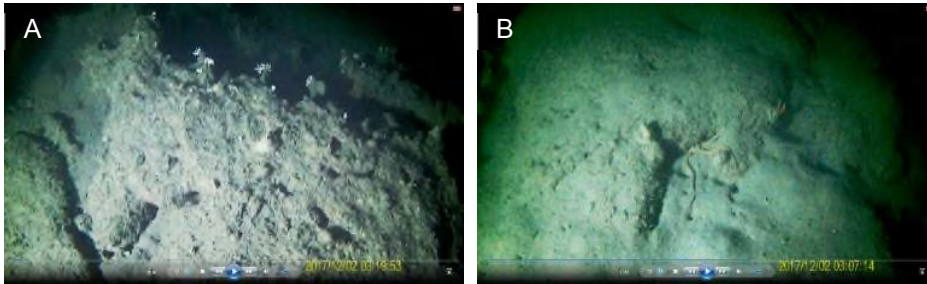


**Photos 67. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T29**

**Commentaires :** Fond à vase très meuble et à crabes communs de la famille des Portunidae *Achelous spinicarpus* Stimpson, 1871 (A). Quelques cnidaires non identifiés (B). Turbidité assez importante. Très peu de courants. Vidéo de mauvaise qualité (image bruitée).

► **Transect T32 : pas de dragage associé - profondeur 124-146m**

Nature du substrat : vase et roche, fonds à oursins rouges et ophiures

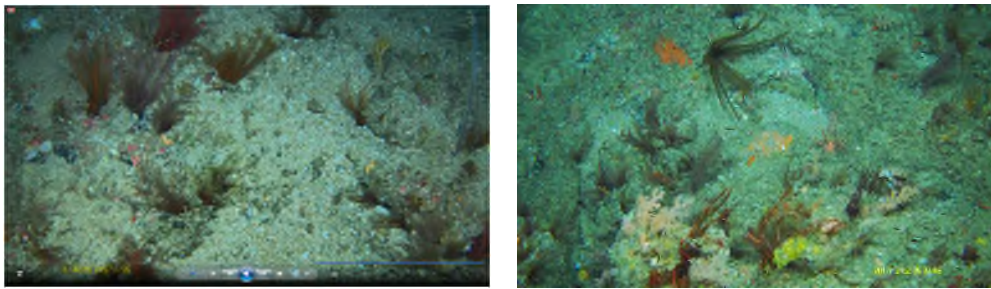


**Photos 68. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T32**

**Commentaires :** Fond vaseux avec quelques passages rocheux (A). Présence d'ophiure (B) et d'oursins à piquants rouges tout au long du transect. On retrouve aussi l'association gorgone-ophiure ainsi que des Stylasteridae (A). Très peu de courants. Vidéo de mauvaise qualité (image bruitée).

► **Transect T33 : pas de dragage associé - profondeur 96-98m**

Nature du substrat : sable grossiers, détritiques, massifs rocheux importants. Champs de crinoïdes, coraux et hydraires



**Photos 69. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T33**

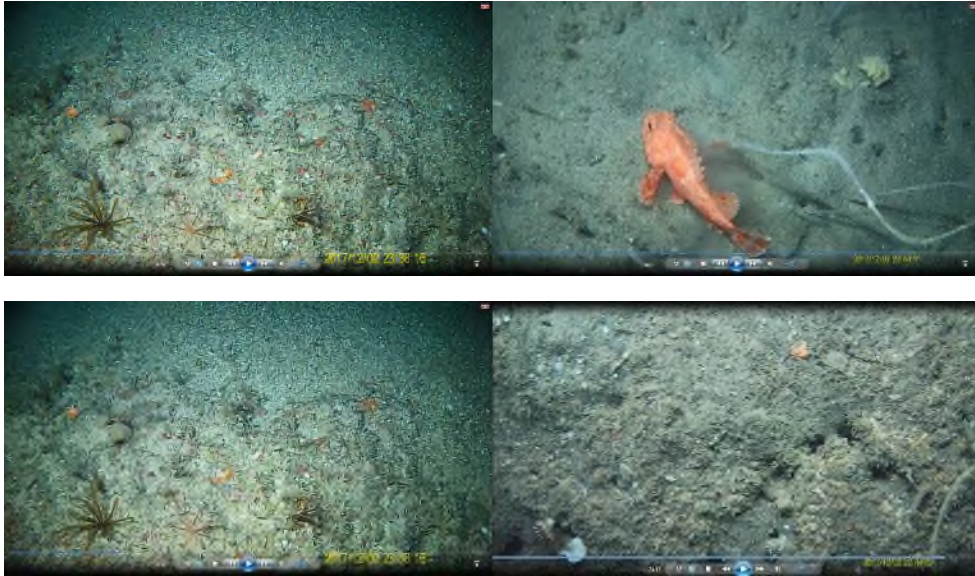
**Commentaires :** Vidéo avortée (10 min). Faciès de type massif rocheux présentant une très importante colonisation de Bryozoaires, Crinoïdes, Ophiures. La diversité des octocoralliaires est importante (Divers familles observées sur la vidéo, à confirmer avec les spécialistes). Cette zone présente une organisation en récifs non pas de coraux durs, mais de type gorgones favorisant la colonisation d'autres groupes taxonomiques tels que les échinodermes qui dominent. Cette zone présente un habitat diversifié et complexe.

► **Transect T34 : pas de dragage associé : La vidéo n'a pas fonctionné**



► **Transect T35 : pas de dragage associé - profondeur 124-122m**

Nature du substrat : sable grossier, roche et dalles rocheuses. Fonds à « cnidaire en fouet »

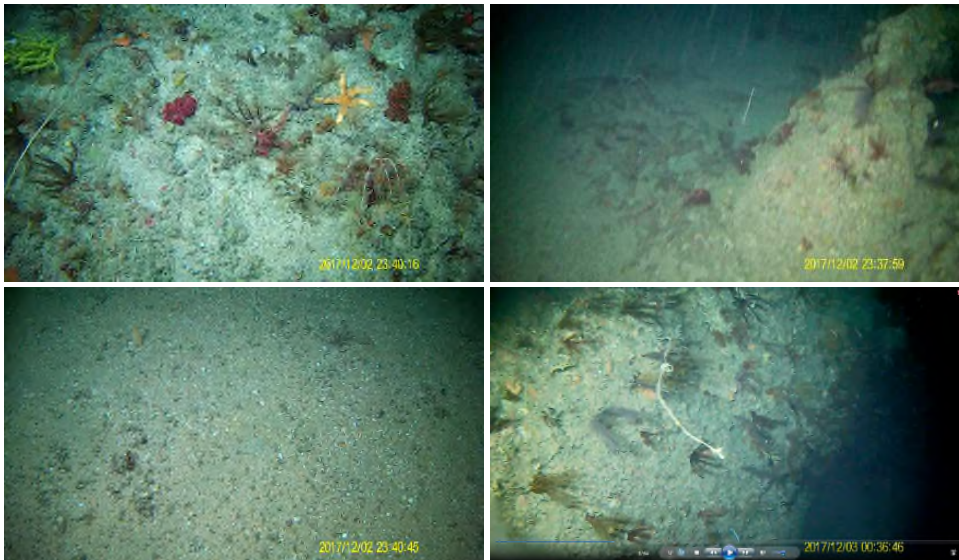


*Photos 70. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T35*

**Commentaires :** Présence de coraux fouet (probablement famille des Isididae) en grande abondance et quelques Scleractinia. Pas de courant.

► **Transect T36 : pas de dragage associé - profondeur 97-99m**

Nature du substrat : Alternance de sables grossier et massifs rocheux

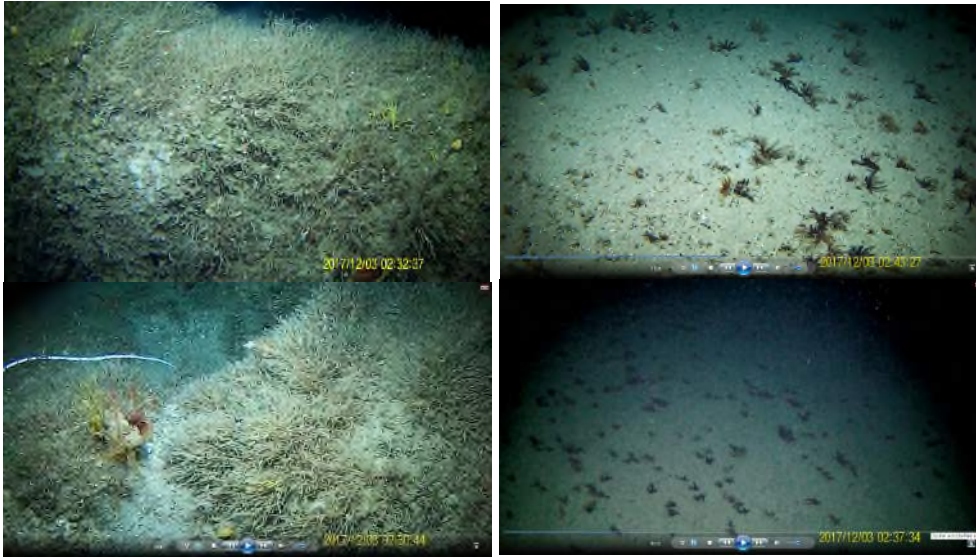


*Photos 71. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T36*

**Commentaires :** Fonds sable et blocs rocheux. Identique à T33. Alternance de tombant et de replat en début de vidéo. Massifs de Crinoïdes, Antipatharia, Octocoralliaires, Bryozoaire, Porifera, Ascidie et Hydrozoa. En milieu de vidéo les fonds redeviennent sablo-vaseux avec des roches distribuées de manière éparées. Faune abondante mais répétitive et donc pas forcément plus riche que sur la zone du nord. Fin de la vidéo difficilement observable.

► **Transect T37 : pas de dragage associé - profondeur 102-103m**

Nature du substrat : sable et roche. Champs de bryozoaires puis de crinoïdes.



**Photos 72. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T37**

**Commentaires :** Fonds sable et roche. Massifs de Bryozoaires puis de Crinoïdes avec quelques ophiures et Coraux (type Bambou mais à confirmer avec les spécialistes). Les champs disparaissent rapidement pour laisser place à des fonds vaso-sableux sans faune distinguable. Le courant est modéré, voire faible.

► **Transect vidéo T38 : pas de dragage associé - profondeur 97-100m**

Nature du substrat : sablo-vaseux. Patches de bryozoaires et d'ophiures puis zone rocheuse à crinoïdes.



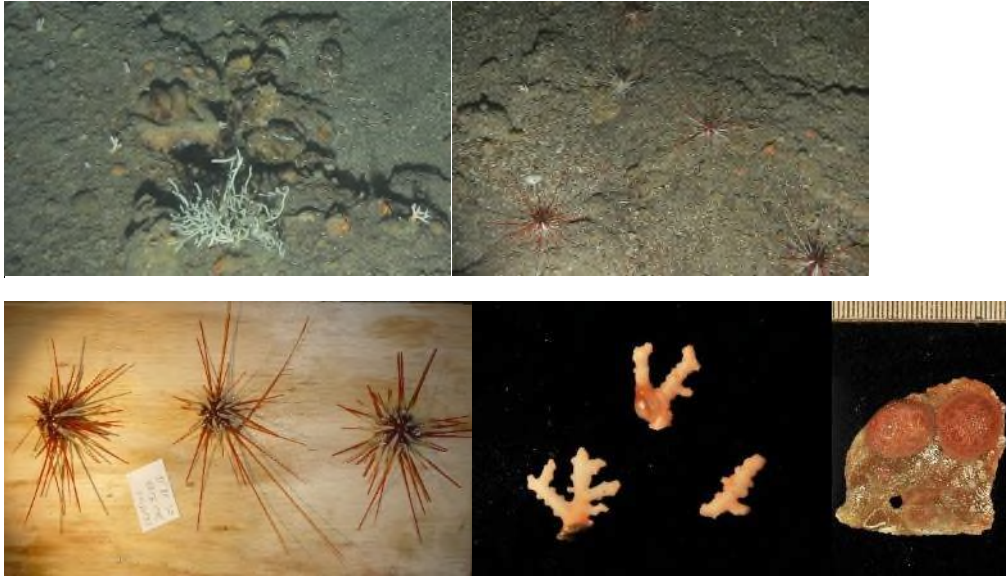
**Photos 73. Observations du fond marin et animaux marins associés sur T38**

**Commentaires :** Présence blocs rocheux fortement colonisés par des bryozoaires, filtreurs tels que crinoïdes, coraux. On observe la présence d'un octocoralliaire de grande taille (suggérant un individu ancien au vu de la croissance lente de ces organismes et fortement colonisés par des ophiures).



► Vidéo ponctuelle DD05 et traits de drague DW5105 et DW5107 - profondeur 126-157m

Nature du substrat : rocheux à oursins rouges, petites holothuries oranges et brachiopodes



**Photos 74. Observations du fond marin et animaux marins associés sur DD05**

**Commentaires :** Quelques Octocorallia et leurs ophiures associées observées ainsi que plusieurs espèces d'éponges. Beaucoup de pagures et de mollusques et seulement 2 crabes, 1 céphalopode, des cirripèdes atypiques. Au moins 3 espèces d'holothuries observées lors du transect.

#### 4.2.1.5. Pour une meilleure compréhension de l'origine et la richesse biologique des substrats mésophotiques

##### 4.2.1.5.1. Synthèse sur la zone explorée

► **La confirmation de l'existence de substrats durs profonds**

Les données acquises dans le cadre du projet ont permis l'identification de zones de substrats durs réparties sur l'ensemble de la zone couverte (entre -77 et -167 m). Ces substrats durs présentent des morphologies variables allant de petites saillies rocheuses aux larges plates-formes carbonatées. Les données morpho-sédimentaires obtenues supposent de la présence d'habitats particuliers sur le rebord de plate-forme.

► **Une faune épigée et fixée diversifiée**

Les échinodermes, mollusques et crustacés sont les groupes taxonomiques les mieux représentés au sein de l'échantillonnage et présentent également les plus grandes abondances. Ils sont présents sur quasiment toutes les stations échantillonnées. Le groupe des coraux est un intéressant indicateur de la nature des substrats et des habitats. Ils sont présents sur 28 stations (voir carte ci-dessous) qui regroupent une diversité couvrant différents taxons tels que les Anthipathaires (coraux noirs), Stylastérides (hydro-coraux), Pennatules (coraux moux) et gorgones des familles Isididae, Plexauridae. Sur 13 stations, les coraux ont été collectés avec des Porifera (Eponges) suggérant la mise place d'habitats biogéniques.

Il est difficile de rendre compte à ce stade de la diversité des stations échantillonnées à la drague car les spécimens ne sont pas encore identifiés mais au vu des photos et observations effectuées à bord certaines stations semblent se distinguer : DW5078, DW5087, DW5089. Ces résultats seront à affiner suite à la détermination du matériel quand il sera intégré dans les collections du MNHN et en comparaison avec les échantillons collectés lors de la campagne de 2014.

► **Une zonation liée à la profondeur et au substrat**

Reposant sur l'expérience de l'équipe sur la zone, les principaux taxons constituant la biodiversité du plateau guyanais ont été collectés au cours de la campagne 2017. La carte de la figure 143 illustre les principaux faciès géomorphologiques. Elle montre que ces faciès sont répartis selon une zonation calquée sur les lignes bathymétriques et met en évidence une « barre » rocheuse (zone rouge) au niveau de la rupture de pente. C'est là que l'on trouve le relief le plus important.

Les grands patrons de distributions des espèces sont retrouvés : sur les parties Nord-Ouest et Centrale du plateau continental (75-95 m de profondeur), caractérisées par un substrat meuble (sablo-vaseux) et homogène, la faune est dominée par des taxons tels que les échinodermes ophiures (genre *Ophiura*), oursins (genres *Coelopleurus* ; *Clypeaster*), crustacés Portunidae (*Achelous spinicarpus* Stimpson, 1871), Parthenopidae (*Spinolambrus pourtalesii* (Stimpson, 1871)) ; mollusques Pectinidae (*Euvola chazaliei* (Dautzenberg, 1900)), Conoidea (*Kurtziella venezuelana* Weisbord, 1962). En contraste avec la nature homogène du plateau continental guyanais, substrat sablo-vaseux, la présence de substrats durs (roches, blocs rocheux) en bordure de plateau génère une hétérogénéité du substrat et conduit à la fixation d'organismes filtreurs.

L'originalité de cette campagne repose essentiellement sur les collectes en bordure du plateau continental avec l'échantillonnage abondant de taxons tels que les Octocorallaires, Anthipathaires et autres coraux qui sont toutes des espèces adaptées à ces profondeurs. Ce groupe a été peu échantillonné en 2014 (voir carte ci-dessous) mais a bien été couvert lors de la campagne en 2017.

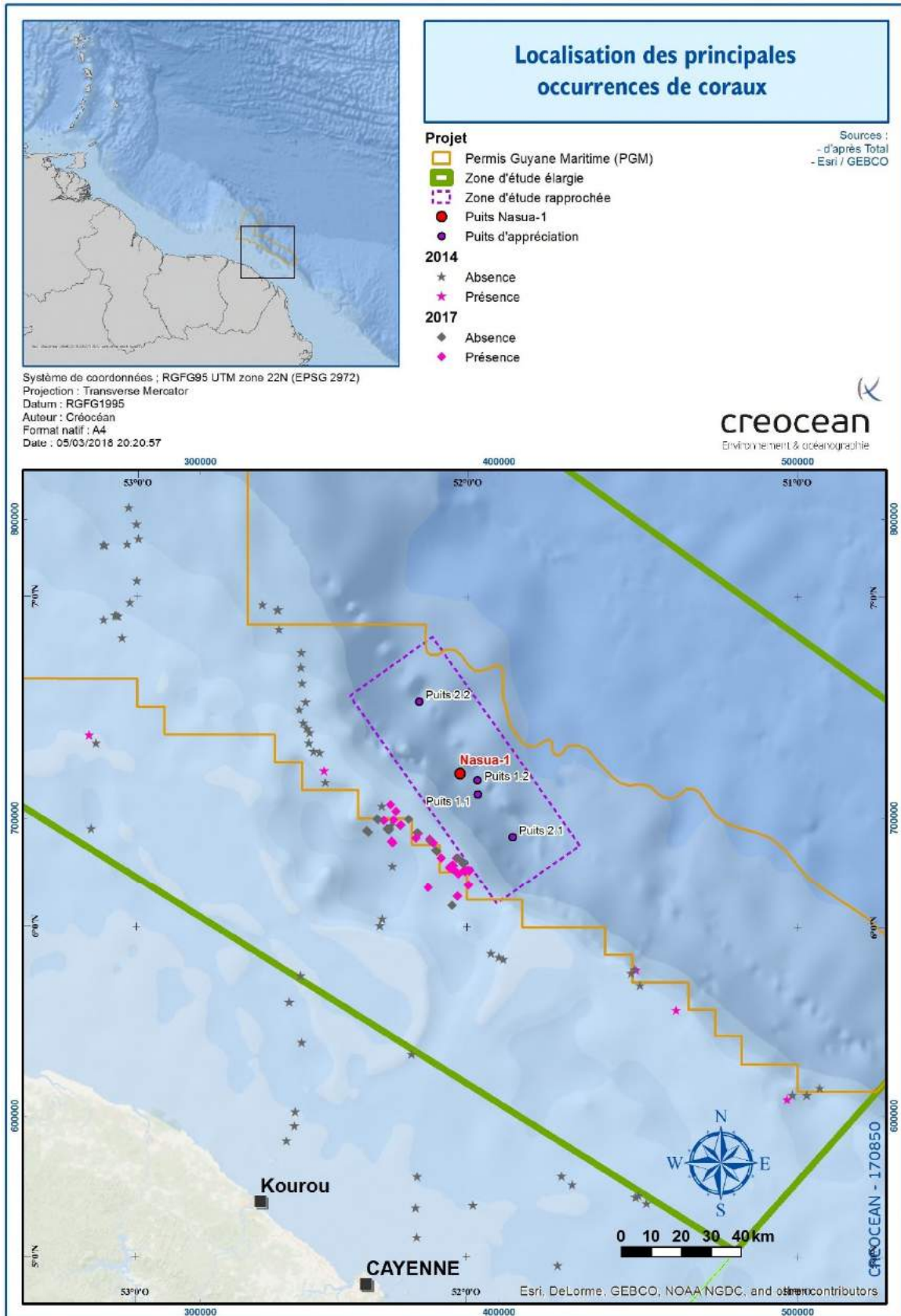
En 2014, le Museum National d'Histoire Naturelle avait recherché la présence de coraux sur l'ensemble du plateau continental (des zones côtières peu profondes jusque limite externe du plateau) et n'avait trouvé que quelques occurrences essentiellement en bordure de plateau. L'année 2017, confirme la présence de coraux profonds sur les récifs mésophotiques en limite de plateau, mais établit que leur occurrence est importante et que leur distribution est probablement assez vaste en bordure de plateau.

► **Le prolongement probable du récif biogénique identifié au large de l'Amazone ?**

La distribution des occurrences de ces groupes de coraux profonds confirme la présence de ces taxons en bordure du plateau continental, essentiellement les parties Centrales et Sud. Ainsi ce type d'habitat écologique semble constituer potentiellement un prolongement de la zone récifale observée au Brésil jusqu'à la frontière guyanaise. Seules des campagnes scientifiques de part et d'autre de la frontière permettrait d'établir une continuité biologique entre ces écosystèmes de rebords de plateau.

Seul l'examen et l'identification des spécimens dans les collections du MNHN pourront nous permettre de conclure sur la présence d'espèces rares ou nouvelles. Mais nous pouvons d'ores et déjà conclure que la campagne Guyane 2017 apportera de nouvelles données sur la distribution des coraux profonds pour la ZEE Guyane.

Il faut toutefois garder à l'esprit que les coraux observés n'ont rien à voir avec ceux classiquement présents dans les récifs coralliens que l'on peut trouver dans l'arc antillais ou en Nouvelle Calédonie par exemple, tant leurs diversités, formes et tailles sont différentes.



**Figure 143. Occurrence des coraux sur le plateau guyanais selon les campagnes du MNHN 2014 et Guyane 2017**

#### ***4.2.1.5.2. Mise en relation de la morpho-sédimentologie des récifs mésophotiques avec les variations du niveau marin***

Les affleurements de substrats durs sont identifiés sur quatre gammes de profondeur d'eau distinctes :

- Unité 1b : affleurements isolés autour de -80 m (1b – Roche)
- Unité 1b : larges affleurements en limite externe de l'unité autour de -100 m (1b – Roches à forte rugosité en particulier),
- Unité 2 : affleurements de grande superficie entre -120 et -130 m (2/3-Plateaux carbonatés lisses et avec rugosité),
- Unité 3 : affleurements de superficie variables autour de -150 m (3 - monts sous-marins et 2/3-plateaux carbonatés).

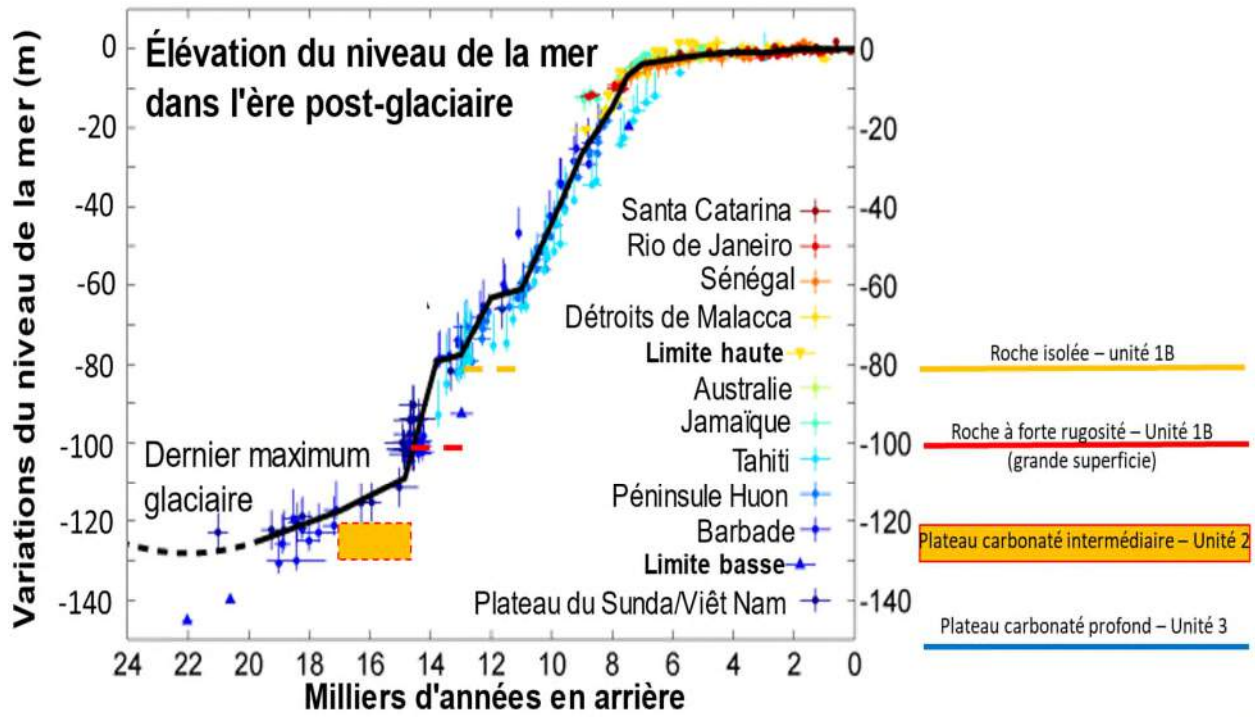
En plus de ces affleurements rocheux, la morphologie de la zone souligne la présence d'un substrat dur sub-affleurant sur une grande partie du site et en particulier au niveau de l'unité 1b. Des zones à relief considéré avec couverture sédimentaire sont observées régulièrement en limite externe de l'unité 1b à des profondeurs de l'ordre de 100 m ce qui tend à indiquer une origine similaire aux zones d'affleurements rocheux de cette gamme de profondeur d'eau.

Les gammes de profondeur de ces affleurements ont été comparés aux courbes de variation du marin à l'échelle du post-glaciaire (post 20 000 ans) et en particulier aux données issues de l'analyse des récifs carbonatés de La Barbade.

La figure ci-dessous présente le résultat de cette corrélation. La morphologie du rebord de plate-forme semble très nettement héritée des variations du niveau marin post-glaciaire, particulièrement en ce qui concerne les affleurements de substrats durs de type plateau carbonaté. Ce type de formation se forme dans des gammes de profondeur d'eau de 0 à 20/30 m d'eau préférentiellement, en fonction des conditions environnementales et en particulier de la luminosité.

Les plateaux carbonatés de l'unité 2 semblent s'être mis en place au cours du début de la remontée du niveau marin. Les roches de l'unité 1b sont quant à eux associés à une phase de ralentissement du niveau marin intervenu autour de -12 000 à -14 000 ans. Les formations en limite externe du plateau 1b sont ainsi plutôt considérées comme des formations carbonatées reliques alors que les roches isolées, observées autour de -80 m, sont associées à des formations de type Beach-rock (paléo-rivage induré) ou roche ancienne relique.

Les plateaux carbonatés et roches de l'unité morphologique 3 sont situés à des profondeurs d'eau trop importantes pour les associer à des formations du Post-Glaciaire. Ces formations semblent mettre en évidence la subsidence de la zone indiquée dans la publication de Mourat et al., (2016) et autres articles scientifiques. Ces plateaux carbonatés reliques peuvent ainsi être associés à un cycle de variation du niveau marin plus ancien.



Source : R.A. Rodhe – Global Warming Project

Figure 144. Variation du niveau marin Post-Glaciaire



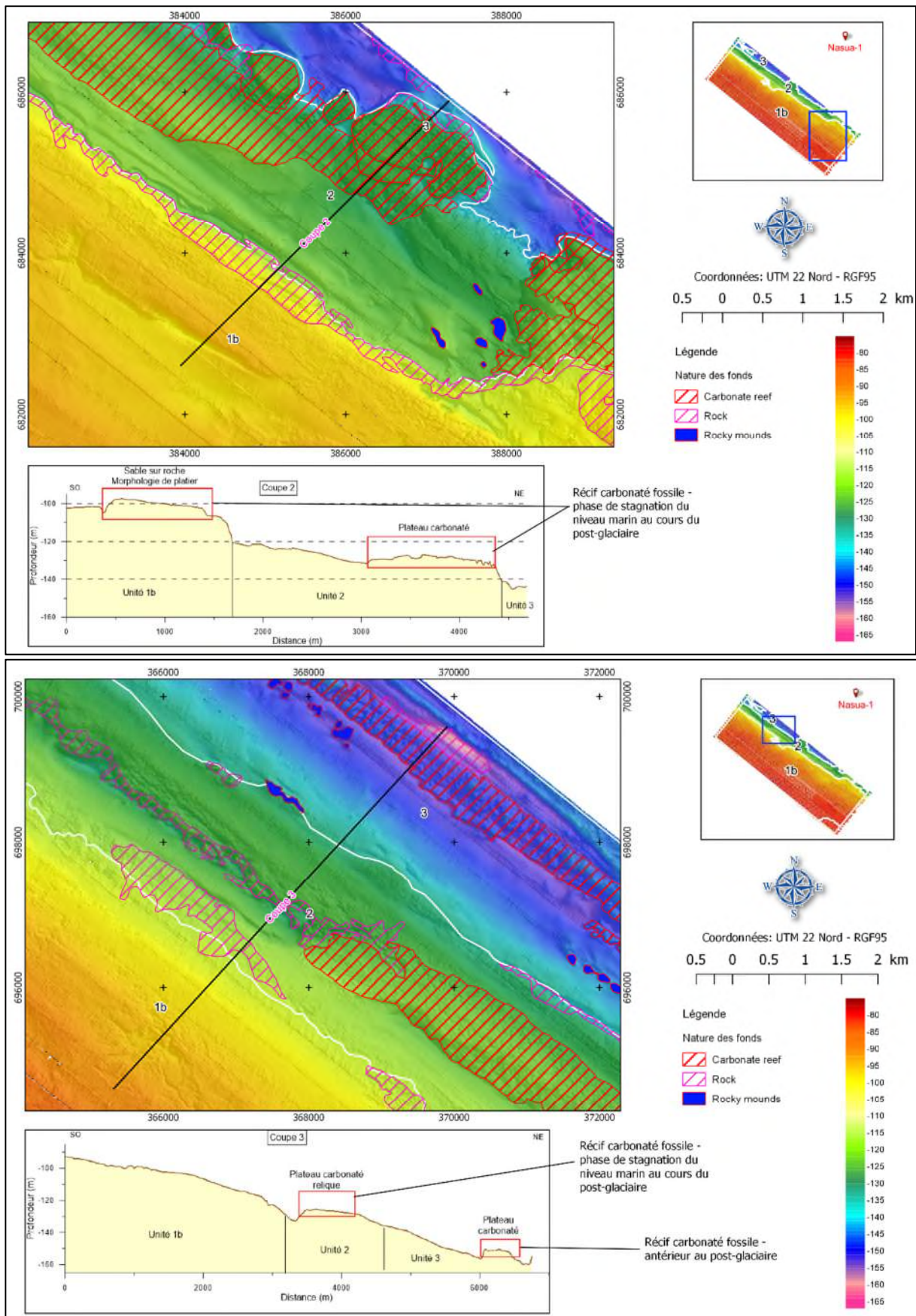


Figure 145. Coupes morphologique et enregistrement des évènements géologiques

#### 4.2.1.5.3. Cartographie de la sensibilité des substrats mésophotiques

D'après les observations réalisées sur le terrain à la limite du plateau continental pour l'exploration des habitats et des espèces de substrats durs mésophotiques, une première carte de sensibilité de la zone prospectée a été dressée.

L'évaluation de la sensibilité des milieux est basée sur l'analyse conjointe des données géophysiques et l'étude des transects vidéo. L'idée est d'ajouter une couche biocénotique, aux cartes bathymétriques et de nature des substrats obtenues lors de la campagne géophysique.

Les critères retenus pour établir la carte de sensibilité sont :

- Les critères biologiques (en priorité) :
  - o Diversité des espèces observées,
  - o Abondance,
  - o Association des espèces avec les habitats rocheux,
  - o Caractère patrimonial des espèces ou du groupe taxonomique.
- Les critères géomorphologiques (en appui des données biologiques et pour extrapoler les données sur des polygones où aucune observation n'a été faite) :
  - o Nature du substrat d'après l'interprétation des données de réflectivité du fond – imagerie sonar et backscatter : vases/sables/roches/plateaux carbonatés
  - o Rugosité (niveaux 0 – 1 – 2), la rugosité telle que définie ici décrit la texture des fonds et non les reliefs de large échelle
  - o Reliefs (unités morphologiques) et notamment les zones de rebord de plateau présentant localement de petit talus.

En fonction de ces différents critères, les polygones sont classés dans une des catégories suivantes, qui définissent un intérêt écologique directement lié au caractère patrimonial potentiel et à la sensibilité du milieu :

- Intérêt très faible : couleur **BLEU**
- Intérêt faible : couleur **VERT**
- Intérêt moyen : couleur **JAUNE**
- Intérêt élevé : couleur **ORANGE**
- Intérêt très élevé : couleur **ROUGE**

La description des sites par le MNHN a été réalisée sans cette grille de lecture et le choix des couleurs est donc basé sur les commentaires écrits laissés par le MNHN ainsi que le visionnement des transects vidéos.

Globalement une diversité d'espèces importante, une forte abondance des populations, une association étroite des groupes taxonomiques avec les habitats rocheux (éponges, gorgones, par exemple), et la présence d'espèces ou de groupes taxonomiques bénéficiant d'une valeur patrimoniale importante (coraux par exemple) conduisent à des scores élevés.

Concernant les critères géomorphologiques, on obtient les résultats suivants permettant une extrapolation des données sur les polygones non renseignés par les observations biologiques mais délimités par le travail de cartographie :

**Tableau 114. Evaluation de la sensibilité en fonction des géomorphotypes échantillonnés**

Géomorphotype	Sensibilité	Couleur
Fonds sablo-vaseux (dans les cuvettes et en pied de talus) sans rugosité	Très faible	BLEU
Sables à sablo-vaseux sur roche avec des affleurements éparses de la roche	Faible	VERT
Les sables à sablo-vaseux sur roche avec des affleurements nombreux de la roche	Moyen	JAUNE
Roches plates	Moyen	JAUNE
Platiers carbonatés sans rugosité	Moyen	JAUNE
Platiers carbonatés avec rugosité	Elevé	ORANGE
Bordures de plateaux carbonatés avec des dénivelés importants : « talus »	Très élevé	ROUGE
Roches profondes sous sédiments avec des affleurements éparses	Faible	VERT
Roches profondes sous sédiments avec des affleurements nombreux	Moyen	JAUNE

**Les sables sur roche et roches avec sable peuvent présenter des sensibilités variables selon la rugosité observée et les données liées aux transects vidéos.**

Sur cette base, il a été donné les scores suivants sur des unités géomorphologiques non renseignées par les dragues ou les vidéos :

**Tableau 115. Evaluation de la sensibilité en fonction des géomorphotypes non échantillonnés**

Géomorphotype	Sensibilité	Couleur
Talus en bordure de zones rocheuses profondes	Elevé	ORANGE
Petites têtes de roche de l'unité morphologique 1b (fond entre 75 et 120 m d'eau)	Moyen	JAUNE
Hauts fonds marins formant des monts sous-marins isolés de 5 à 15 m de hauteur avec un sommet plat	Elevé	ORANGE

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différentes classes morfo-sédimentaires décrites à partir des données géophysiques et leur évaluation en terme de sensibilité.

**Tableau 116. Scores de sensibilité attribués au faciès sédimentaire en fonction des observations biologiques**

Faciès sédimentaire	Rugosité	Spécificité	Sensibilité	Transect Vidéo ou drague
Rides de sables	1		Très faible	T12
1b – Roche	Tout type	Hors talus	Moyen	T04, T05
	Tout type	Talus	Très élevée	
1b – Roche avec rugosité	2		Moyen	DD01, DD02, T28, T14
	2	Rugosité particulièrement élevée	Très élevé	T23, T33, T36
1b – Roche ± Sable vaseux coquillé	0-1 à 1		Faible	T16, T09, T10 1 exception Fort : T36, T37
	1-2		Moyen	
1b - Sable coquillé sur roche	0-1		Très faible	T28, T14
	1 / 1-2		Faible	
1b – Sable vaseux coquillé sur roche	0-1		Très faible	T03, T07, T08, T02
	1		Faible à moyen	
1b – Sable coquillé	0		Très faible	T06
1b – Sablo-vaseux	0		Très faible	T01
1b – Sable vaseux coquillé à rides	0		Très faible	T09, T10
2 – Roche avec sable vaseux coquillé	0-1		Faible	T19, T25
	1		Moyen	
	1-2		Elevé	
2/3 - Roche	< 2	Roche profonde	Faible	
	2		Moyen	
2/3 Plateau carbonaté lisse	0 / 0-1		Faible	
2/3 Plateau carbonaté avec rugosité	1-2 à 2		Moyen	T20 et T21
2/3 Monts sous-marins	Tout type		Elevé	Basé sur la morphologie spécifique de type « Mont-sous-marin » créant un courant particulier
2/3 – Plateau carbonaté à sable vaseux coquillé	Tout type		Faible	T27
2/3 Sable vaseux coquillé sur roche	0-1		Faible	
2/3 Sablo-vaseux	0		Très faible	

La carte de sensibilité obtenue est présentée sur la figure 146. Globalement les zones les plus sensibles sont logiquement les secteurs caractérisés par des pentes, des reliefs ou des rugosités importants.



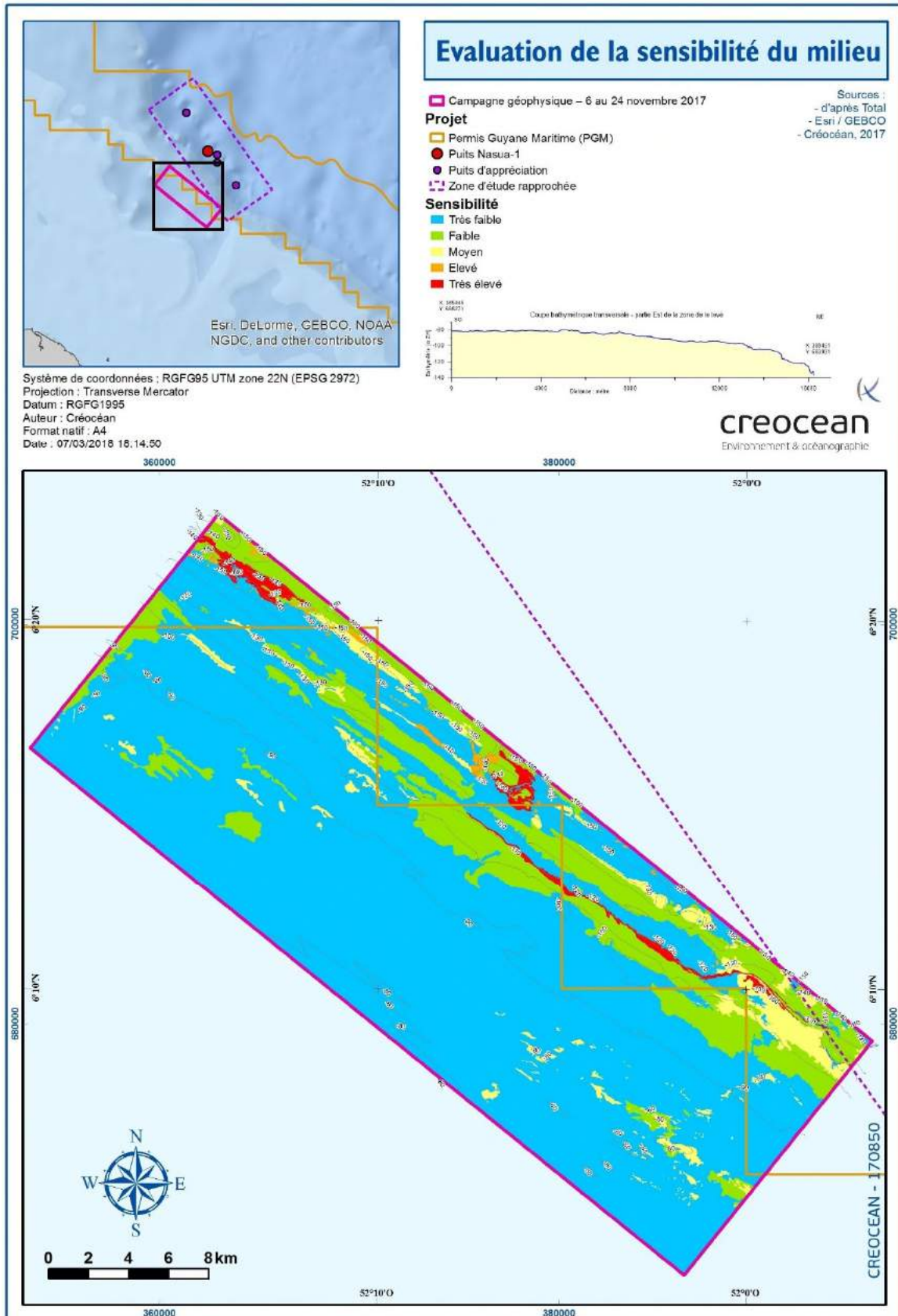


Figure 146. Carte de sensibilité du secteur en limite du plateau continental



#### 4.2.2. Les fonds meubles profonds (talus et plaine abyssale)

Les fonds meubles profonds ont été prospectés fin 2017 en vue de couvrir l'ensemble des zones de forage potentielles sur le secteur de Nasua.

Le secteur de GMES a également été prospecté pour étudier la qualité des sédiments et la richesse biologique des fonds 5 ans pour GMES-2 et 4,5 ans pour GMES-3R après les forages de Shell.

Des prélèvements de sédiment au carottier ont été réalisés pour l'analyse de la qualité des fonds et de leur richesse biologique (peuplements benthiques) :

- 57 stations sur le secteur de Nasua,
- respectivement 5 et 4 stations sur les secteurs de GMES-2 et GMES-3R.

Le plan d'échantillonnage est rappelé sur la carte suivante.

Des images vidéo du fond ont également été prises pour se rendre compte de l'aspect physique des fonds marins et observer les espèces vivant à proximité ou à la surface du substrat.

Afin de faciliter l'analyse des résultats, les stations ont été regroupées en secteurs en fonction de leur position le long d'un axe nord-ouest/sud-est qui correspond à l'axe principal de la zone d'étude :

- lot 1 : stations S46 à S51 au nord-ouest de Nasua,
- lot 2 : stations S17 à S45 au centre de Nasua,
- lot 3 : stations S01 à S16 au centre de Nasua et concentrées sur un plan d'échantillonnage en « croix »,
- lot 4 : stations S52 à S57 au sud-est de Nasua,
- lot 5 : stations du secteur GMES-3R,
- lot 6 : stations du secteur GMES-2.

Cette présentation a été appliquée essentiellement aux histogrammes présentés dans la suite du rapport.

Les stations S1 à S16 ont été distinguées parce qu'elles forment un lot de stations très proches l'une de l'autre, qui correspond au premier plan d'échantillonnage envisagé sur ce projet. Le plan d'échantillonnage a ensuite été amplement élargi et l'effort d'échantillonnage augmenté.

La prise en compte de ce lot de stations permet d'analyser si la proximité des stations entraîne une plus grande similarité des résultats : on peut le voir notamment comparant les écart-types entre ce lot particulier et les autres lots de stations plus distantes les unes des autres.

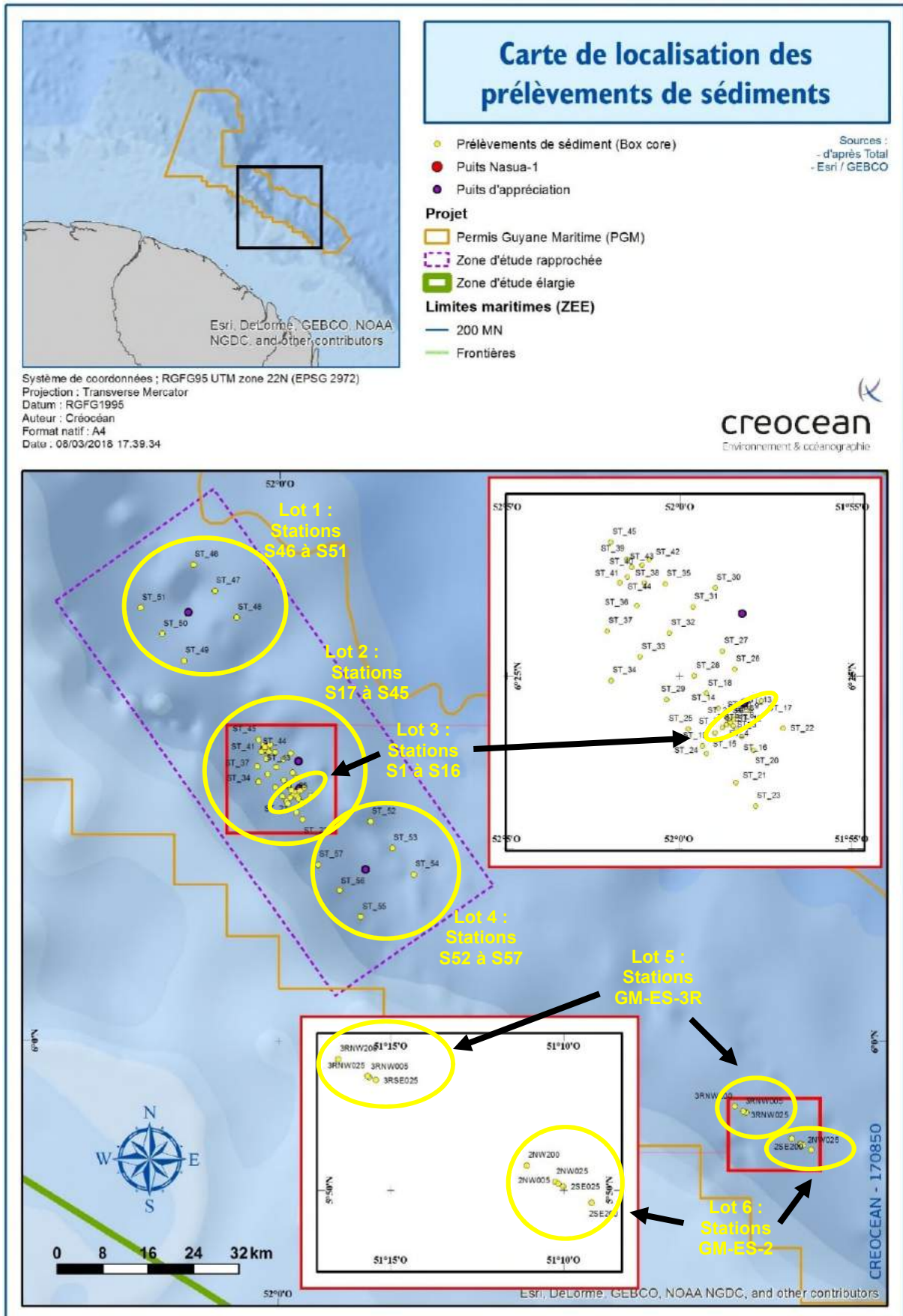


Figure 147. Localisation des prélèvements de sédiments et benthos lors de la campagne de Guyane 2017

#### 4.2.2.1. Compartiment sédimentaire

##### 4.2.2.1.1. *Caractéristiques physiques*

La principale caractéristique physique d'un sédiment est sa granulométrie qui établit les différentes classes de taille de particules dans le substrat et donc la nature et la structure de celui-ci. Mais d'autres paramètres ont été étudiés :

- L'aspect et l'odeur des sédiments qui peuvent rendre compte de la nature du substrat, sa stratification ou d'éventuelles perturbations comme une dégradation incomplète de la matière organique ou des pollutions chimiques.
- La teneur en eau qui est directement liée à la granulométrie : des sédiments fins auront naturellement tendance à contenir davantage d'eau que des sédiments grossiers.
- Le potentiel d'oxydo-réduction qui traduit l'activité biologique du compartiment bactériologique dans les sédiments et de la dynamique de dégradation de la matière organique par ces bactéries.

##### ▶ **Aspect et odeur**

###### Secteur Nasua :

Tous les échantillons prélevés sur la zone d'étude rapprochée sont identiques et présentent un sédiment fin à très fin. Les sédiments sont majoritairement bruns en surface, et gris en profondeur. La majorité (69%) des échantillons ont une compacité faible, ce qui confirme le caractère vaseux et liquide du sédiment.

Aucune stratification, odeur particulière, trace d'huile ou de déchet n'est observée. Seule une station (S35) présente des traces de fermentation.

Tous les échantillons de la zone d'étude élargie présentent un sédiment fin à très fin, comme sur la zone NASUA, ce qui confirme l'homogénéité de la zone d'un point de vue sédimentaire. Les sédiments sont bruns en surface, et gris en profondeur. La majorité (69%) des échantillons ont une compacité faible.

###### Secteur GM-ES :

Une odeur et des traces de fermentation sont observées dans un rayon de 250 m autour du puits GM-ES-3R foré en par Shell en 2013, sur les stations 3RNW025 et 3RSE025, ce qui indique probablement des activités microbiennes de dégradation des composés organiques. Au-delà, aucune caractéristique anormale n'est mise en évidence.

Le sédiment ne présente pas de signe de dégradation autour du puits GM-ES-2 également foré en par Shell en 2012.

Le tableau présentant l'ensemble des caractéristiques physiques des sédiments est présenté en annexe.

##### ▶ **Granulométrie**

Le détail de la répartition granulométrique par station est présenté en annexe.

###### Secteur Nasua :

Le sédiment est homogène sur l'ensemble de la zone d'étude rapprochée. Il est principalement composé de limons (en moyenne 86%) et d'argiles (en moyenne 11%). Cette teneur importante en particules fines (>80%) classe l'ensemble des échantillons en vases pures selon la classification d'Iboully (1981). La fraction élevée en particules fines confère au sédiment une forte capacité à retenir les polluants.

Les échantillons prélevés au sud-est de la zone font partie de ceux avec les fractions de sables grossiers (> 250 µm) les plus élevées, avec un maximum de 3,91%. Les concentrations en polluants et éléments nutritifs pourraient donc être légèrement inférieures aux autres stations.

**Tableau 117. Répartition granulométrique moyenne des échantillons de la zone d'étude rapprochée**

Argile (<2 µm)	Limon (2-63 µm)	Sable fin (63-250 µm)	Sable grossier (>250 µm)
11% ± 0,9	85% ± 2,8	3 % ± 2,5	1% ± 1

Secteur GM-ES :

Le sédiment est également homogène sur l'ensemble de la zone GM-ES. Il est principalement composé de limons (en moyenne 83%) et d'argiles (en moyenne 10%). Cette teneur importante en particules fines (>80%) classe l'ensemble des échantillons en vases pures selon la classification d'Iboulou (1981). La fraction élevée en particules fines confère au sédiment une forte capacité à retenir les polluants.

Les échantillons prélevés à 2000 m au nord-ouest des puits GM-ES-3R et GM-ES-2 sont ceux avec la fraction de sables la plus importante (près de 20%). Cette caractéristique ne semble cependant pas liée à un effet des anciens forages. Les concentrations en polluants et éléments nutritifs pourraient y être légèrement inférieures aux autres stations.

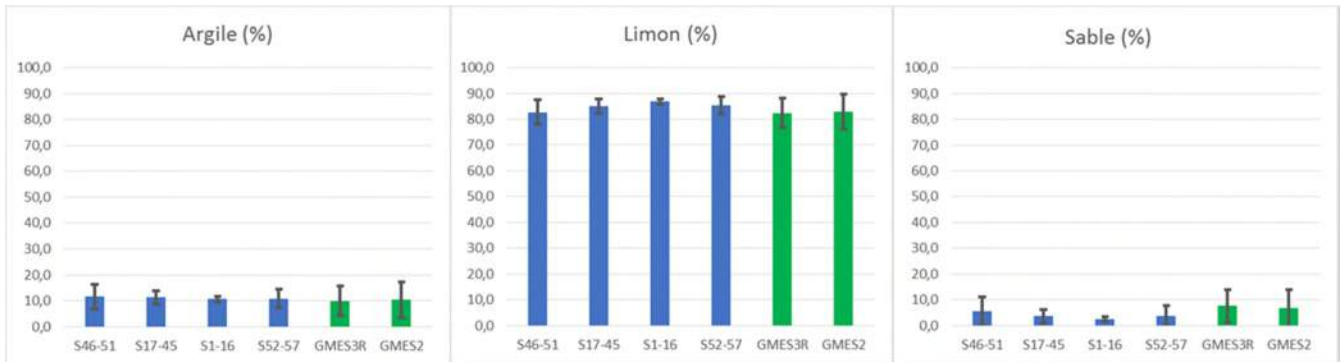
**Tableau 118. Répartition granulométrique moyenne des échantillons de la zone GM-ES (Zone d'étude élargie)**

Argile (<2 µm)	Limon (2-63 µm)	Sable fin (63-250 µm)	Sable grossier (>250 µm)
10% ± 0,8	83% ± 5,3	6% ± 6,5	1% ± 1

Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

Les histogrammes suivantes illustrent une grande homogénéité des sédiments entre les stations les plus au nord-ouest de la zone (stations 46 à 51) et les stations GM-ES-2, les plus au sud-est, avec une dominance marquée des limons (2 à 63 µm de taille de particules).

Les écart-types (représentées par barres verticales sur la figure) matérialisent également des variations faibles entre les stations à l'intérieur de chaque secteur.



**Figure 148. Classes granulométriques dominantes par lot de stations sur toute la zone d'étude**

La figure 149 illustre les variations spatiales de la fraction granulométrie dominante sur le secteur de Nasua.

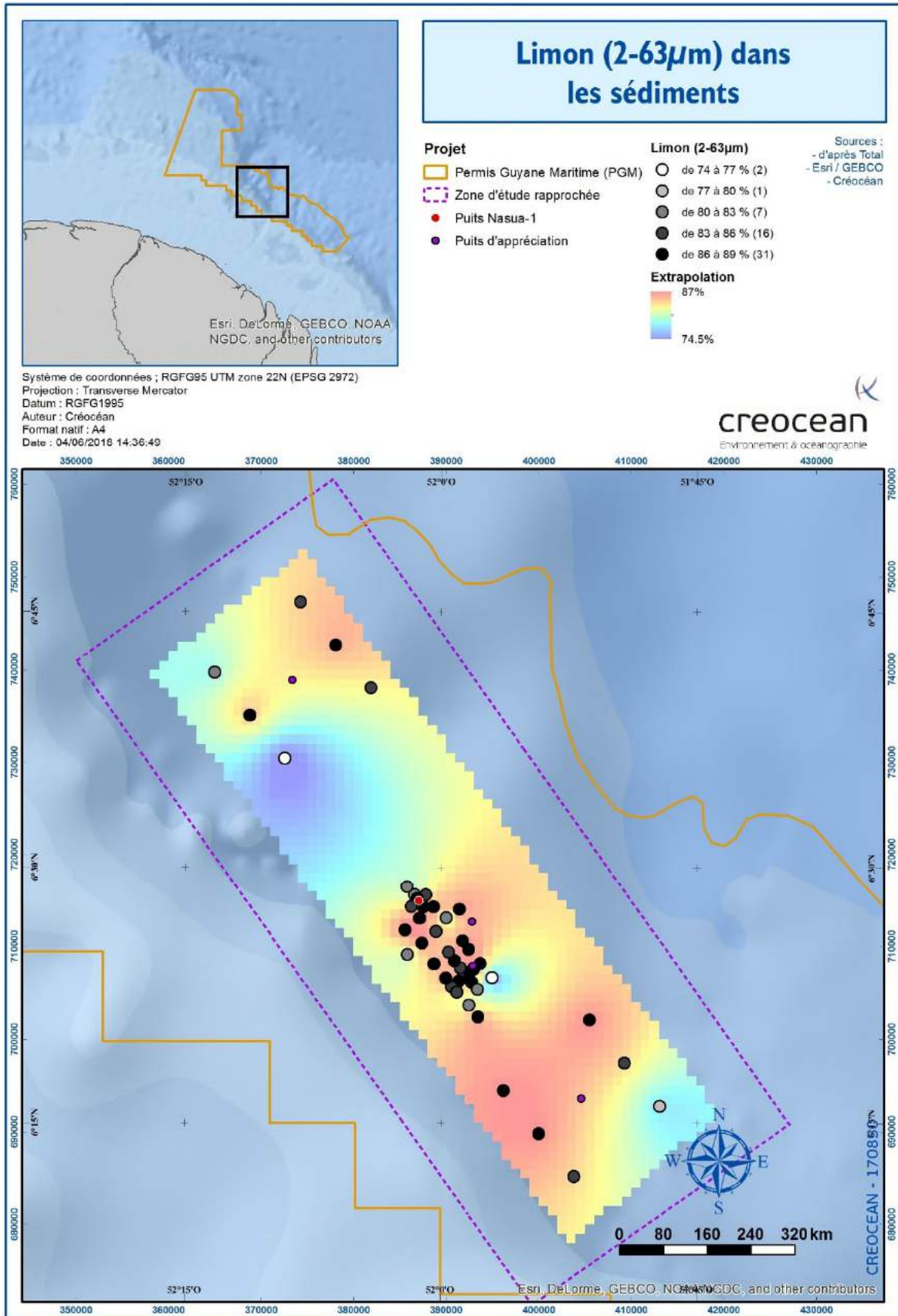


Figure 149. Variations spatiales des teneurs en limons sur le secteur de Nasua



► **Teneur en eau**

Secteur Nasua :

Les teneurs en eau sont homogènes et très élevées sur l'ensemble des échantillons de la zone d'étude rapprochée (moyenne de  $75,5\% \pm 5,9$ ), ce qui est cohérent avec la fraction importante de particules fines et l'homogénéité de la répartition granulométrique.

Secteur GM-ES :

Les teneurs en eau sont aussi homogènes sur la zone d'étude élargie (GM-ES) et très élevées sur l'ensemble des échantillons (moyenne de  $67,2\% \pm 6,9$ ), ce qui est cohérent avec la fraction importante de particules fines et l'homogénéité de la répartition granulométrique. De façon logique, les plus faibles teneurs en eau sont enregistrées sur les échantillons 3RNW200 et 2NW200, qui sont également ceux avec la fraction fine la moins élevée.

► **Potentiel d'oxydoréduction (redox)**

Le potentiel d'oxydoréduction constitue une variable synthétique qui traduit l'activité biologique du compartiment bactériologique du sédiment. Il résulte d'un ensemble de processus physico-chimiques et biologiques qui ont pour origine la dégradation de la matière organique. C'est une méthode opérationnelle d'analyse de l'enrichissement organique des sédiments qu'il soit ponctuel ou diffus.

Quand la matière organique se dépose dans les sédiments, elle est dégradée par des bactéries qui consomment de l'oxygène. Si les apports organiques sont excessifs, un déficit en oxygène peut se créer. Alors, la réduction de la matière organique se fait par des bactéries anaérobies, intensifiant le déficit en oxygène par la production de sulfides d'hydrogène. Le potentiel d'oxydoréduction atteint alors des valeurs très négatives.

Le potentiel d'oxydoréduction permet dans une certaine mesure, d'évaluer aussi l'ancienneté de l'enrichissement et sa réversibilité, ce qui présente un avantage considérable pour la mise en place de procédures de gestion. Sauf en cas de sources d'apports bien identifiées, il ne permet pas d'identifier avec précision la nature de l'enrichissement et en cela encore il se rapproche plus d'un indicateur synthétique que d'un descripteur physico-chimique. Sa mesure est facile et peu coûteuse, notamment parce qu'elle ne demande pas de laboratoire et peut être réalisée le jour même du prélèvement.

Secteur Nasua :

Les valeurs mesurées sont toutes positives, à l'exception de celle mesurée sur S24 (-21 mV), avec une moyenne de 89 mV. Cela indique une bonne dégradation de la matière organique (Licari, 1998) dans les sédiments de la zone NASUA, ainsi qu'une bonne oxygénation. Malgré la profondeur, le milieu ne semble pas anoxique. Ces résultats sont cohérents avec la très bonne oxygénation des eaux du fond et le faible enrichissement organique des sédiments, discuté ci-après. L'écart-type élevé s'explique par les valeurs extrêmes, positives comme négatives, obtenues sur 8 stations.

Secteur GM-ES :

Les valeurs mesurées sont toutes positives sur la zone d'étude élargie (GM-ES), avec une moyenne de 91 mV. Cela indique une bonne dégradation de la matière organique dans les sédiments autour des puits GM-ES-2 et GM-ES-3R, ainsi qu'une bonne oxygénation. Les mêmes conclusions que pour la zone NASUA s'appliquent.

#### 4.2.2.1.2. Enrichissement organique et nutritif

L'enrichissement organique est la proportion de matériel organique en décomposition dans le sédiment. Il peut être calculé à partir de classes d'enrichissement pour le carbone organique total, l'azote Kjeldahl et le phosphore, définies par rapport à des valeurs de référence. Les notes relatives à chaque paramètre sont ensuite sommées pour obtenir un indice synthétique (Alzieu, 2003).

**Tableau 119. Valeurs de référence et classe d'enrichissement organique du sédiment**

Indice	Carbone organique total (%)	Azote Kjeldahl (%)	Phosphore (mg/kg)
0	<0,6	<0,6	<500
1	0,6 – 2,3	0,6 – 1,2	500 – 800
2	2,4 – 4,0	1,2 – 2,4	800 – 1200
3	4,1 – 5,8	2,4 – 3,6	>1200
4	>5,8	>3,6	

Source : Alzieu, 2003

**Tableau 120. Echelle d'indice d'enrichissement organique (I)**

Indice d'enrichissement organique (IEO)	Interprétation entente d'enrichissement organique
0	Nul
0 – 3	Faible
4 – 6	Moyen
>6	Fort

IEO = indice carbone + azote + phosphore

Source : Créocéan

#### Secteur Nasua :

Les concentrations en carbone organique total et matières organiques de l'ensemble des échantillons de la zone d'étude élargie indiquent un enrichissement faible à moyen pour l'ensemble des échantillons, avec des moyennes respectives de 1,52% et 8,30%. A l'échelle de la zone, les concentrations en azote Kjeldahl et en phosphore sont faibles (respectivement 0,26% et 405 mg/kg en moyenne), mais montrent un enrichissement moyen sur l'échantillon S36.

La station S36 est d'ailleurs la seule présentant un enrichissement organique moyen d'après l'indice synthétique d'Alzieu. Tous les autres échantillons présentent un enrichissement faible.

Le tableau ci-dessous présente le niveau d'enrichissement moyen à l'échelle de la zone NASUA. L'indice synthétique d'enrichissement est de 1, ce qui correspond à un enrichissement organique faible. Le tableau en annexe présente les résultats pour tous les échantillons. Aucun gradient particulier n'est observé sur la zone.

**Tableau 121. Teneurs moyennes en éléments nutritifs sur la zone d'étude rapprochée**

	Carbone organique total (%)	Matières organiques (%)	Azote Kjeldahl (%)	Phosphore (mg/kg)
Moyenne des 57 échantillons	1,39 ± 0,4	8,26 ± 0,9	0,24 ± 0,15	396 ± 39
Indice IEO	1	-	0	0

∑IEO = 1 → Enrichissement faible

#### Secteur GM-ES :

Les concentrations en carbone organique total et matières organiques de l'ensemble des échantillons sur la zone d'étude élargie (site GM-ES) indiquent un enrichissement faible pour l'ensemble des échantillons, avec des moyennes respectives de 1,2% et 6,85%. A l'échelle de la zone, les

concentrations en azote Kjeldahl et en phosphore sont également faibles (respectivement 0,2% et 384 mg/kg en moyenne).

D'après l'indice d'Alzieu, les stations présentent un enrichissement nul (station 2NW025) ou faible (autres stations).

Le tableau ci-dessous présente le niveau d'enrichissement moyen à l'échelle de la zone GM-ES. L'indice synthétique d'enrichissement est de 1, ce qui correspond à un enrichissement organique faible. Le tableau en annexe présente les résultats pour tous les échantillons. Aucun gradient particulier n'est observé autour des anciens puits.

**Tableau 122. Teneurs moyennes en éléments nutritifs sur la zone d'étude élargie (site GM-ES)**

	Carbone organique total	Matières organiques	Azote Kjeldahl	Phosphore
	%	%	%	mg/kg
Moyenne des 10 échantillons	1,20 ± 0,5	6,85 ± 1,1	0,21 ± 0,05	384 ± 52
Indice IEO	1		0	0

ΣIEO = 1 → Enrichissement faible

#### Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

Les **concentrations en COT** dans les sédiments sont assez variables entre les secteurs et à l'intérieur des secteurs (variations inter-stations). Les valeurs les plus élevées sont situées dans le secteur Nasua et plus particulièrement sur les stations positionnées en croix (stations 1 à 16). Les variables les plus faibles sont aux extrémités de la zone d'étude (secteurs nord-ouest et GM-ES-2). Les secteurs GM-ES-2 et GMES-3R ne se différencient pas nettement de la zone Nasua élargie.

Les **concentrations en matière organique** sont très stables sur la zone Nasua élargie et légèrement plus faibles sur les secteurs GM-ES-2 et GMES-3R. La figure suivante suggère un léger gradient dans l'axe principal de la zone d'étude, avec des valeurs décroissantes entre les secteurs Nasua, GMES-3R puis GM-ES-2.

Les **teneurs en azote** dans les sédiments sont assez variables entre les secteurs et à l'intérieur des secteurs (variations inter-stations). La variabilité est particulièrement forte dans le secteur S17-S45, pour partie en raison de la **forte valeur mesurée sur la station S36** (1,27%). Les secteurs GM-ES-2 et GMES-3R ne se différencient pas nettement de la zone Nasua élargie.

Les **teneurs en phosphore** sont moins variables entre les stations et les secteurs. Aucune tendance spatialisée particulière ne semble se dessiner. Les secteurs GM-ES-2 et GMES-3R ne se différencient pas nettement de la zone Nasua élargie.

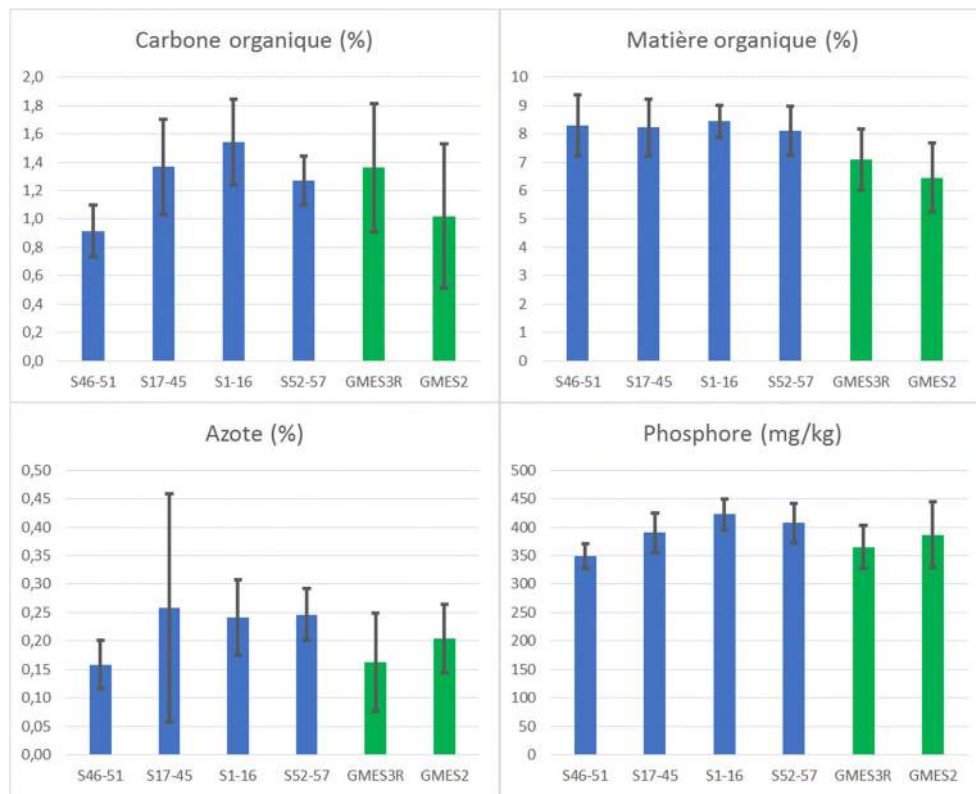


Figure 150. Enrichissement des sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude

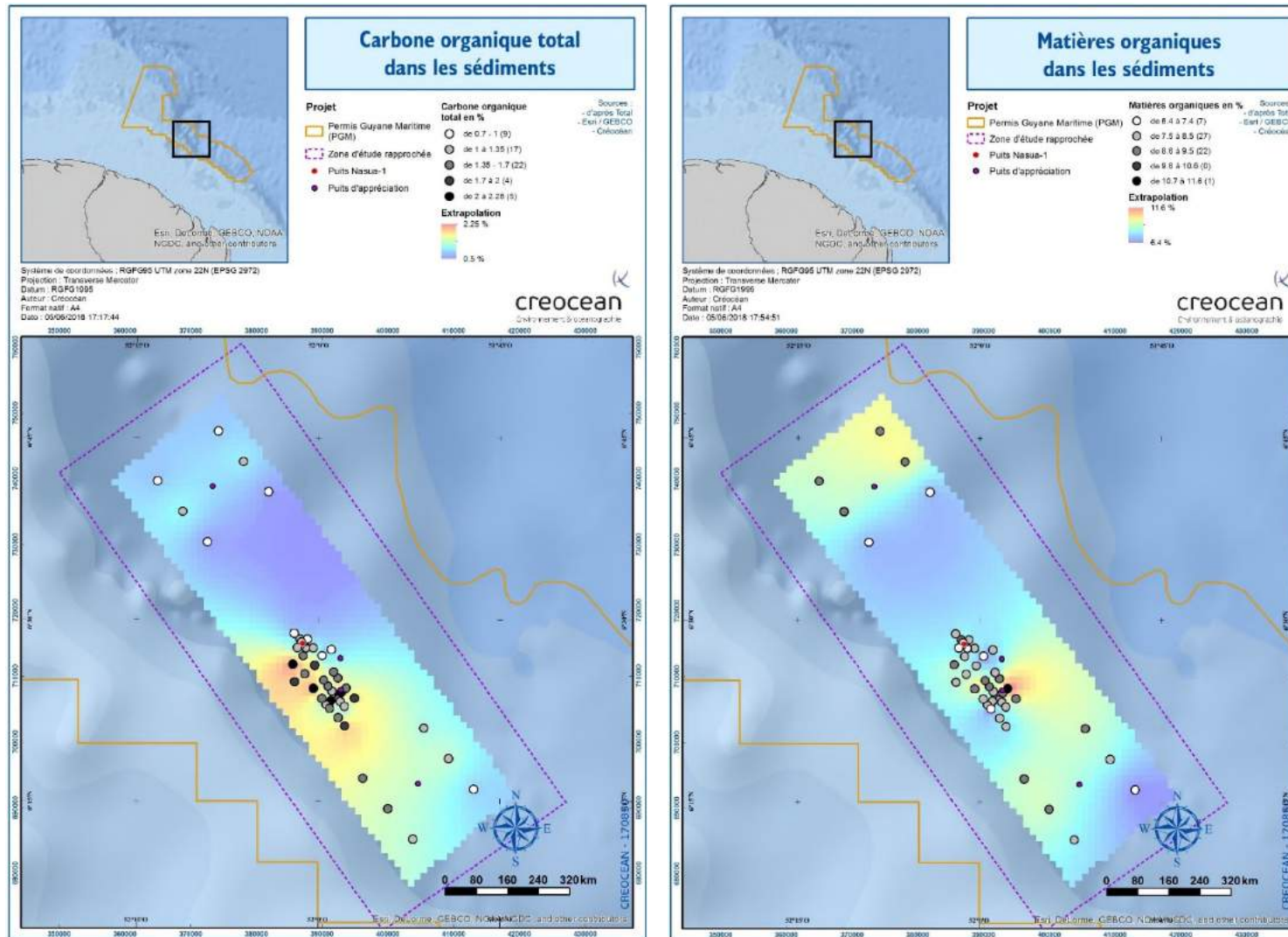


Figure 151. Variations spatiales des teneurs en éléments organiques sur le secteur de Nasua



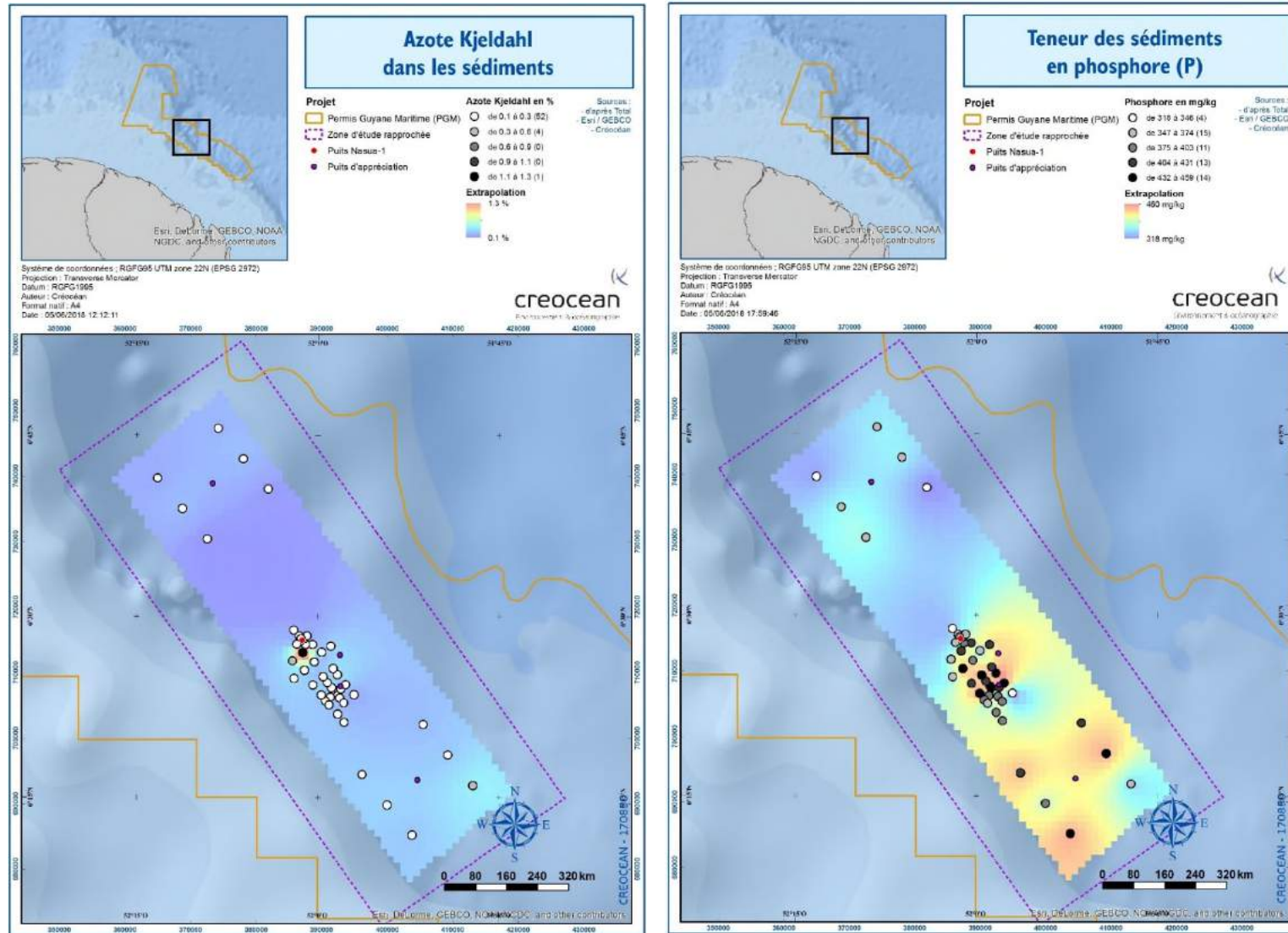


Figure 152. Variations spatiales des teneurs en éléments nutritifs sur le secteur de Nasua

#### 4.2.2.1.3. Métaux

Les teneurs en métaux lourds sont comparées au (i) niveaux de référence de la réglementation française (Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de [...] sédiments marins) et (ii) bruit de fond géochimique mesuré par diverses méthodes. A noter que ces bruits de fond varient en fonction des endroits de la planète et sont présentés à titre comparatif uniquement.

##### Secteur Nasua :

Le tableau ci-dessous présente les concentrations moyennes sur la zone d'étude rapprochée pour chaque métal, ainsi que les seuils existants. Le tableau présenté en annexe synthétise l'ensemble des résultats.

**Tableau 123. Concentrations moyennes et écart-types en métaux traces dans les sédiments de la zone d'étude rapprochée**

Métaux (mg/kg)	Moyenne ± ET	Minimum	Maximum	BDF	N1	N2
Aluminium	18519 ± 2334	14100	24100	-	-	-
Antimoine	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Argent	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Arsenic	6,1 ± 1,2	4,39	12,4	4,4	25	50
Baryum	105,1 ± 22,1	49,4	200	-	-	-
Béryllium	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Cadmium	0,45 ± 0,04	<LQ	0,49	0,5	1,2	2,4
Chrome	26,7 ± 2,3	18,4	29,6	45	90	180
Cobalt	12,0 ± 2,0	7,9	18,7	-	-	-
Cuivre	29,2 ± 4,1	11,1	43	35	45	90
Etain	52,4 ± 77,6	<LQ	142	-	-	-
Fer	32600 ± 3531	24800	51400	-	-	-
Manganèse	232 ± 40	167	387	-	-	-
Molybdène	1,1 ± 0,03	<LQ	1,11	-	-	-
Nickel	22,2 ± 2,8	16,7	31	20	37	74
Phosphore	396 ± 38	318	472	-	-	-
Plomb	17,6 ± 2,0	10,8	22,2	47	100	200
Sélénium	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Thallium	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Vanadium	40,6 ± 4,4	29,5	56,1	-	-	-
Zinc	66,2 ± 6,3	52,1	81,1	115	276	552
Mercure	0,13 ± 0,02	<LQ	0,17	0,2	0,4	0,8

N1 et N2 : seuils de pollution définis par l'arrêté du 9 août 2006.

BDF : bruit de fond issu du groupe de travail GEODE

LQ : limite de quantification.

De manière générale, les teneurs en métaux réglementés mesurées dans les sédiments profonds sont homogènes. Elles sont typiques de milieux non contaminés, relativement faibles, conformes à la réglementation et sont comparables aux bruits de fond établies par GEODE (1993). Les teneurs en antimoine, argent, béryllium, cadmium, sélénium et thallium sont en dessous des seuils de quantification pour tous les échantillons.

Les concentrations en **aluminium** sont relativement faibles, ne montrant pas d'apport anthropique particulier.

Les concentrations en **arsenic** sont conformes à la réglementation et varient entre 4,4 et 12,4 mg/kg. La teneur moyenne est légèrement supérieure au bruit de fond géochimique mais ne montre pas de pollution. La valeur maximale est mesurée sur la **station S49**.

Les concentrations en **baryum** varient entre 49,4 et 200 mg/kg et ne montrent pas de pollution. C'est la **station 44** qui présente la valeur maximale. Il n'existe pas de bruit de fond établi pour cette substance. A titre indicatif, des concentrations moyennes de l'ordre de 360 mg/kg sont mesurées sur des sites de référence (non-soumis à l'influence d'apports anthropiques) en Alaska (Trefry *et al.*, 2013).

Les concentrations en **chrome** sont inférieures aux valeurs réglementaires et au bruit de fond géochimique.

Les concentrations en **cobalt** sont homogènes et similaires aux teneurs mesurées dans la croûte continentale par différents auteurs.

Les concentrations en **cuivre** sont conformes à la réglementation et varient entre 11,1 et 43 mg/kg. A noter toutefois que la valeur maximale, obtenue sur **S16, est proche du seuil N1 (45 mg/kg)**, qui indique une contamination légère.

Les concentrations en **étain** sont globalement faibles et homogènes. Cependant la station **S09 présente une concentration extrêmement élevée de 142 mg/kg**. Le laboratoire a confirmé cette valeur, qu'aucun élément extérieur de notre connaissance ne permet d'expliquer. Les concentrations des autres paramètres ne présentant aucune anomalie sur cet échantillon, il peut s'agir d'une contamination via un outil externe contenant de l'étain ou de la présence très ponctuelle d'étain dans le sédiment prélevé.

Les concentrations en **fer** varient entre 29 500 mg/kg et 37 600 mg/kg. Ces teneurs sont essentiellement liées aux apports terrigènes, sous l'effet de l'altération des roches. La **station 49** présente une concentration en fer plus élevée qui atteint 51400 mg/kg.

Les concentrations en **manganèse** varient entre 167 et 387 mg/kg. Ce métal provient également de l'altération des roches. McLennan (2001) décrit une teneur en manganèse de la croûte continentale de 600 mg/kg, soit bien plus élevée que celle retrouvée dans les sédiments de la zone NASUA.

Le **molybdène** est quantifié sur S12 uniquement (échantillon normal et échantillon de contrôle). La concentration reste faible (1,11 mg/kg) et semblable à la teneur de 1,5 mg/kg décrite par McLennan (2001).

Les concentrations en **nickel** sont légèrement supérieures au bruit de fond géochimique (20 mg/kg) mais n'indiquent pas de contamination.

Les concentrations en **plomb** sont inférieures au bruit de fond géochimique.

Les concentrations en **vanadium** sont largement inférieures aux bruits de fonds mesurées par la convention OSPAR (150 mg/kg). La valeur maximale est mesurée sur la **station S49**.

Les concentrations en **zinc** sont inférieures aux bruits de fonds géochimiques.

Enfin, le **mercure** est quantifié sur S17 uniquement, à une concentration de 0,12 mg/kg, et reste largement inférieur aux seuils définis par la réglementation.

Secteur GM-ES :

Le tableau ci-dessous présente les concentrations moyennes sur la zone d'étude élargie (site GM-ES) pour chaque métal, ainsi que les seuils réglementaires. Le tableau présenté en annexe synthétise l'ensemble des résultats par station.

**Tableau 124. Concentrations moyennes en métaux traces dans les sédiments de la zone d'étude élargie**

Métaux (mg/kg)	Moyenne ± ET	Minimum	Maximum	BDF	N1	N2
Aluminium	16100 ± 2804	11800	20500	-	-	-
Antimoine	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Argent	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Arsenic	6,4 ± 1,2	4,4	8,2	4,4	25	50
Baryum	643 ± 385	130	1470	-	-	-
Béryllium	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Cadmium	<LQ	<LQ	<LQ	0,5	1,2	2,4
Chrome	23,2 ± 3,7	17,8	28,7	45	90	180
Cobalt	11,6 ± 2,2	8,3	14,5	-	-	-
Cuivre	16,6 ± 3,3	10,7	20,8	35	45	90
Étain	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Fer	28790 ± 2852	24300	33600	-	-	-
Manganèse	182 ± 34	140	255	-	-	-
Molybdène	3,1 ± 2,2	<LQ	4,7	-	-	-
Nickel	20,1 ± 2,9	14,7	24	20	37	74
Phosphore	384 ± 52	285	453	-	-	-
Plomb	19,4 ± 13,1	12,3	56,4	47	100	200
Sélénium	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Thallium	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-
Vanadium	37,2 ± 3,7	32,3	42	-	-	-
Zinc	69,0 ± 19,2	54,1	121	115	276	552
Mercure	<LQ	<LQ	<LQ	0,2	0,4	0,8

N1 et N2 : seuils de pollution définis par l'arrêté du 9 août 2006.

BDF : bruit de fond (GEODE, 1993).

LQ : limite de quantification.

Les teneurs en **antimoine, argent, béryllium, étain, sélénium, thallium et mercure** sont en dessous des seuils de quantification pour tous les échantillons.

Les concentrations en **aluminium** varient entre 11 800 et 20 500 mg/kg (soit 1,18 et 1,90%). Il s'agit de valeurs relativement faibles, ne montrant pas d'apport anthropique particulier.

Les concentrations en **arsenic** varient entre 4,4 et 8,2 mg/kg, et sont du même ordre de grandeur que sur la zone d'étude rapprochée.

Les concentrations en **baryum** sont importantes et varient de 130 à 1 470 mg/kg. Elles sont particulièrement élevées dans un rayon de 250 m autour des anciens sites de forage. La valeur maximale est obtenue à 50 m du puits GM-ES-2. Ces résultats, largement supérieurs à ceux mesurés avant forage et sur la zone d'étude rapprochée montrent une contamination au baryum à proximité des

anciens puits. Cette contamination s'explique probablement par la présence de résidus des boues de forage. Cependant, aucun seuil réglementaire ne permet d'établir des seuils de toxicité pour le baryum.

Les concentrations en **cadmium** sont inférieures aux seuils de quantification (0,4 mg/kg) sur tous les échantillons à l'exception de 2SE025, qui présente une valeur de 0,47 mg/kg. Ces résultats n'indiquent pas de pollution.

Les concentrations en **chrome** sont largement en dessous des seuils réglementaires et sont semblables à celles mesurées sur la zone NASUA.

Les concentrations en **cobalt** varient entre 8,3 et 14,5 mg/kg et n'indiquent pas de contamination particulière.

Les concentrations en **cuivre** sont largement inférieures aux seuils réglementaires.

Les concentrations en **fer** varient entre 24 300 et 33 600 mg/kg. Ces teneurs sont semblables à celles mesurées sur la zone d'étude rapprochée. La présence de fer provient essentiellement des apports terrigènes.

Les concentrations en **manganèse** varient entre 140 et 255 mg/kg. Ce métal provient également de l'altération des roches, et les teneurs mesurées sont inférieures à celles de la croûte continentale décrites par McLennan (2001).

Le **molybdène** est détecté sur la station 3RNW005 (échantillons A et B) uniquement, avec une valeur maximale de 4,7 mg/kg. Ces résultats n'indiquent pas de contamination.

Les concentrations en **nickel** varient entre 14,7 et 24 mg/kg et sont conformes aux seuils réglementaires. Elles sont du même ordre de grandeur que celles mesurées avant forage en 2012.

Les concentrations en **plomb** varient autour de 15 mg/kg, à l'exception de 2SE025 qui présentent une concentration de 56,4 mg/kg. Ces teneurs sont toutes inférieures aux seuils réglementaires.

Les concentrations en **vanadium** varient entre 32 et 42 mg/kg. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées durant l'état initial avant forage et sur la zone NASUA.

Les concentrations en **zinc** varient entre 54 et 121 mg/kg. Ces concentrations sont largement inférieures aux seuils réglementaires. La concentration maximale est mesurée sur la station 2SE025, qui présentait également une concentration en plomb bien plus élevée que les autres stations. Ces résultats suggèrent une caractéristique ponctuelle sur cet échantillon, non représentative du sédiment de la zone GM-ES.

#### Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

Les deux figures suivantes présentent les teneurs en métaux lourds par secteur géographique, pour les métaux présentant des concentrations supérieures au seuil de détection.

Les secteurs GMES-2 et GMES-3R ne se distinguent pas nettement de la zone Nasua sauf pour le baryum qui présente clairement des concentrations plus fortes, indiquant la présence résiduelle des déblais de forage liés au puits GMES-3R. En particulier, on observe un gradient croissant des concentrations de baryum à l'approche du point de forage.

Pour le plomb et le zinc, les concentrations sont légèrement plus élevées sur le secteur GMES-2, mais uniquement en raison de valeurs maximales mesurées sur la station 2SE025.

La distribution spatiale des concentrations en fer et en vanadium suggère un gradient décroissant possible entre les secteurs nord-ouest et sud-est (Figure 153).



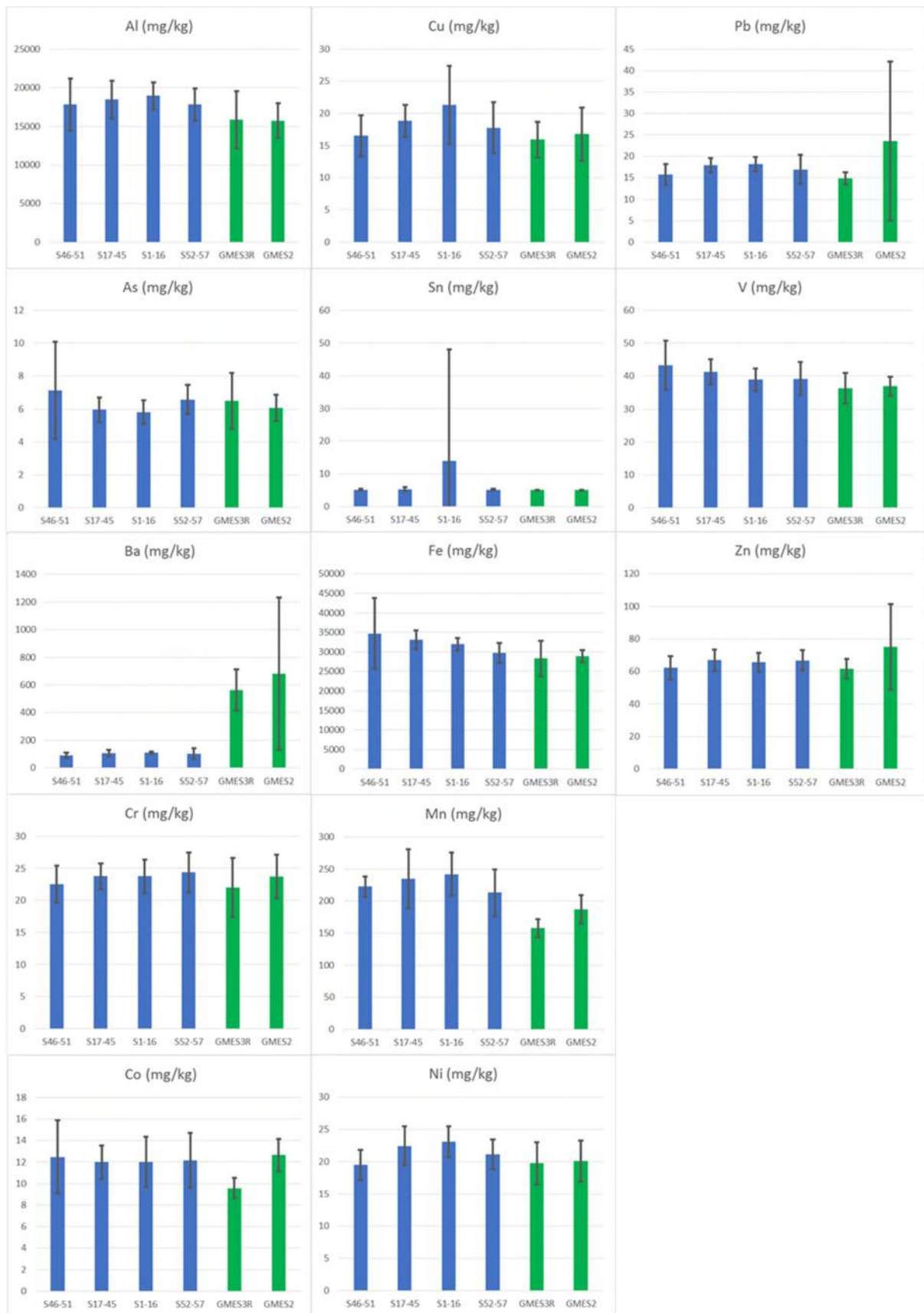
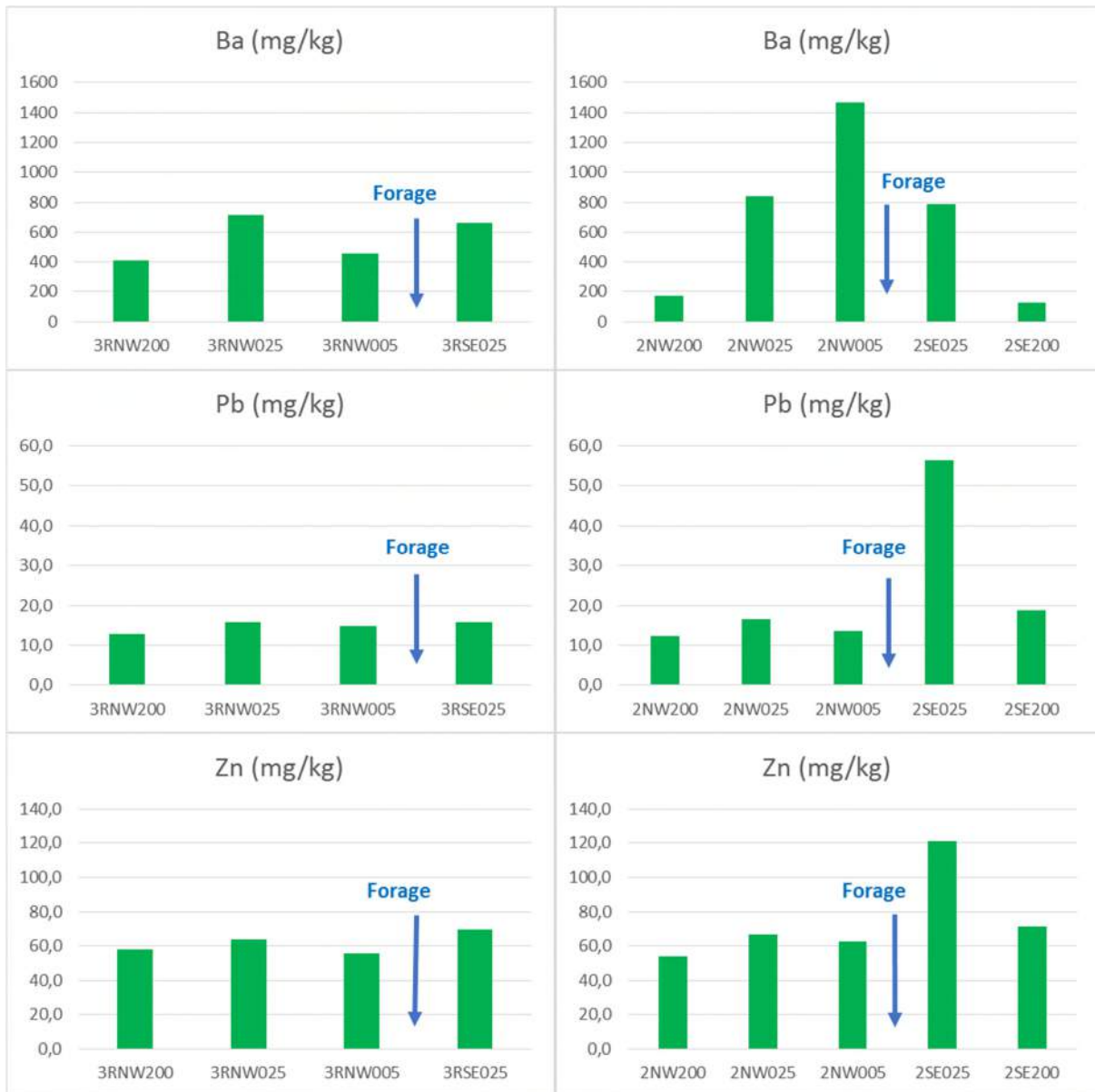


Figure 153. Concentrations en métaux lourds des sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude



005 = station située à 50 m du puits  
 025 = station située à 250 m du puits  
 200 = station située à 2000 m du puits

**Figure 154. Concentrations en baryum, plomb et zinc sur les secteurs GMES**

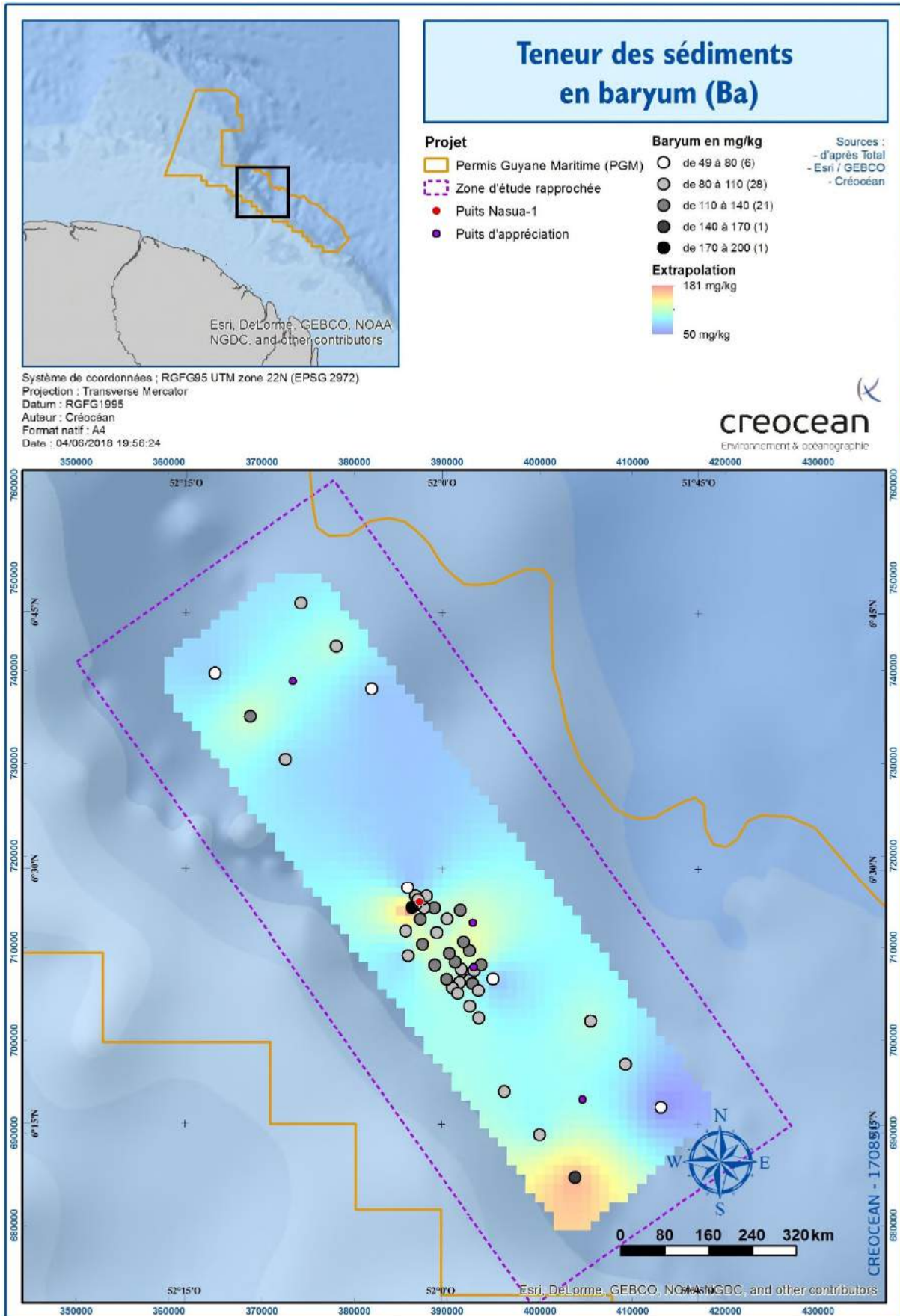


Figure 155. Variations spatiales des concentrations en baryum sur le secteur Nasua

#### 4.2.2.1.4. Hydrocarbures

##### ► Hydrocarbures totaux et alcènes

La teneur en hydrocarbures totaux incluant les aromatiques et les aliphatiques dans les sédiments est comparée à titre indicatif à la concentration maximale autorisée pour la caractérisation des sédiments en déchets inertes (500 mg/kg), selon l'arrêté du 12 décembre 2014.

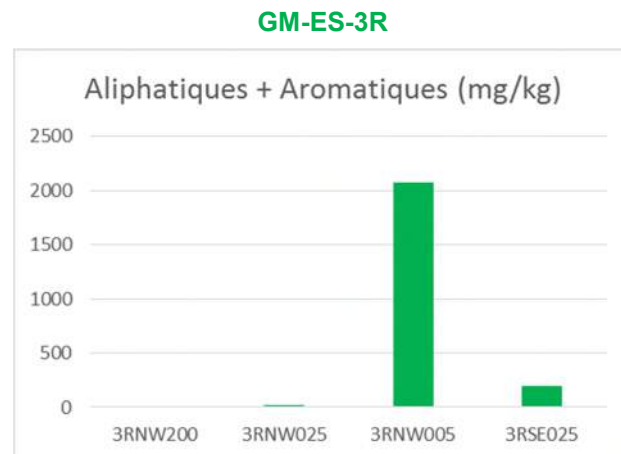
##### Secteur Nasua :

Dans tous les échantillons prélevés dans la zone d'étude rapprochée, les hydrocarbures totaux sont **en dessous des seuils de quantification** (20 mg/kg). On peut ainsi considérer que dans des conditions naturelles et en l'absence de forage, ces composés sont quasiment absents du sédiment et sont essentiellement d'origine biogénique. Aucune trace de suintements naturels d'hydrocarbures n'a été mise en évidence sur la zone investiguée.

##### Secteur GM-ES :

Les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques ainsi que les alcènes mesurés dans la zone d'étude élargie (site GM-ES) sont en dessous des seuils de quantification dans tous les échantillons prélevés autour du puits GM-ES-2.

En revanche, ils sont détectés jusqu'à 250 m autour du puits GM-ES-3R, avec un maximum de 2070 mg/kg sur 2NW005, à 50 m au nord-ouest de l'ancien forage. Les teneurs sont plus faibles que celles mesurées en 2013 (3 500 mg/kg sur 2NW005).



005 = station située à 50 m du puits  
025 = station située à 250 m du puits  
200 = station située à 2000 m du puits

**Figure 156. Focus sur les teneurs en hydrocarbures totaux et en alcènes du secteur GM-ES-3R**

##### ► Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques regroupent un ensemble vaste de composés présents de façon ubiquiste dans l'environnement marin. Même si la majorité des aromatiques présents dans l'environnement provient de sources anthropiques (fumées de combustion notamment), ces composés peuvent exister à l'état naturel dans l'environnement (Tronczynski *et al.*, 1999, Nikolaou *et al.*, 2009).

Les seize molécules réglementées par la législation française (Arrêté du 9 août 2006<sup>32</sup>) relative aux travaux de dragage ont été recherchés.

#### Secteur Nasua :

Tous les échantillons analysés de la zone d'étude rapprochée ont des teneurs **largement inférieures au seuil N1**. Le tableau ci-dessous présente les moyennes des concentrations pour chaque composé. Le naphthalène, le fluorène, le fluoranthène et le phénanthrène sont détectés dans la majorité des échantillons. Les autres molécules sont détectées dans certains échantillons uniquement, et dans des concentrations encore plus faibles. Les sédiments de la zone NASUA semblent donc soumis à une légère influence anthropique.

**Tableau 125. Concentrations moyennes en hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments de la zone d'étude rapprochée**

		Moyenne ± ET	Minimum	Maximum	N1	N2
Naphtalène	µg/kg	6,0 ± 1,9	3,1	12	160	1130
Acénaphtylène	µg/kg	3,7 ± 0,8	3,1	5,6	40	340
Acénaphène	µg/kg	3,8 ± 1,0	2,7	5,7	15	260
Fluorène	µg/kg	5,3 ± 2,8	2,6	14	20	280
Phénanthrène	µg/kg	11,2 ± 8,1	3,3	40	240	870
Anthracène	µg/kg	3,8 ± 0,7	2,6	4,6	85	590
Fluoranthène	µg/kg	6,6 ± 4,2	2,6	25	600	2850
Pyrène	µg/kg	5,7 ± 3,2	2,6	16	500	1500
Benzo (a) anthracène	µg/kg	4,6 ± 1,6	2,7	8,4	260	930
Chrysène	µg/kg	5,1 ± 2,0	3,1	10	380	1590
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	5,6 ± 2,6	2,8	12	400	900
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	4,7 ± 1,3	3,7	6,2	200	400
Benzo (a) pyrène	µg/kg	4,9 ± 2,1	2,5	9,7	430	1015
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	<LQ	0	0	60	160
Benzo (g,h,i) périlène	µg/kg	5,7 ± 2,1	3,6	9,2	1700	5650
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	µg/kg	4,0 ± 1,0	3	6,3	1700	5650

ET : écartype

N1 et N2 : seuils de pollution définis par l'arrêté du 9 août 2006.

LQ : limite de quantification.

#### Secteur GM-ES :

Tous les échantillons analysés de la zone d'étude rapprochée (site GM-ES) possèdent des teneurs **conformes à la réglementation**. Le tableau 124 présente les moyennes des concentrations pour chaque paramètre.

Comme sur la zone d'étude rapprochée, le naphthalène, le fluorène, le fluoranthène et le phénanthrène sont détectés dans la majorité des échantillons. Ces molécules présentent des concentrations

<sup>32</sup> Arrêté du 8 février 2013 complémentaire à l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du Code de l'environnement.



globalement faibles et du même ordre de grandeur que celles mesurées sur la zone d'étude rapprochée ou lors de l'état initial (Créocéan, 2013), à l'exception de l'échantillon 2SE025. Sur celui-ci, les teneurs en fluorène, phénanthrène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène et benzo(k)fluoranthène sont remarquablement plus élevées que sur les autres stations. C'est d'ailleurs ce qui explique les écarts-types importants dans le tableau ci-dessous. De plus, le fluorène et le phénanthrène sont proches du seuil N1 (respectivement 10 et 220 µg/kg).

Les autres molécules sont détectées dans certains échantillons uniquement, et dans des concentrations faibles.

**Tableau 126. Concentrations moyennes en hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments de la zone d'étude éloignée (site GM-ES)**

		Moyenne ± ET	Minimum	Maximum	N1	N2
Naphtalène	µg/kg	7,7 ± 2,6	4,6	14	160	1130
Acénaphthylène	µg/kg	2,9 ± 0,5	2,5	3,4	40	340
Acénaphthène	µg/kg	2,7 ± 0,2	2,6	2,9	15	260
Fluorène	µg/kg	4,8 ± 2,2	2,9	10	20	280
Phénanthrène	µg/kg	31,5 ± 66,5	6,0	220	240	870
Anthracène	µg/kg	4,9 ± 3,5	2,4	7,4	85	590
Fluoranthène	µg/kg	34,5 ± 89,9	2,3	290	600	2850
Pyrène	µg/kg	18,9 ± 41,7	2,5	130	500	1500
Benzo (a) anthracène	µg/kg	6,6 ± 5,6	3,5	15	260	930
Chrysène	µg/kg	7,7 ± 8,0	2,8	22	380	1590
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	4,7 ± 2,2	3,0	8,2	400	900
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	4,4 ± 2,2	2,8	5,9	200	400
Benzo (a) pyrène	µg/kg	4,9*	4,9	4,9	430	1015
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	<LQ	0	0	60	160
Benzo (g,h,i) périlène	µg/kg	5,2*	5,2	5,2	1700	5650
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	µg/kg	3,5*	3,5	3,5	1700	5650

ET : écart-type

N1 et N2 : seuils de pollution définis par l'arrêté du 9 août 2006.

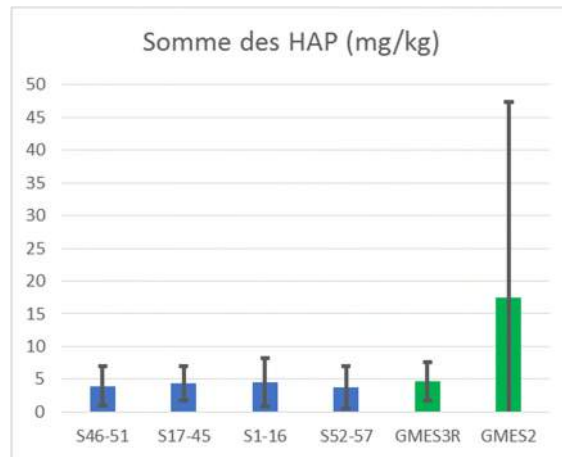
LQ : limite de quantification.

\* valeur ponctuelle car un seul échantillon dépasse la LQ.

#### Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

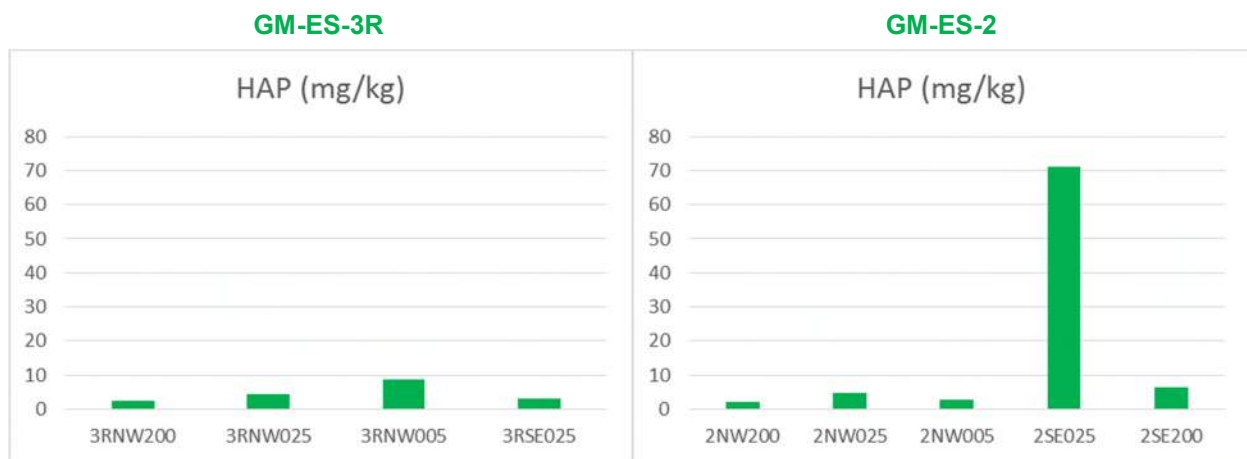
Le cumul des concentrations des 16 composés a été calculé pour étudier les variations spatiales des HAP.

On observe que les concentrations cumulées sont faibles sur tous les secteurs sauf le secteur GMES-2 qui présente une forte variabilité entre les stations (Figure 157).



**Figure 157. Concentrations en HAP dans les sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude**

Sur le secteur GMES-2, c'est essentiellement la station à 250 m au sud-est du puits qui est contaminée. Cette station présente les valeurs maximales mesurées sur GMES pour 8 des 16 HAP mesurés, et notamment avec des écarts importants par rapport aux autres stations sur le fluoranthène (290 µg/kg), le phénanthrène (220 µg/kg) et le pyrène (130 µg/kg).



005 = station située à 50 m du puits  
 025 = station située à 250 m du puits  
 200 = station située à 2000 m du puits

**Figure 158. Concentrations en HAP sur les secteurs GM-ES-2 et GM-ES-3R**

### ► Les alcènes

Les alcènes, sont des produits du fluide de forage synthétique utilisé lors des opérations de forages.

#### Secteur Nasua :

Les alcènes n'ont pas été mesurés sur les stations du secteur Nasua.

#### Secteur GM-ES :

Les alcènes ont été analysés dans la zone d'étude élargie (autour des puits 2 et 3R de la zone GM-ES, afin d'évaluer les concentrations résiduelles après la fin de l'exploitation du puits, en juin 2013. L'étude de la distribution spatiale et temporelle des alcènes autour des puits de forage (Créocéan, 2014) avait mis en **évidence** les points suivants :

- des teneurs inférieures au seuil de détection (<10 mg/kg) avant le forage, sur les stations situées de 250 à 2000 m de chaque puits,

- une augmentation significative 2 semaines après le forage sur GM-ES-3R, avec 600 mg/kg mesurés à 2000 m du puits, et plus de 10000 mg/kg mesurés entre 50 et 250m du puits,
- des teneurs résiduelles très élevées 4 mois après le forage sur GM-ES-2, avec 160 mg/kg mesurés à 2000 m du puits, et environ 400 mg/kg à 250 m du puits.

Les analyses effectuées en 2017 présentent le même profil que les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques. Elles indiquent que :

- la contamination aux alcènes demeure significative autour de GM-ES-3R près de 5 ans après la fin du forage, mais a fortement diminué. Elle décroît avec la distance au puits. A 2000 m du puits, les concentrations en alcènes sont revenues aux valeurs initiales (<10 mg/kg). En revanche, elles restent non négligeables à 250 m du puits, et sont très élevées à 50 m (815 mg/kg sur 3RNW005),
- les alcènes sont en dessous des seuils de quantification autour du puits GM-ES-2.

Ces résultats sont cohérents avec l'étude réalisée en 2013 (Créocéan, 2014b) : des concentrations fortes en hydrocarbures et en alcènes avaient été trouvées jusqu'à une distance de 250m autour du puits GMES-3R.

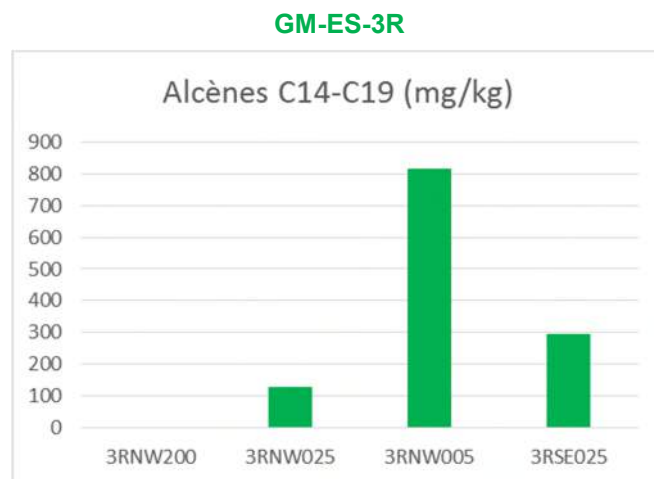


Figure 159. Concentrations en alcènes sur les stations du secteur GM-ES-3R

#### ► Composés volatils

Les composés volatils recherchés sont les composés aromatiques monocycliques BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, o-xylène et m+p-xylène notamment) et le solvant MTBE (méthyl ter-butyl éther), très utilisé comme additif de l'essence jusqu'en 2005 (ANSES, 2014).

Ces composés sont **en-dessous des seuils de quantification** dans tous les échantillons de la zone d'étude rapprochée et élargie (site GM-ES).

#### ► Les bactéries dégradant les hydrocarbures et les bactéries hétérotrophes

##### Secteur Nasua :

Les bactéries dégradant les hydrocarbures (HAB – Hydrocarbon Adapted Bacteria) et bactéries hétérotrophes totales (THB – Total Hydrocarbon Bacteria) sont détectées sur presque toutes les stations et les secteurs, mais avec des variations très fortes qui ne permettent pas de dégager des tendances claires.

##### Secteur GMES :

Le secteur de GMES-2 présente des valeurs très faibles en opposition au secteur GMES-3R qui affiche des valeurs maximales en 2017. Ces résultats sont cohérents avec la présence d'alcènes et d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques dans ce secteur.

Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

Le secteur GMES-3 apparaît bien comme le secteur le plus riche en bactéries dégradant les hydrocarbures et en bactéries hétérotrophes (Figure 160). Les stations les plus contaminées sont les stations à 250m de part et d'autre du puits dans l'axe nord-ouest/sud-est pour les bactéries dégradant les hydrocarbures et les stations à 2km et 250 m au nord-ouest du puits pour les bactéries hétérotrophes.

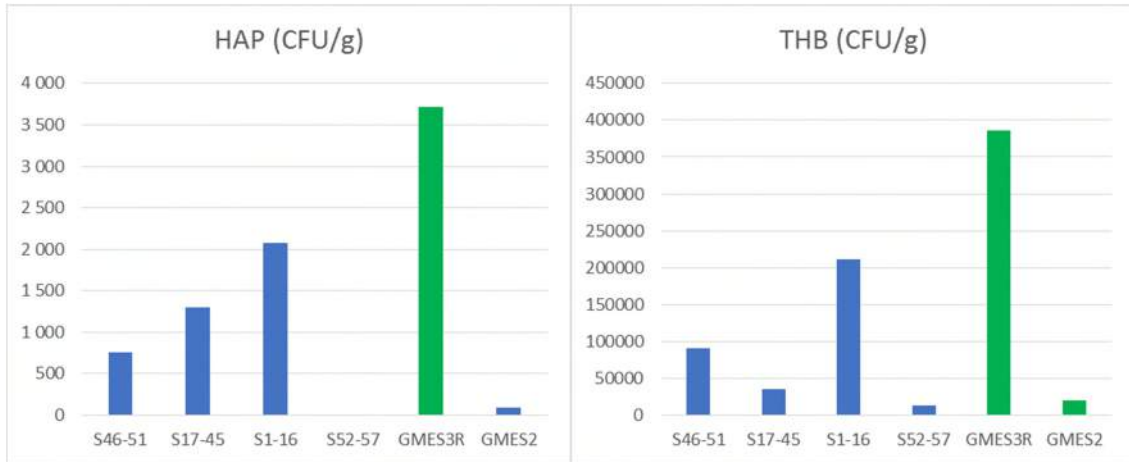
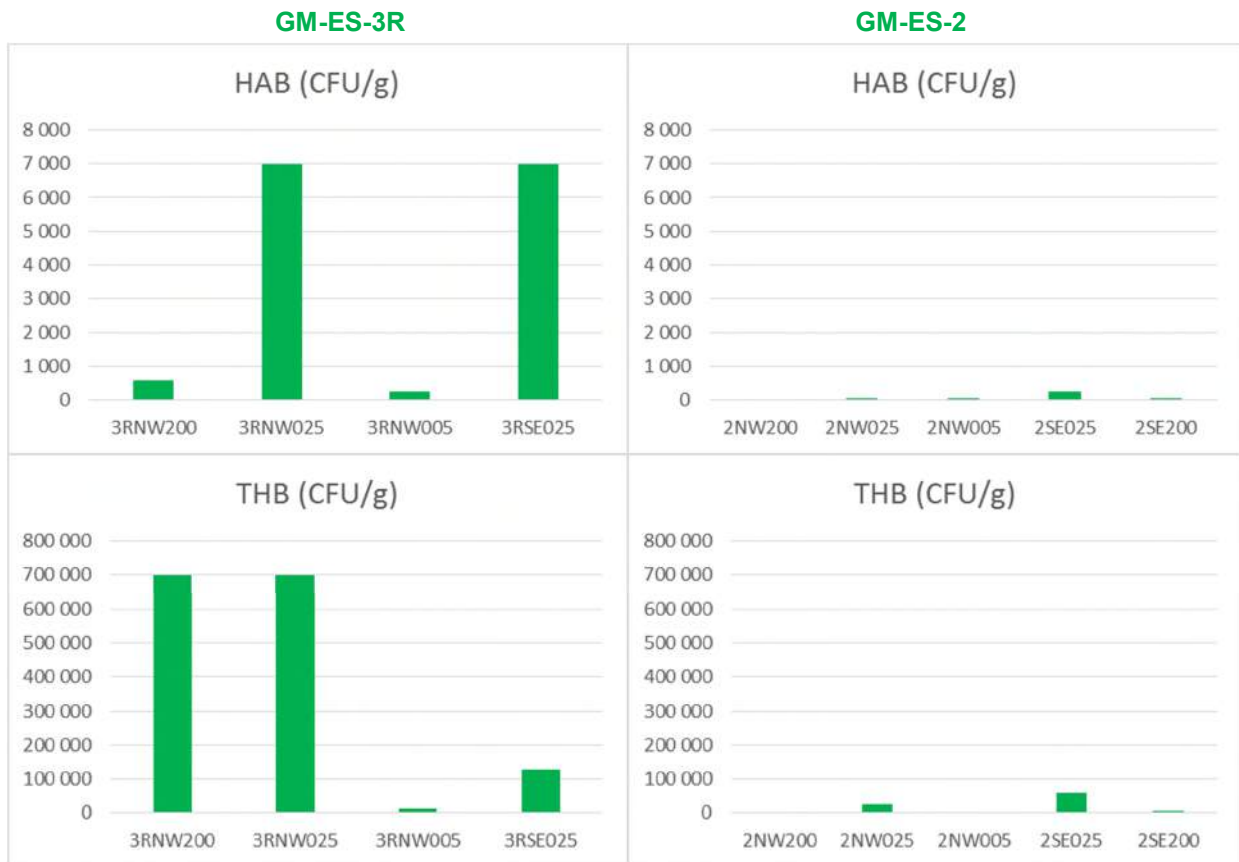


Figure 160. Concentrations en bactéries des sédiments par lot de stations sur toute la zone d'étude



005 = station située à 50 m du puits  
 025 = station située à 250 m du puits  
 200 = station située à 2000 m du puits

Figure 161. Concentrations en bactéries sur les secteurs GM-ES-2 et GM-ES-3R

#### 4.2.2.2. Macrofaune benthique profonde

La macrofaune benthique de substrat meuble est constituée de l'ensemble des espèces qui vivent dans les premiers centimètres du substrat. Cette faune est soumise aussi bien à la qualité de l'eau, notamment pour les filtreurs, qu'à la composition et la qualité du substrat. Le substrat constitue l'habitat mais aussi la source de nourriture de ces espèces qui évoluent en fonction des modifications du milieu.

##### 4.2.2.2.1. La faune endogée prélevée au carottier

###### ► Structure générale du peuplement benthique

A partir de la liste des espèces identifiées et des abondances de chaque espèce par station, les richesses spécifiques, les densités et les biomasses moyennes ainsi que les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité ont été calculés et sont résumés dans le tableau suivant.

La richesse spécifique correspond au dénombrement des espèces récoltées sur chaque station échantillonnage sur 0,3 m<sup>2</sup> de surface) tandis que les autres paramètres sont moyennés pour une surface de 1 m<sup>2</sup>.

Au total, 183 espèces ont été recensées sur l'ensemble des stations échantillonnées sur les secteurs de Nasua et GMES.

**Tableau 127. Descripteurs de la structure du peuplement benthique par lot de stations**

	S1-16	S17-45	S46-51	S52-57	GMES-2	GMES-3R
<b>Richesse spécifique (nb. espèces/station)</b>	27,1 ± 4,4	31,7 ± 13,0	36,3 ± 14,8	22,2 ± 12,7	36,0 ± 6,71	41,3±6,8
<b>Densité (nb ind./m<sup>2</sup>)</b>	500 ± 92	514 ± 282	1856 ± 1305	396 ± 299	1413 ± 863	952 ± 203
<b>Biomasse (g/m<sup>2</sup>)</b>	1,13 ± 1,99	0,74 ± 0,48	1,77 ± 1,07	0,50 ± 0,32	3,10 ± 4,73	0,89 ± 0,43

###### Secteur Nasua :

**Richesse spécifique** : Le nombre moyen d'espèces par station varie entre 22 et 36 espèces selon les secteurs. La variabilité entre les stations peut être relativement importante. Elle atteint 60 espèces sur la station S19 et seulement 2 espèces sur la station S24.

**Densité** : La densité des populations est très variable entre les stations et les secteurs. Elle est particulièrement élevée sur les stations S46 à S48 en raison de l'abondance d'un petit crustacé cumacé (*Leucon sp1*). Sur ces stations l'espèce atteint à elle seule des densités entre 1363 et 3160 individus/m<sup>2</sup>. Sur les autres secteurs la densité totale des espèces est d'avantage de l'ordre 400 à 500 individus/m<sup>2</sup>. La valeur minimale est obtenue sur la station S24 (7 ind./m<sup>2</sup>).

**Biomasse** : Les biomasses sont relativement faibles sur l'ensemble des stations ce qui est normal pour ce type de profondeurs et fonds envasés qui abritent généralement des espèces endogées de petite taille. Elle varie entre des valeurs proches de zéro (S24) et 8,25 g/m<sup>2</sup> sur la station S05. Sur cette dernière station, la valeur de la biomasse est essentiellement due au prélèvement d'une grosse ophiure (échinoderme) qui contribue à plus de 90% de la biomasse totale.

Ces valeurs sont globalement relativement normales pour ce type de fond, à l'exception de la station S24 qui présente un faciès extrêmement appauvri, presque azoïque, témoignant de conditions environnementales probablement délétères pour la faune benthique.



Secteur GMES :

**Richesse spécifique** : Les secteurs GMES sont globalement plus riches en espèces : la richesse varie entre 29 et 49 espèces selon les stations. La station la plus riche est la station 3RNW200 à 2 km au nord-ouest du puits GMES-3R.

**Densité** : La densité des populations est relativement élevée, entre 647 et 2850 ind./m<sup>2</sup> avec un maximum atteint sur la station 2SE200, essentiellement en raison d'une forte abondance d'un petit crustacé Tanaidacé (cf. Apseudes sp.1) qui contribue à lui-seul à 80% de la densité totale.

**Biomasse** : Les biomasses sont relativement faibles sur l'ensemble des stations ce qui est normal pour ce type de profondeurs et fonds envasés qui abritent généralement des espèces endogées de petite taille. Elle varie entre des valeurs proches de 0,35 (3RNW025) et 11,56 g/m<sup>2</sup> (3RNW200). La biomasse maximale est obtenue sur cette dernière station en raison de la forte abondance du même Tanaidacé (cf. Apseudes sp.1) qui contribue à lui-seul à 97,5% de la biomasse totale.

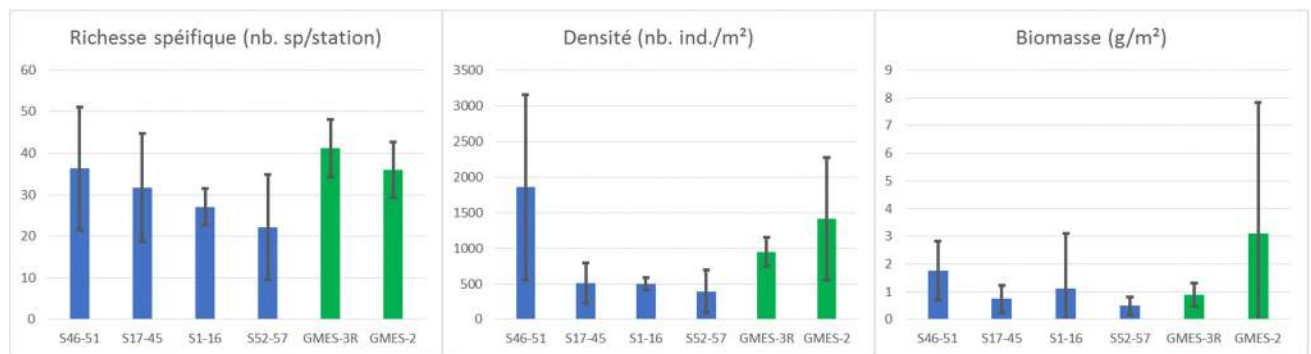
Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

La figure 162 illustre les variations des descripteurs de la structure des peuplements en fonction des différents secteurs géographiques.

On observe que les secteurs GMES-2 et GMES-3R sont globalement biologiquement plus riches que les secteurs de Nasua à l'exception de à l'extrémité nord-ouest (stations S46 à 51) qui bénéficie d'une richesse spécifique, d'une densité totale et d'une biomasse totale relativement élevées.

Sur Nasua, il semblerait qu'un gradient décroissant de la richesse spécifique se dessine dans l'axe nord-ouest/sud-est.

Les secteurs centre (stations S1 à S45) et sud-est (stations S52 à S57) de la zone de Nasua sont caractérisés par des densités faibles.



**Figure 162. Variations de la structure des peuplements benthiques entre les lots de stations**

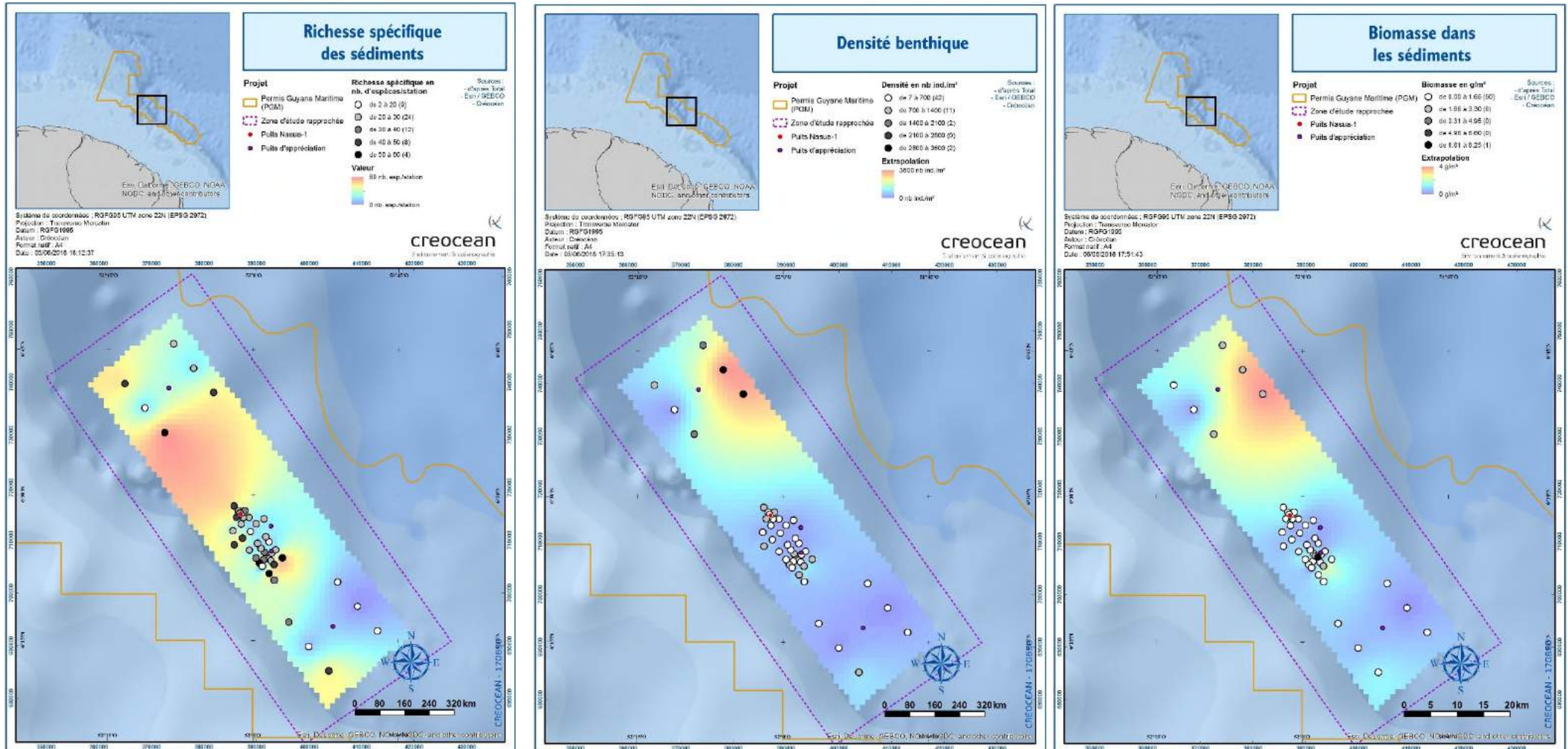


Figure 163. Variations spatiales des composantes biologiques du benthos sur le secteur de Nasua

► **Indices biologiques**

**Tableau 128. Descripteurs de la structure du peuplement benthique**

	S1-16	S17-45	S46-51	S52-57	GMES-2	GMES-3R
<b>Indice de Shannon (bits)</b>	3,9 ± 0,3	4,0 ± 0,7	2,9 ± 1,6	3,5 ± 0,8	3,6 ± 1,2	4,0 ± 0,3
<b>Equitabilité (%)</b>	82,6 ± 2,9	83,6 ± 6,0	55,9 ± 30,0	81,9 ± 8,2	69,7 ± 22,2	75,3 ± 2,4
<b>Indice Trophique (%)</b>	70,7 ± 1,9	69,1 ± 4,8	64,6 ± 4,8	65,8 ± 54	68,4 ± 1,8	65,3 ± 1,5

Secteur Nasua :

**Indices de diversité (Shannon et Equitabilité) :** Les indices de diversité sont globalement élevés (>3 bits et ≥ 70%) sauf sur le secteur au nord-ouest de Nasua (stations S46 à S51) où les fortes abondances du cumacé (*Leucon sp1*) contribuent à diminuer l'équilibre structurel entre les espèces. Les stations S46 à S48 en particulier obtiennent des indices de Shannon entre 1,7 et 0,9 bits. La valeur maximale est obtenue sur la station S19 (5,1 bits).

**Indice trophique :** Les indices sont tous supérieurs à 60% et peu variables d'une station à l'autre. Ces résultats témoignent d'un bon équilibre trophique avec une dominance des espèces du groupe des détritivores s'alimentant majoritairement à partir de particules organiques déposées dans les sédiments superficiels. Ceci est cohérent avec le milieu abyssal où les apports trophiques se font essentiellement par sédimentation des particules de la surface vers le fond. Les courants de fonds ne sont pas suffisamment forts et/ou réguliers pour favoriser les espèces s'alimentant de particules en suspension dans la colonne d'eau.

Secteur GMES :

La situation sur le secteur GMES est similaire à celle du secteur Nasua avec des valeurs d'indices de diversité et trophique et peu variables et relativement élevés.

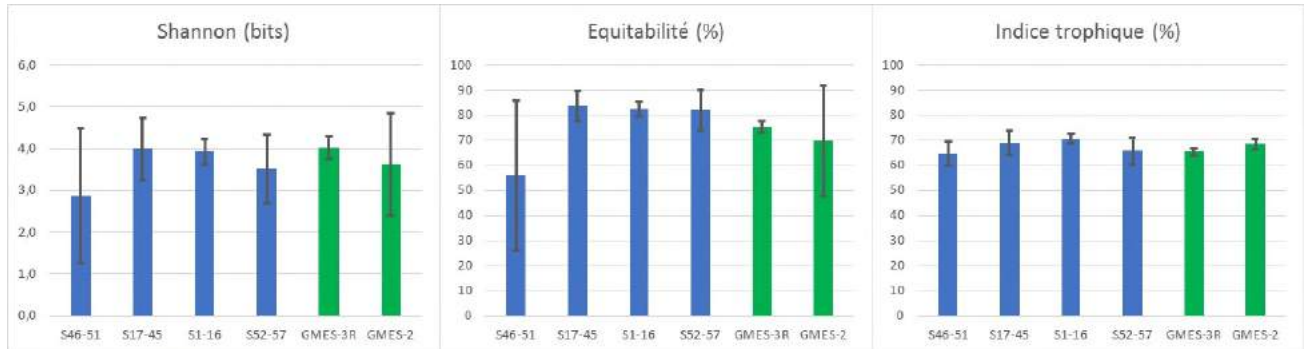
La station 2SE200 fait exception avec des indices de diversité faibles (1,5 bits et 30,5%), essentiellement dus à une surabondance du Tanaïdacé (cf. Apseudes sp.1) qui perturbe l'équilibre structurel du peuplement (Figure 164).



**Figure 164. Indice de diversité de Shannon sur les secteurs GMES**

Variations spatiales à l'échelle de la zone d'étude

La figure 165 montre clairement que le secteur au nord-ouest (station S46 à S51) présente les valeurs les plus faibles d'indices de diversité, mais que l'indice trophique reste stable sur l'ensemble de la zone d'étude.



**Figure 165. Variations des indices biologiques entre les lots de stations**

Les valeurs les plus faibles de l'indice de Shannon sont essentiellement liées à aux stations à l'extrême nord-est du secteur Nasua (Figure 166).



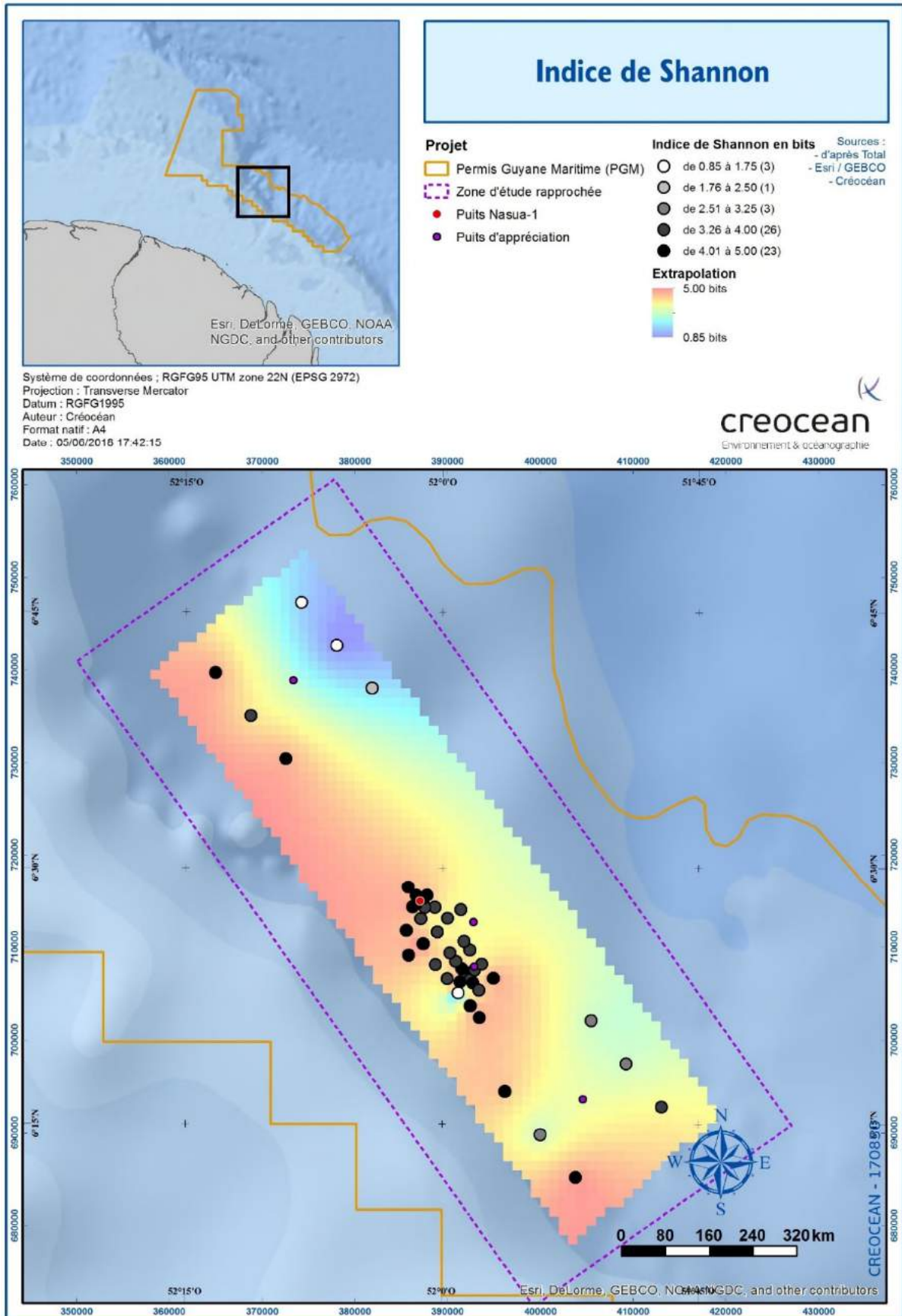


Figure 166. Variations spatiales de l'indice de Shannon sur le secteur de Nasua



► **Composition taxonomique**

Secteur Nasua :

Les densité totale et biomasses totale par grand groupe taxonomique ont été calculées par analyser la contribution respectivement des taxons.

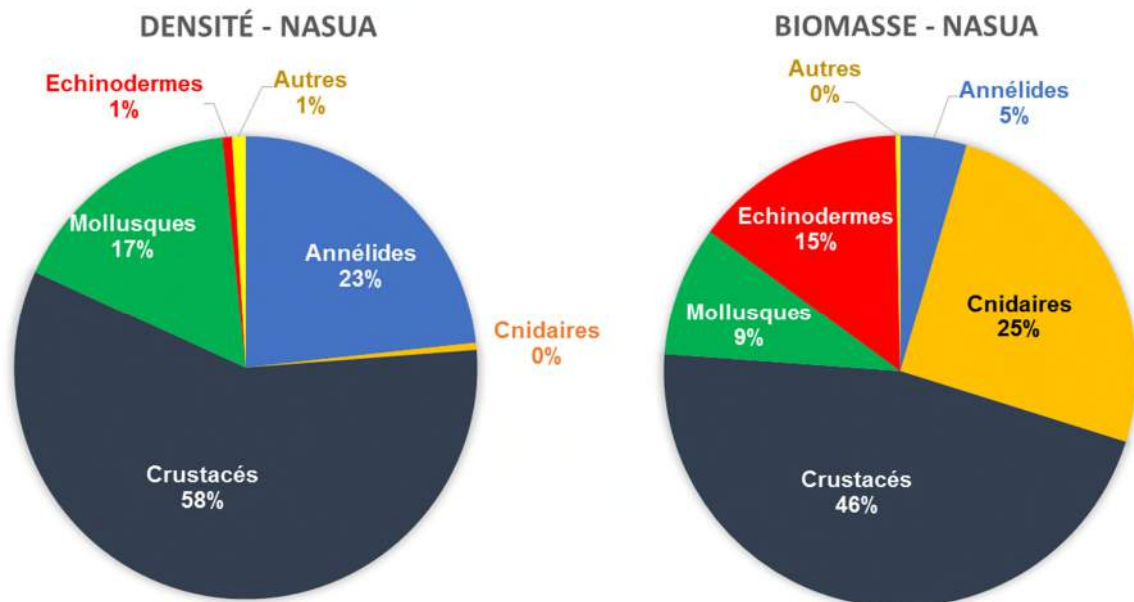
Sur Nasua, le peuplement est largement dominé par les crustacés qui contribuent à plus de la moitié de la densité totale et près de la moitié de la biomasse totale (figure 167). Ce sont majoritairement des petits amphipodes, isopodes, cumacés, tanaidacés et ostracodes qui sont des fousseurs, s'alimentant des particules organiques à l'intérieur des sédiments superficiels.

Les annélides (oligochètes et polychètes) représentent 23% de la densité mais seulement 5% de la biomasse. Ce sont pour la plupart des espèces de très petites tailles qui bien qu'abondantes ne produisent pas des quantités importante de biomasse.

Le troisième groupe taxonomique en termes d'abondances est le groupe des mollusques (17% de la densité) qui contribuent à 9% de la biomasse. Ce sont essentiellement des petits gastropodes et des bivalves.

Les échinodermes et les cnidaires produisent des biomasses relativement importantes mais sont peu abondantes. Cela s'explique par le fait que les espèces présentent sont de plus grandes taille par rapport aux autres groupes taxonomiques. Les échinodermes sont essentiellement des ophiures qui vivent à la surface des sédiments. Les cnidaires sont très majoritairement des grandes pennatules, dressées à la surface des sédiments. Les ophiures comme les pennatules sont parmi les espèces épigées observées en abondance sur les vidéos sous-marines.

Les autres groupes taxonomiques contribuent de façon cumulée moins de 1% de la densité ou la biomasse totale. Ce sont un nématode, un némerte et un sipunculide.



**Figure 167. Contributions respectives (en %) des groupes taxonomiques aux densités et biomasses totales sur le secteur Nasua**

Les espèces contribuant à plus de 1% de la densité ou de la biomasse totale ont été listées dans le tableau suivant pour identifier les espèces dominantes en termes d'abondances et de production de biomasse. Parmi les 171 espèces échantillonnées sur le secteur de Nasua, on dénombre seulement 20 espèces dominantes en termes de densités et 11 espèces en termes de biomasses. Ceci signifie que la plupart des espèces sont très peu fréquentes sur l'ensemble des stations : à titre indicatif, 59 espèces

n'apparaissent que sous la forme d'un seul ou deux individus récoltés sur la totalité des 57 stations prospectées sur Nasua.

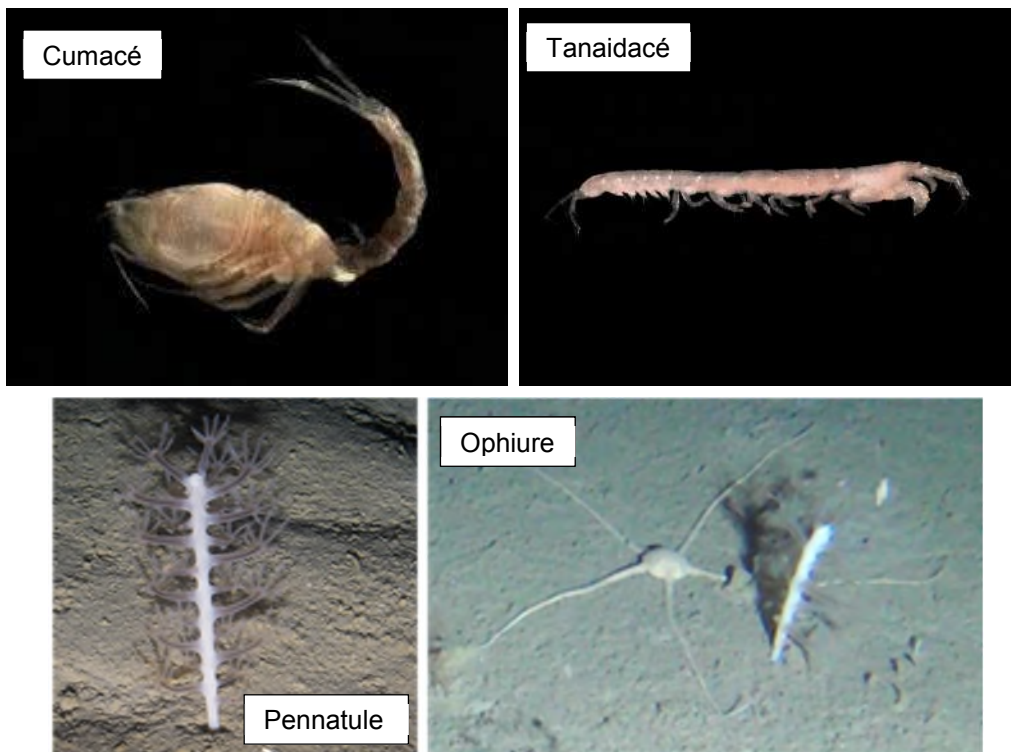
Les quatre espèces les plus abondantes sont toutes des crustacés. Seules 3 espèces contribuent plus de 5% de la densité totale. L'espèce la plus abondante est un cumacé du genre *Leucon*. Elle contribue à elle seule à plus du quart de la densité totale. Les cumacés sont facilement reconnaissables à leur forme caractéristique scorpioïde (Planche photo suivante). Ce sont des individus de très petite taille, fouisseur vivant dans des sédiments sableux à vaseux.

En termes de biomasses, quatre espèces contribuent à des valeurs élevées (plus de 10% de la biomasse totale chacune) :

- une pennatule,
- un tanaidacé de la famille des Apseudiidés,
- une ophiure,
- et le cumacé cité ci-dessus.

Les pennatules et les ophiures sont des organismes de grande taille et c'est leur taille plus que leur abondance qui contribue à la biomasse. Les pennatule vivent dressées au-dessus des sédiments. Elles s'alimentent à partir de particules qu'elles capturent dans la colonne d'eau. Les ophiures sont des sortes d'étoile de mer munis de bras longs et fins et vivent à la surface des sédiments.

Le tanaidacé est une sorte de crevette de très petites tailles (entre 2 et 5 mm pour la plupart) et c'est son abondance forte qui parvient à produire des biomasses importantes. Certaines espèces de tanaidacés sont carnivores et chassent des petites proies, d'autres sont davantage détritivores.



**Photos 75. Photo de l'aspect typique des plusieurs espèces dominantes**

**Tableau 129. Liste des espèces dominantes en termes d'abondances et de biomasses sur NASUA**

Phylum	Classe/Ordre	Famille	Espèces	Moyenne	% du total
<b>Densité – Secteur Nasua</b>					
Crustacé	Cumacea	Leuconidae	<i>Leucon sp.1</i>	163,7	25,6
Crustacé	Tanaidacea	Apseudiidae	<i>cf. Apseudes sp.1</i>	40,2	6,3
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia cf. intermedia</i>	34,9	5,5
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia spp.</i>	30,9	4,8
Annélide	Polychaeta	Sigalionidae	<i>cf. Ehlersileanira sp.</i>	30,5	4,8
Mollusque	Bivalvia	Thyasiridae	<i>cf. Axinulus sp.</i>	29,5	4,6
Annélide	Polychaeta	Orbiniidae	<i>Leitoscoloplos sp.</i>	24,7	3,9
Crustacé	Ostracoda	Halocyprididae	<i>Halocyprididae sp.1 (tipo Conchoechea)</i>	23,4	3,7
Mollusque	Bivalvia	Nuculidae	<i>Ennucula cf. dalmasi</i>	23,3	3,7
Mollusque	Bivalvia	Nuculidae	<i>cf. Ennucula sp. (juveniles)</i>	17,7	2,8
Annélide	Polychaeta	Paraonidae	<i>Aricidea (Strelzovia) sp.1</i>	17,0	2,7
Crustacé	Ostracoda	Ostracoda	<i>Ostracoda sp.3</i>	12,6	2,0
Annélide	Polychaeta	Paraonidae	<i>Levinsenia cf. acutibranchiata</i>	12,0	1,9
Mollusque	Gastropoda	Olivellidae	<i>Olivella acteocina</i>	9,8	1,5
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Metaphoxus sp.1</i>	8,7	1,4
Annélide	Polychaeta	Paraonidae	<i>Paradoneis sp.</i>	7,2	1,1
Crustacé	Ostracoda	Macrocyprinidae	<i>Macrocyprinidae sp.2 (tipo Macroscapha)</i>	6,8	1,1
Annélide	Polychaeta	Spionidae	<i>cf. Laonice sp. (poor cond.)</i>	6,8	1,1
Crustacé	Cumacea	Leuconidae	<i>Leucon sp.2</i>	6,7	1,0
Annélide	Polychaeta	Ampharetidae	<i>Anobothrus sp.</i>	6,3	1,0
<b>Biomasse – Secteur Nasua</b>					
Cnidaire	Anthozoa	Pennatulacea	<i>Pennatulacea indet.</i>	0,2	25,0
Crustacé	Tanaidacea	Apseudiidae	<i>cf. Apseudes sp.1</i>	0,2	21,1
Echinoderme	Ophiuroidea	Ophiomyxidae	<i>Ophiomyxidae sp.1</i>	0,1	14,4
Crustacé	Cumacea	Leuconidae	<i>Leucon sp.1</i>	0,1	12,6
Mollusque	Bivalvia	Thyasiridae	<i>cf. Axinulus sp.</i>	0,0	3,1
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia spp.</i>	0,0	2,6
Mollusque	Gastropoda	Calliostomatidae	<i>cf. Calliostoma sp.</i>	0,0	2,4
Crustacé	Isopoda	Macrostylidae	<i>Macrostylis spp.</i>	0,0	2,2
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia cf. intermedia</i>	0,0	1,9
Crustacé	Isopoda	Isopoda	<i>Isopoda spp.</i>	0,0	1,2
Mollusque	Bivalvia	Nuculidae	<i>Ennucula cf. dalmasi</i>	0,0	1,0

Les espèces dans les cases vertes sont celles qui sont dominantes à la fois en termes de densité et de biomasse.

#### Secteur GMES :

Sur GMES, le peuplement est également largement dominé par les crustacés qui contribuent à près de la moitié de la densité totale et 83% de la biomasse totale (figure suivante). Ce sont les mêmes groupes taxonomiques que sur le secteur Nasua.

Les annélides (oligochètes et polychètes) contribuent à une densité totale presque aussi importante que les crustacés (42%) mais seulement 7% de la biomasse. Ce sont des espèces de très petites tailles.

Comme sur Nasua, le troisième groupe taxonomique en termes d'abondances est le groupe des mollusques (11% de la densité) qui contribuent à 4% de la biomasse.

Les échinodermes et les cnidaires sont peu représentés sur le secteur GMES, aussi bien en termes d'abondance que de biomasse. Ils sont plus rares dans ce secteur que dans de secteur Nasua.

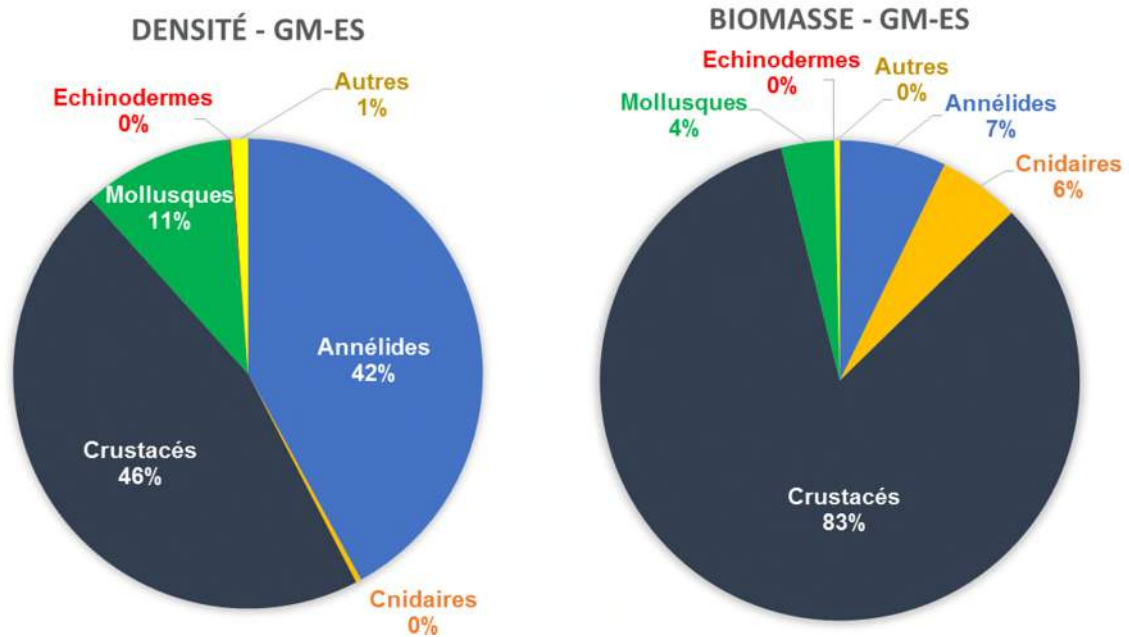


Figure 168. Contributions respectives (en %) des groupes taxonomiques aux densités et biomasses totales sur le secteur GMES

Les espèces dominantes (densité ou biomasse supérieure à 1% de cumul pour toutes les espèces), sont sensiblement les mêmes que sur le secteur Nasua : parmi les deux espèces les plus abondante, on retrouve les crustacés *Leucon* sp.1 et *Apeudes* sp.1.

Sur GMES, deux polychètes ont aussi des abondances fortes (supérieure à 5% de la densité totale) : *Aricidea* (*Strelzovia*) sp.1 et *Spiophanes* sp.. *Aricidea* est dans la liste des espèces dominantes sur Nasua, mais *Spiophanes* n'en fait pas parti.

Ce sont deux espèces de petits annélides détritivores microphages de surface qui s'alimentent de petites particules déposées à la surface ou dans les sédiments superficiels.

**Tableau 130. Liste des espèces dominantes en termes d'abondances et de biomasses sur GMES**

Phylum	Classe/Ordre	Famille	Espèces	Moyenne	% du total
<b>Densité – Secteur GMES</b>					
Crustacé	Tanaidacea	Apseudiidae	<i>cf. Apseudes sp.1</i>	323,7	26,8
Crustacé	Cumacea	Leuconidae	<i>Leucon sp.1</i>	111,1	9,2
Annélide	Polychaeta	Spionidae	<i>Spiophanes sp.</i>	91,1	7,5
Annélide	Polychaeta	Paraonidae	<i>Aricidea (Strelzovia) sp.1</i>	80,4	6,7
Annélide	Polychaeta	Paraonidae	<i>Levinsenia cf. acutibranchiata</i>	55,2	4,6
Annélide	Polychaeta	Ampharetidae	<i>Anobothrus sp.</i>	51,9	4,3
Mollusque	Bivalvia	Thyasiridae	<i>cf Axinulus sp.</i>	47,8	4,0
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia spp.</i>	33,0	2,7
Annélide	Polychaeta	Sigalionidae	<i>cf. Ehlersileanira sp.</i>	28,9	2,4
Mollusque	Bivalvia	Nuculidae	<i>Ennucula cf. dalmasi</i>	28,1	2,3
Annélide	Polychaeta	Spionidae	<i>cf. Laonice sp. (poor cond.)</i>	27,0	2,2
Annélide	Polychaeta	Orbiniidae	<i>Leitoscoloplos sp.</i>	23,3	1,9
Mollusque	Aplacophora	Prochaetodermatidae	<i>Prochaetodermatidae unid.</i>	21,1	1,7
Annélide	Polychaeta	Capitellidae	<i>cf. Notomastus sp.</i>	18,5	1,5
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia cf. intermedia</i>	15,2	1,3
Annélide	Polychaeta	Spionidae	<i>Paraprionospio sp.</i>	14,4	1,2
Annélide	Polychaeta	Spionidae	<i>Prionospio spp.</i>	14,4	1,2
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Metaphoxus sp.1</i>	13,3	1,1
Annélide	Polychaeta	Trichobranchidae	<i>Terebellides sp.</i>	13,0	1,1
<b>Biomasse – Secteur GMES</b>					
Crustacé	Tanaidacea	Apseudiidae	<i>cf. Apseudes sp.1</i>	1,59	74,8
Cnidaire	Anthozoa	Pennatulacea	<i>Pennatulacea unid.</i>	0,10	4,5
Crustacé	Cumacea	Leuconidae	<i>Leucon sp.1</i>	0,08	3,8
Annélide	Polychaeta	Spionidae	<i>Spiophanes sp.</i>	0,05	2,4
Mollusque	Bivalvia	Thyasiridae	<i>cf Axinulus sp.</i>	0,05	2,2
Crustacé	Amphipoda	Phoxocephalidae	<i>Harpinia spp.</i>	0,03	1,2

#### 4.2.2.2.2. La faune épigée observée par caméra-vidéo

Les prélèvements au carottier échantillonnent des surfaces réduites (0,3 m<sup>2</sup> par station). Ils ne permettent pas d'échantillonner convenablement les espèces de grande taille qui ont généralement une distribution dispersée, ou les espèces mobiles qui fuient à l'approche du carottier. En revanche, beaucoup de ces espèces de grande taille et/ou mobiles sont épigées : elles vivent à la surface ou au-dessus des sédiments et sont donc directement observables par des systèmes photographiques ou de caméra. C'est la raison pour laquelle les prélèvements au carottier sont habituellement complétés par des observations directes des fonds.

Sur les secteurs de Nasua et GMES, ces observations ont été effectuées au moyen d'une caméra fixée sur le carottier (observation ponctuelle) et une caméra tractée le long de transects pour avoir une idée plus générale de la colonisation des fonds par les espèces benthiques.

#### Secteur Nasua :

Les fonds sont globalement très homogènes, constitués de vases fines facilement remises en suspension (gros nuages lors du contact de carottier avec les fonds). En dessous de cette couche de sédiment légère et fluide, le substrat est plus cohésif.

De nombreuses traces de terriers, de turricules de vers et de petits monticules attestent d'une vie endogée. En surface peu d'espèces sont visibles, avec une seule espèce véritablement fréquente et abondante : une pennatule indéterminée.

Les pennatules sont des cnidaires, de la même famille que les méduses et les coraux, classe des anthozoaires. Les pennatules sont également appelées "plumes de mer" (car elles ressemblent à une



plume dans un encrier). Ce sont des animaux au corps mou, dont le squelette est constitué par une tige de calcaire. Les pennatules capturent les particules en suspension en s'orientant perpendiculairement au courant.

Une espèce d'holothurie est observée à plusieurs reprises et est même abondante sur la station S54. Il s'agit probablement du genre *Benthodytes* sp.













**Photos 76. Illustration de l'abondance de l'holothurie (cf. *Benthodytes* sp.) sur la station ST54**


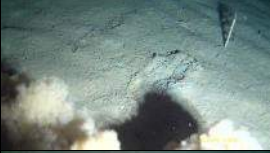



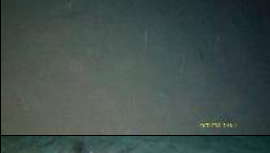





Quelques ophiures blanches de tailles variables sont observées, ainsi que des oursins de sable, des anémones de sable, des grosses étoiles de mer blanches, des crevettes rouges, une grosse comatule (un seul exemplaire observé).












Très peu de poissons sont observés : c'est probablement lié en grande partie à leur fuite à l'arrivée du carottier mais aussi sans doute à leur faible abondance. Une seule espèce de poisson anguilliforme a pu être filmée : elle ressemble au genre *Halosaurus*, vivant près du fond.

Les tableaux suivants résument les différentes observations réalisées.


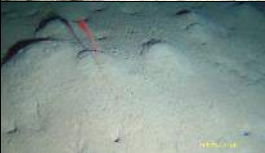









**Tableau 131. Observation de la faune benthique sur *Nasua* par vidéo-caméra**

Station	Profondeur (USBL m)	Vue du sédiment au fond	Caractéristiques générales des fonds	Faune observée
S01	2082		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S02	2063		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Oursin de sable
S03	2056		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	-
S04	2047		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S05	2074		Sédiment gris, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S06	2052		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	-
S07	2067		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	-
S08	2050		Sédiment gris, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Holothurie cf <i>Benthodytes</i> sp.
S09	2087		Sédiment gris, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S10	1975		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Crevette rouge












S11	2010		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	-
S12	2044		Sédiment gris, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Ophiure Blanche Crevette rouge Turricules de vers
S13	2108		Sédiment gris, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Ophiure Blanche Oursin de sable
S14	2012		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S15	1918		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S16	1957		Sédiment gris, fin, compact/cohésif	
S17	2092		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Ophiure blanche
S18	2076		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S19	1737		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S20	1974		Sédiment brun-olive, fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Turricules de vers Ophiures blanches
S21	1742		Sédiment brun-jaune, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches

S22	2124		Sédiment brun-olive, très fin, cohésif	Pennatules blanches Ophiures blanches
S23	1828		Sédiment gris-olive, très fin, cohésif	Pennatules blanches
S24	1740		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches
S25	1737		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Crevette rouge
S26	2237		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S27	2239		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches
S28	2104		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S29	1927		Sédiment brun-olive, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S30	2379		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches
S31	2134		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches Ophiure blanche (grosse)
S32	2089		Sédiment brun-jaune, fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Holothuries Oursin de sable




















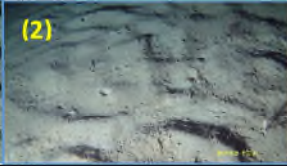






S33	1752		Sédiment brun-jaune, fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S34	1545		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatule rouge et fine Crevette rouge
S35	2259		Sédiment brun-jaune, fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S36	2102		Sédiment brun-jaune, fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Turricules de vers
S37	1927		Sédiment brun-jaune, très fin, faiblement cohésif	Pennatules blanches Etoile de mer (grosse)
S38	2193		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches
S39	2146		Sédiment brun-olive, très fin, moyennement cohésif	Pennatules blanches Turricules de vers
S40	2161		Vase/argile, Brun clair, moyennement cohésif	Pennatules blanches Ophiure blanche Monticules et tortillons de vers
S41	2081		Vase, Gris olive, moyennement cohésif	Pennatules blanches
S42	2221		Vase/argile, Gris olive, moyennement cohésif	Pennatules blanches Petits tubes de vers ?
S43	2150		Vase, Brun clair, moyennement cohésif	Pennatules blanches Terriers et tortillons de vers



S44	2024		Vase, Gris olive, faiblement cohésif	Pennatules blanches Terriers et tortillons de vers
S45	2088		Vase, Gris olive, faiblement cohésif	Pennatules blanches Monticules et tortillons de vers
S46	2551		Vase, Gris olive, moyennement cohésif	Holothurie rose translucide (cf. Benthodytes sp.)
S47	2746		Vase, Brun clair, moyennement cohésif	-
S48	2592		Vase, Brun olive, moyennement cohésif	Holothurie rose translucide (cf. Benthodytes sp.)
S49	1914		Vase, Gris olive, faiblement cohésif	Monticules et terriers
S50	2410		Vase/argile, Gris olive, faiblement cohésif	Petits tubes de vers ?
S51	1968		Vase/argile, Brun olive, cohésif	Pennatules blanches et terriers
S52	2709		Vase, Gris sombre, faiblement cohésif	-
S53	2661		Vase, Gris sombre, faiblement cohésif	Petits tubes de vers ?
S54	2574		Vase, Gris sombre, faiblement cohésif	Holothuries roses en abondance (cf. Benthodytes sp.)

S55	1678		Vase/argile, Gris olive, faiblement cohésif	Pennatules blanches
S56	1736		Vase/argile, Gris olive, cohésif	Pennatules blanches
S57	1643	Pas de photo	Vase, Gris olive, moyennement cohésif	-

Tableau 132. Observation de la faune benthique sur les transects vidéo










Transect	Substrat	Trace de vie	Organismes remarquables	
<b>DVS1</b>	Vase fine volatile (1)	Tubes fins en surface	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pennatules blanches (2)</li> <li>• Poisson anguilliforme</li> <li>• cf. Holothurie <i>Benthodytes</i> sp. (3)</li> <li>• Ophiure blanche (4)</li> </ul>	
(1)		(2) 	(3) 	(4) 
<b>DVS2</b>	Vase fine (1)	Terriers Petits dômes (2) Turricules en surface	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pennatules blanches (3)</li> <li>• Petites ophiures</li> <li>• Oursin</li> <li>• Crevette rose indéterminée (4)</li> </ul>	
(1)		(2) 	(3) 	(4) 
<b>DVS3</b>	Vase fine (1)	Terriers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pennatules blanches (2)</li> <li>• Poisson anguilliforme (3)</li> <li>• Crevette rose indéterminée (4)</li> </ul>	
(1)		(2) 	(3) 	(4) 
<b>DVS4</b>	Vase fine (1)	Monticules Terriers (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pennatules blanches (2)</li> <li>• Grosse comatule (3)</li> <li>• Crevette rose (4)</li> </ul>	
(1)		(2) 	(3) 	(4) 
<b>DVS5</b>	Vase fine (1)	Terriers (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pennatules blanches (3)</li> <li>• Anémones tube (4)</li> </ul>	
(1)		(2) 	(3) 	(4) 
<b>DVS6</b>	Vase fine (1)	Terriers (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pennatules blanches (3)</li> <li>• Poisson anguilliforme (4)</li> </ul>	
(1)		(2) 	(3) 	(4) 



**Secteur GMES :**

Les secteurs de GMES semblent encore plus pauvres en espèces. Seule une crevette rouge a été observée. La présence de nombreux terriers, monticules et turricules de vers marins attestent toutefois de la présence d'une faune endogée abondante.

**Tableau 133. Observation de la faune benthique sur GMES par vidéo-caméra**

Station	Profondeur (USBL m)	Vue du sédiment au fond	Caractéristiques générales des fonds	Faune observée
2NW-200	1739		Vase/argile, brun olive, moyennement cohésif	Terriers
2NW-025	1871		Vase, brun olive, faiblement cohésif	-
2NW-005	1894		Vase, gris brun, faiblement cohésif	-
2SE-025	1925		Vase, gris brun, faiblement cohésif	-
2SE-200	1893		Vase, gris brun, faiblement cohésif	Petits tubes de vers ?
3RNW-200	-1661		Sédiment brun-olive, fin, cohésif	Crevette rouge Terriers
3RNW-025	-1759		Sédiment brun, fin, faiblement cohésif	Débris végétaux ou tubes de vers
3RNW-005	1755		Vase, brun olive, faiblement cohésif	-
3RSE-025	1777		Vase, brun olive, faiblement cohésif	Débris végétaux ou tubes de vers

#### 4.2.2.3. Pour une meilleure compréhension de la dynamique du système sédiment/benthos

##### 4.2.2.3.1. Synthèse sur les fonds sédimentaire profonds

###### ▶ Caractéristique physique du sédiment

Les sédiments sont constitués de plus de 80% de limons (particules entre 21 et 63 µm de diamètre) classant en substrat en vase pure.

Les teneurs en eau dans les sédiments sont très élevées.

Le potentiel d'oxydo-réduction mesuré dans les sédiments superficiels est positif indiquant une bonne oxygénation du substrat et une dégradation rapide et efficace de la matière organique par les bactéries.

###### ▶ Enrichissement des sédiments

Les concentrations en carbone organique total et matières organiques sur les deux secteurs d'étude Nasua et GMES indiquent un enrichissement faible sur l'ensemble des échantillons, sauf la station S36 (enrichissement organique moyen d'après l'indice synthétique d'Alzieu).

###### ▶ Synthèse sur la contamination par les métaux

**Sur le secteur de Nasua**, les teneurs en métaux sont typiques de milieux non contaminés, c'est à dire en dessous des seuils de détection du laboratoire ou en dessous ou proches des bruits de fond établies par GEODE (1993).

Seules, les stations S16 et S09 présentent soit une teneur en cuivre proche du niveau N1 ou soit une teneur en étain très élevée qu'il est difficile d'expliquer.

On note aussi que la station S49 cumule les teneurs maximales mesurées sur le secteur en arsenic, fer, et vanadium, sans toutefois que ces teneurs soient élevés.

**Sur GMES**, les teneurs en métaux sont globalement faibles : en dessous des seuils de détection du laboratoire ou en dessous ou proches des bruits de fond établies par GEODE (1993).

Les concentrations mesurées sont plus élevées en baryum au niveau des stations situées dans un rayon de 250 m autour des anciens puits de Shell. Ceci témoigne de l'influence résiduelle des déblais des forages. Néanmoins les valeurs mesurées ont diminuées significativement car elles étaient atteignaient un maximum de 4840 mg/kg en 2013.

On note également des teneurs élevées en plomb et en zinc sur la station 2SE025 en 2017.

###### ▶ Synthèse sur la contamination par les hydrocarbures et les composés volatils

**Sur Nasua**, les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, ainsi que les composés volatils, sont en-dessous des seuils de quantification sur toutes les stations.

Les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont également conformes à la réglementation européenne. Certaines molécules comme le fluorène, le naphtalène, le phénanthrène et le fluoranthène par exemple, sont cependant détectées dans tous les échantillons dans des concentrations non négligeables. Ces concentrations pourraient s'expliquer par des caractéristiques naturelles du sédiment ou le résultat d'apports anthropiques diffus et éloignés.

Les microorganismes dégradant les hydrocarbures et bactéries hétérotrophes sont détectées sur presque toutes les stations du secteur Nasua, mais avec des variations très fortes qui ne permettent pas de dégager des tendances claires.



**Sur GMES**, les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques et les alcènes sont détectés autour du puits GMES-3R, avec une concentration est maximale à 50 m au nord-ouest du puits, et une diminution avec la distance au puits. Ces concentrations élevées indiquent un effet résiduel du forage. Nous verrons dans la section §4.2.2.3.3 que les concentrations en alcènes ont beaucoup diminué depuis 2013 mais que les concentrations en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques restent importantes. Ce résultat est corroboré par des concentrations élevées en bactéries consommatrices d'hydrocarbures et de bactéries hétérotrophes sur GMES-3.

En revanche, les teneurs en hydrocarbures et en bactéries n'indiquent pas de trace de contamination sur le secteur GMES-2.

Les teneurs en HAP sont très majoritairement largement inférieures au seuil N1 et semblables aux teneurs mesurées sur la zone NASUA. On rappelle que même si la majorité des aromatiques présents dans l'environnement provient de sources anthropiques (fumées de combustion notamment), ces composés peuvent exister à l'état naturel dans l'environnement (Tronczynski *et al.*, 1999, Nikolaou *et al.*, 2009). L'échantillon 2SE025 présente toutefois des concentrations plus élevées sur 8 HAP, en particulier le fluoranthène (290 µg/kg), le phénanthrène (220 µg/kg) et le pyrène (130 µg/kg).

Les composés volatils sont en-dessous des seuils de quantification sur toutes les stations des deux secteurs Nasua et GMES.

#### ► Synthèse sur la faune benthique endogée prélevée au carottier

##### Secteur Nasua :

**La richesse spécifique** moyenne par station est de l'ordre de 31 espèces mais avec des variations fortes : elle atteint 60 espèces sur la station S19 et seulement 2 espèces sur la station S24.

La **densité des populations** est également très variable entre les stations et les secteurs, variant de seulement 7 ind./m<sup>2</sup> (S24) à plusieurs milliers, notamment lorsque le petit crustacé cumacé (*Leucon sp1*) est abondant.

**Les biomasses** sont relativement faibles sur l'ensemble des stations ce qui est normal pour ce type de profondeurs et fonds envasés qui abritent généralement des espèces endogées de petite taille. Les biomasses élevées sont liées à la capture aléatoire de gros spécimens comme des ophiures notamment.

L'apparente variabilité des résultats entre les stations (en particulier pour la densité) est due en grande partie due à l'écart entre quelques rares stations qui obtiennent un très mauvais « score » et quelques stations qui abritent des fortes abondances de cumacés.

En particulier, la station S24 présente un faciès extrêmement appauvri, presque azoïque (avec seulement 2 espèces et 7 individus récoltés), témoignant de conditions environnementales probablement délétères pour la faune benthique.

A l'inverse, les stations S46 à 51 au nord-ouest de Nasua sont globalement biologiquement plus riches en espèces, en densité et en biomasse. Sur ces stations, la surabondance du cumacé (*Leucon sp1*) contribuent à diminuer les valeurs des **indices de diversité**, témoignant d'un déséquilibre structurel entre les espèces.

**L'indice trophique** est toujours supérieur à 60% et peu variables d'une station à l'autre, témoignant d'un bon équilibre trophique du peuplement.

Concernant la **composition spécifique**, peuplement est largement dominé par les crustacés qui contribuent à plus de la moitié de la densité totale et près de la moitié de la biomasse totale. Ce sont majoritairement des petits amphipodes, isopodes, cumacés, tanaidacés et ostracodes qui sont des fouisseurs, s'alimentant des particules organiques à l'intérieur des sédiments superficiels. Les annélides (oligochètes et polychètes) et les mollusques contribuent représentent 23% et 17% de la densité mais ne produisent pas de biomasses importantes. A l'inverse, les échinodermes et les cnidaires produisent des biomasses relativement importantes (15 et 25% de la biomasse totale) mais sont peu abondantes.

Les deux espèces les plus abondantes sont un cumacé et un tanaidacé (respectivement *Leucon sp1* et *Apseudes sp.1*) qui forment également des biomasses significatives. Sur Nasua, la biomasse totale est également produite par des espèces de grande taille (des pennatule et des ophiures).

Secteur GMES :

La **richesse spécifique** est plus élevée que le secteur Nasua (sauf stations S46 à 51), avec 29 à 49 espèces selon les stations.

La **densité** des populations est également relativement élevée, avec un maximum atteint sur la station 2SE200, essentiellement en raison d'une forte abondance d'un petit crustacé Tanaïdace (cf. *Apseudes* sp.1).

Les **biomasses** sont relativement faibles sur l'ensemble des stations ce qui est normal pour ce type de profondeurs mais elle peut être plus élevée sur les stations où le tanaïdace *Apseudes* sp.1 est abondant.

Les **indices de diversité et trophique** sont peu variables et relativement élevés, sauf sur la station 2SE200 où une surabondance d'*Apseudes* sp.1 fait chuter les indices.

Sur GMES, la **composition du peuplement** est également largement dominée par les crustacés qui contribuent à près de la moitié de la densité totale et 83% de la biomasse totale. Ce sont les mêmes groupes taxonomiques que sur le secteur Nasua. Les annélides (oligochètes et polychètes) contribuent à une densité totale presque aussi importante que les crustacés (42%) mais seulement 7% de la biomasse. Ce sont des espèces de très petites tailles. Les autres groupes taxonomiques ne produisent pas de population et de biomasse élevée.

Les espèces dominantes sont sensiblement les mêmes que sur le secteur Nasua : parmi les deux espèces les plus abondantes, on retrouve les crustacés *Leucon* sp.1 et *Apseudes* sp.1. On note toutefois quelques particularités au secteur GMES : (1) deux polychètes *Aricidea (Strelzovia)* sp.1 et *Spiophanes* sp ont des abondances fortes alors qu'elles ne font pas partie des espèces dominantes sur Nasua, (2) les pennatules beaucoup moins abondantes.

► **Synthèse sur la faune benthique épigée observée par caméra-vidéo**

Sur les deux secteurs Nasua et GMES, les fonds semblent très similaires : ils sont très homogènes, constitués de vases fines facilement remises en suspension (gros nuages lors du contact de carottier avec les fonds. En dessous de cette couche de sédiment légère et fluide, le substrat est plus cohésif.

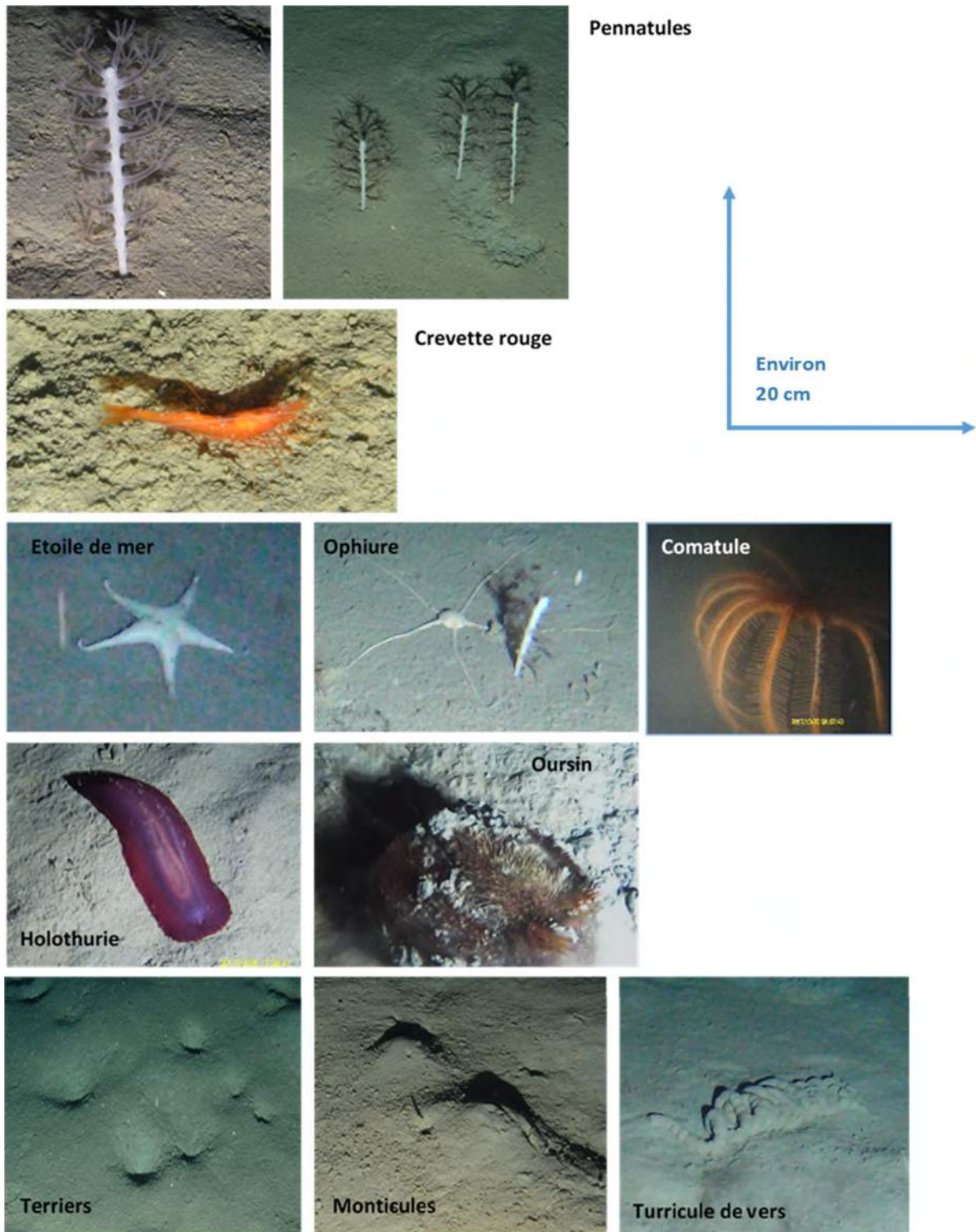
De nombreuses traces de terriers, de turricules de vers et de petits monticules attestent d'une vie endogée.

En surface peu d'espèces sont visibles, avec une seule espèce véritablement régulièrement fréquente et abondante : une pennatule indéterminée. Cette pennatule semble toutefois plus rare sur GMES.

Les principales autres espèces rencontrées sont des ophiures blanches de tailles variables, des holothuries roses, des oursins de sable, des anémones de sable, des grosses étoiles de mer blanches, et des crevettes rouges. Elles sont toutes beaucoup moins fréquentes que les pennatules, sauf sur la station S54 qui abrite une population d'holothuries abondantes (probablement *Benthodytes* sp.).

Une seule espèce de poisson anguilliforme a pu véritablement être filmée, ressemblant au genre *Halosaurus* et vivant près du fond.

La planche photo suivante illustre les espèces les plus communes sur les fonds prospectés, ainsi que des traces de vie observées.



*Photos 77. Meilleures vues des principales espèces rencontrées.*

► **Lien entre la qualité physico-chimique des fonds et la richesse biologique**

On n'observe pas de lien évident entre un déficit de richesse biologique sur certaines stations et leur niveau de contaminations en éléments métalliques (en cuivre sur S16, en étain sur S09, en arsenic, fer et vanadium sur S49, en plomb et zinc sur 2SE025) ou en traces d'activité de forage (concentrations en baryum, HAP, hydrocarbures totaux ou alcènes sur GMES).

Ces traces de contaminations en lien ou non avec les anciens forages sont probablement trop peu élevées pour perturber la structure et la diversité des communautés benthiques.

Des analyses statistiques plus poussées sont présentées dans la discussion pour analyser :

- d'une part, les facteurs physico-chimiques contrôlant éventuellement la distribution des espèces sur le secteur Nasua,
- et d'autre part, analyser la dynamique de décontamination post-forage des sédiments sur le secteur GMES et de recolonisation des sites par la faune benthique.

#### 4.2.2.3.2. Recherche des facteurs contrôlant la distribution des espèces sur le secteur Nasua

Des analyses multivariées ont été menées sur les données du secteur de Nasua (Stations 1 à 57) pour tenter de comprendre les facteurs qui contrôlent et expliquent :

- d'une part, les variations de la nature, la structure et la qualité des substrats meubles profonds,
- d'autre part, quelles conséquences ces variations ont sur la distribution des espèces benthiques.

L'objectif des analyses statistiques multi-variées est de regrouper les stations en unités écologiques homogènes et fonctionnelles. Ces regroupements de stations ont été effectués en fonction de la similarité de leurs caractéristiques physiques (profondeur, granulométrie, enrichissement organique, qualité des sédiments) et de leur composition faunistique.

L'analyse statistique est réalisée en quatre étapes :

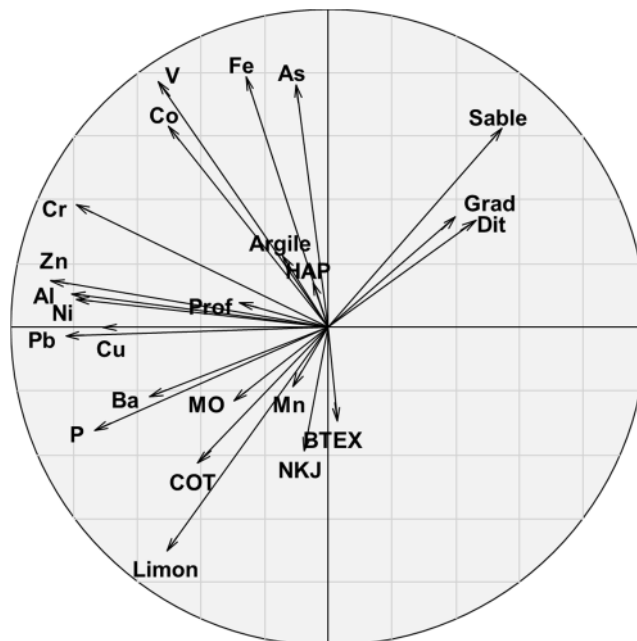
- **1<sup>ère</sup> étape : Une Analyse en Composantes Principales (ACP)** a été réalisée sur les caractéristiques physico-chimiques du milieu.
- **2<sup>ème</sup> étape : une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)** a été réalisée sur le peuplement benthique, à partir de la densité [normalisée par une transformation  $\log(x \pm 1)$ ] des espèces présentes à chaque station. Seules les espèces les plus fréquentes, c'est-à-dire présentes dans au moins 10% des stations échantillonnées, ont été conservées, soit 15 espèces, de manière à éliminer les espèces rares, qui contribuent peu à la structure du peuplement.
- **3<sup>ème</sup> étape : Une classification hiérarchique ascendante** a été réalisée à partir des résultats de chacune des deux analyses, AFC sur les caractéristiques du peuplement et ACP sur les caractéristiques physico-chimiques du milieu. Cette analyse consiste à calculer le degré de similitude entre les stations afin de les regrouper en « zones homogènes ».
- **4<sup>ème</sup> étape : Une Analyse Canonique des Correspondances (ACC)** ou Analyse Factorielle des Correspondances à Variables Instrumentales (AFCVI) a été réalisée, qui a consisté à coupler les résultats de l'AFC sur les densités des espèces et ceux de l'ACP sur les paramètres physico-chimiques du milieu. Cette analyse a pour objectif de mettre en évidence les relations entre la distribution des espèces et les variables physico-chimiques du milieu.

► **Traitement statistique sur les données physico-chimiques du sédiment - ACP**

L'ensemble des données relatives à la qualité du sédiment a fait l'objet d'une analyse en composantes principales (ACP) couplée à une classification hiérarchique ascendante. Cette analyse a permis de regrouper les stations présentant une qualité sédimentaire comparable et d'identifier quelles étaient les variables les plus discriminantes entre les groupes de stations.

Une première analyse a été réalisée sur l'ensemble des descripteurs du sédiment à l'exclusion des paramètres donnant des résultats en dessous des seuils de détection (certains métaux comme le béryllium, l'argent ou le cadmium ..., certains HAP, l'ensemble des hydrocarbures et aromatiques et aliphatiques, les BTEX). Les variables descriptives sélectionnées étaient les suivantes :

- Les trois classes granulométriques principales (argiles, limons et sables),
- Les composées organiques (MO et COT) et nutritifs (azote (NJK) et phosphore (P)),
- Les concentrations cumulées des 16 HAP (HAP),
- La somme des BTEX.
- A ces paramètres ont été ajoutés, pour prendre en compte la position des stations, la profondeur (Prof), la distance des stations à la côte (Dist) et un descripteur classant les stations selon leur position sur l'axe nord-ouest/sud-est afin d'analyser d'éventuels gradients le long de la côte et du talus continental proche (Grad).



**Figure 169. Résultat de la première ACP sur un grand nombre de paramètres**

Il est préconisé de ne pas prendre en compte un trop grand nombre de descripteurs et de retirer de l'analyse :

- ceux qui sont fortement corrélés entre eux (correspondant aux flèches ayant la des directions proches),
- ceux qui expliquent peu la variance totale (correspondant aux flèches courtes).

Une seconde ACP a donc été réalisée sur un nombre restreint de descripteurs :

- les trois classes granulométriques principales (argiles, limons et sables),
- le carbone organique total (COT) et les éléments nutritifs (azote (NJK) et phosphore (P)),
- quelques métaux (Ba, Cr, As, V) expliquant un part important de la variance dans la première analyse,
- la profondeur (Prof) qui reste un paramètre essentiel des conditions environnementales du milieu.



Les résultats de cette seconde ACP sont présentés sur la figure 170, avec :

1. le cercle de corrélation des variables sédiments,
2. une classification hiérarchique ascendante qui le degré de similitude entre les stations,
3. la projection des stations sur le plan obtenu à partir des descripteurs du sédiment.

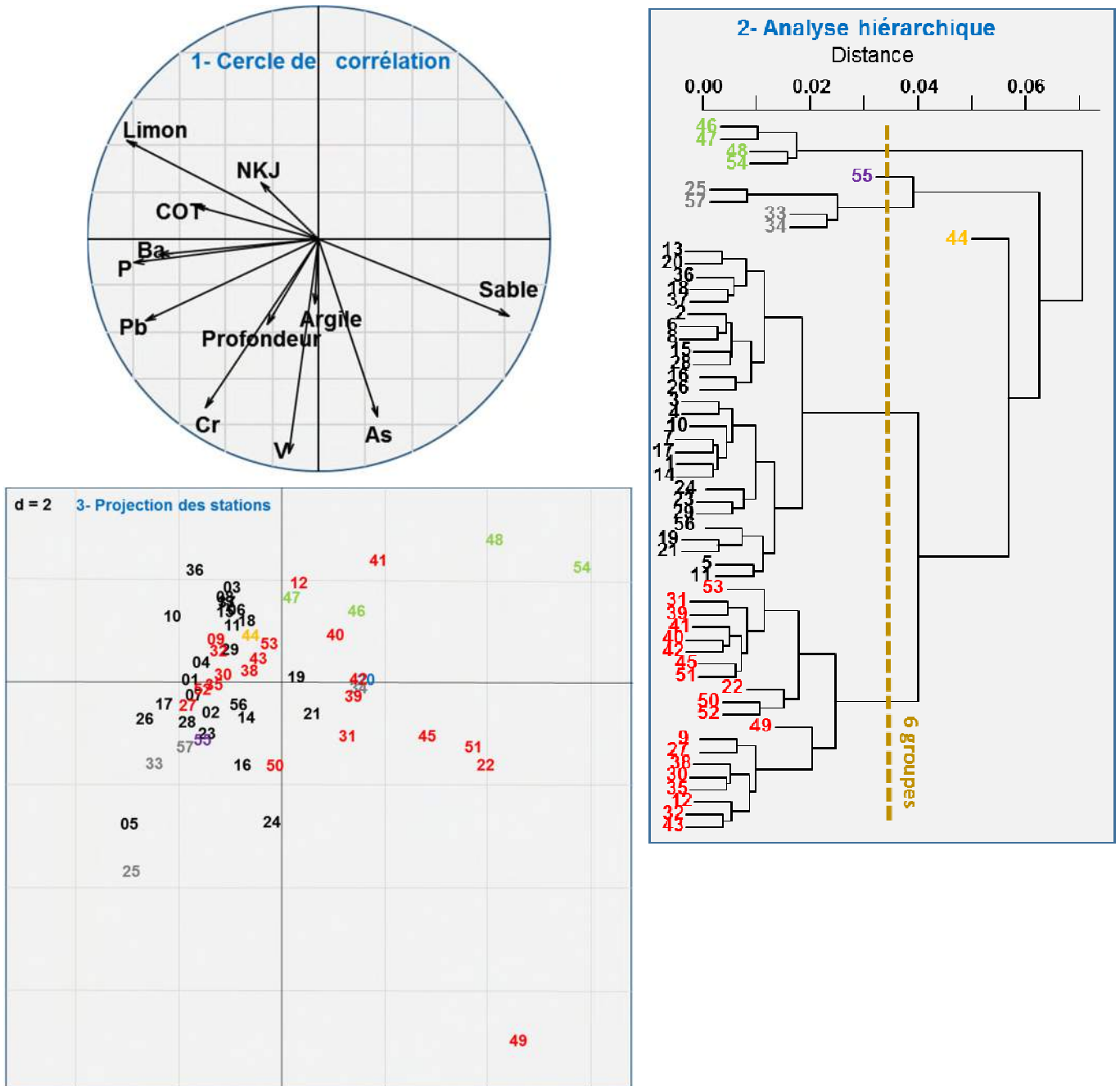


Figure 170. Résultats de l'ACP sur les descripteurs du sédiment

Le cercle de corrélation indique clairement une distribution des stations en fonction des classes granulométriques, limon d'un côté et sable de l'autre. Les stations situées dans le plan gauche du plan de projection sont donc majoritairement des stations caractérisées par une fraction plus élevée en limon. A l'opposé, les stations à droite du plan de projection sont caractérisées par une fraction plus élevée en sable (> 63µm).

Le second axe du cercle de corrélation est défini moins nettement par des niveaux de concentrations de plusieurs métaux et en phosphore.

On note que la profondeur explique peu l'un ou l'autre des deux axes.

L'analyse hiérarchique distingue plusieurs groupes de stations dont deux de taille importante (stations en rouge et en noire). Toutefois la discrimination par des codes couleurs des stations sur le plan de projection délivre peu d'information sur ce qui distingue ces deux groupes (sauf les différences de granulométrie). La station 49 se distingue particulièrement en raison de sa fraction sable très élevée, ainsi que des teneurs élevées en arsenic et en vanadium.

Les stations en gris se distinguent par des concentrations relativement élevées en phosphore, chrome et vanadium.

A l'opposé, les stations en vert se distinguent par des concentrations relativement faibles en phosphore, baryum, chrome et plomb.

Deux stations se retrouvent isolées en dehors des autres groupes. Au centre du plan de projection, elles sont peu expliquées par les descripteurs sélectionnés pour l'analyse.

Globalement, les résultats de l'analyse sont un peu « décevants » : la classification en groupe de stations n'est pas très nette. Ceci s'explique par une homogénéité des fonds et donc les faibles amplitudes de variations des descripteurs entre les stations : la zone est très majoritairement constituée de substrats vaseux à vaso-sableux, avec peu/pas de contamination en éléments organiques et nutritifs et en métaux (sauf quelques cas isolés). Dans ces conditions, il est normal que la recherche de groupes cohérents de stations ne donne pas de résultat spectaculaire.

#### ► **Traitement statistique sur les données biologiques – AFC et ACP**

Les données relatives à la qualité la distribution des espèces benthiques a fait l'objet d'une analyse multivariée couplée avec une classification hiérarchique ascendante. Ces analyses ont permis de regrouper les stations caractérisées par un même assemblage d'espèces ou par des indices biologiques similaires.

Une première analyse (ACP) a été faite sur les indices biologiques (richesse spécifique, densité totale, diversité, biomasse totale et indice trophique). Ces indices n'ayant pas la même unité, l'analyse en question est une analyse normée des composantes principales (ACP).

La matrice ainsi constituée est un tableau avec en lignes les 57 stations et en colonnes les 5 indices principaux.

Une seconde analyse a été faite sur la densité espèces les plus abondantes, c'est-à-dire les espèces contribuant à plus de 1% de la densité totale, de manière à éliminer les espèces qui contribuent peu à la structure du peuplement. Sur les 171 espèces recensées sur l'ensemble du secteur Nasua, on ne sélectionne que les 20 plus abondantes.

La matrice ainsi constituée est un tableau avec en lignes les 57 stations et en colonnes les 20 espèces benthiques les plus abondantes.

### **ACP sur les indices biologiques**

Les résultats de l'analyse sont illustrés sur la figure 171, avec :

1. le cercle de corrélation des variables sédiments,
2. une classification hiérarchique ascendante qui le degré de similitude entre les stations,
3. la projection des stations sur le plan obtenu à partir des descripteurs du sédiment.

On peut expliquer le cercle de corrélation avec d'une part, un axe déterminé par les densités et biomasse et d'autre part, un second axe déterminé par les indices de diversité (richesse spécifique, Shannon et indice trophique) : les stations localisées dans le haut du cercle présentent des densités et des biomasses élevées et les stations dans la gauche du cercle sont caractérisées par une diversité forte et un indice trophique élevé.

L'analyse hiérarchique est peu discriminante : elle isole clairement la station S24 qui présente un faciès extrêmement appauvri (2 espèce et – individus récoltés seulement et un indice de Shannon très bas), et, à un degré moindre, elle distingue les stations S26, S50, S53 et S56 qui sont également caractérisées par des densités et biomasses faibles.

Le reste des stations forme un seul grand groupe relativement homogène qui indique l'absence de différence forte des composantes du benthos entre les stations.

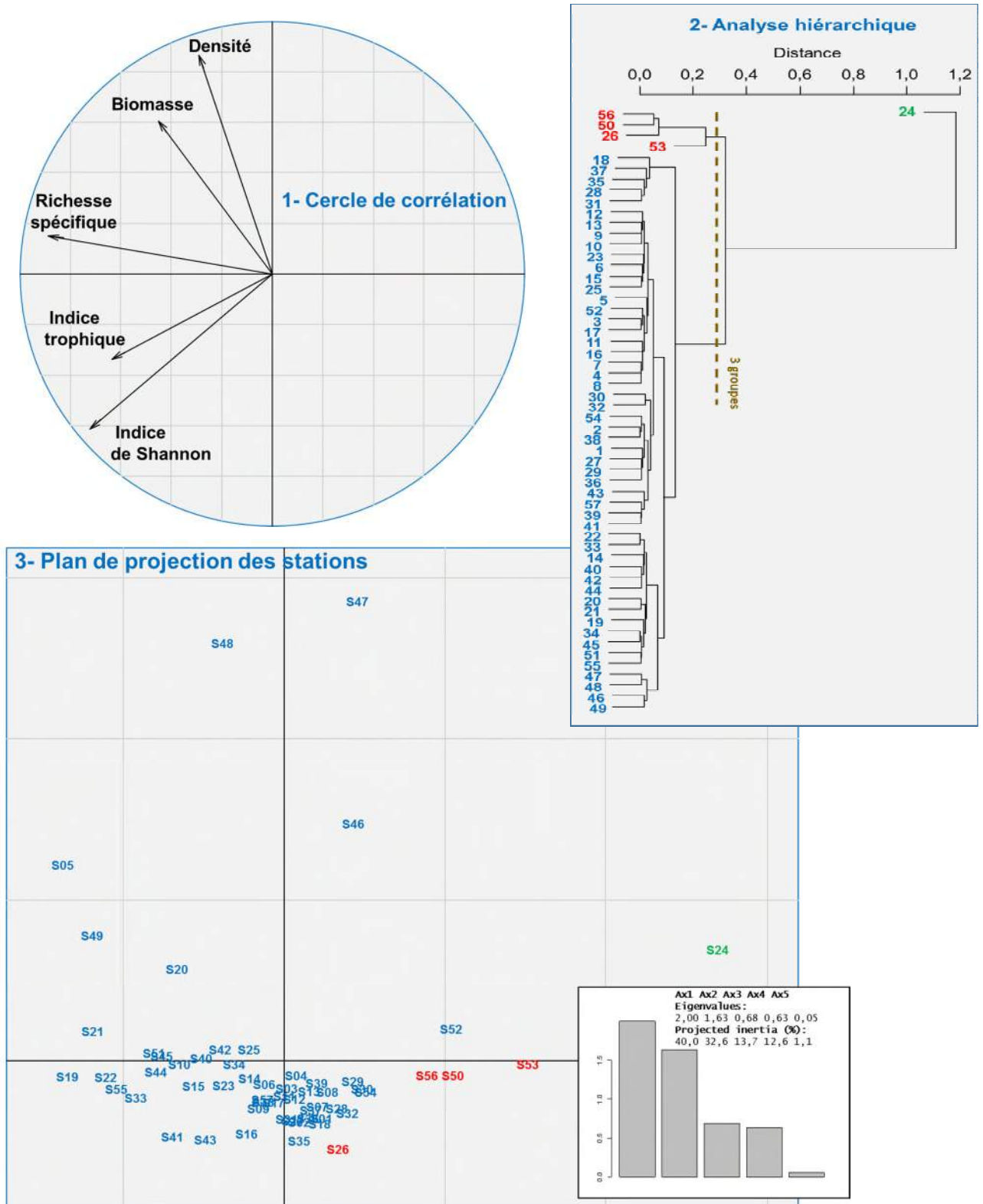


Figure 171. Résultats de l'ACP sur les descripteurs du benthos

### **AFC sur les 20 espèces dominantes**

L'AFC sur un nombre restreint de taxons par la sélection des 20 espèces les plus abondantes permet d'obtenir :

- des résultats plus discriminants en termes de regroupements des stations
- et d'identifier les taxons qui sont responsables de ces regroupements.

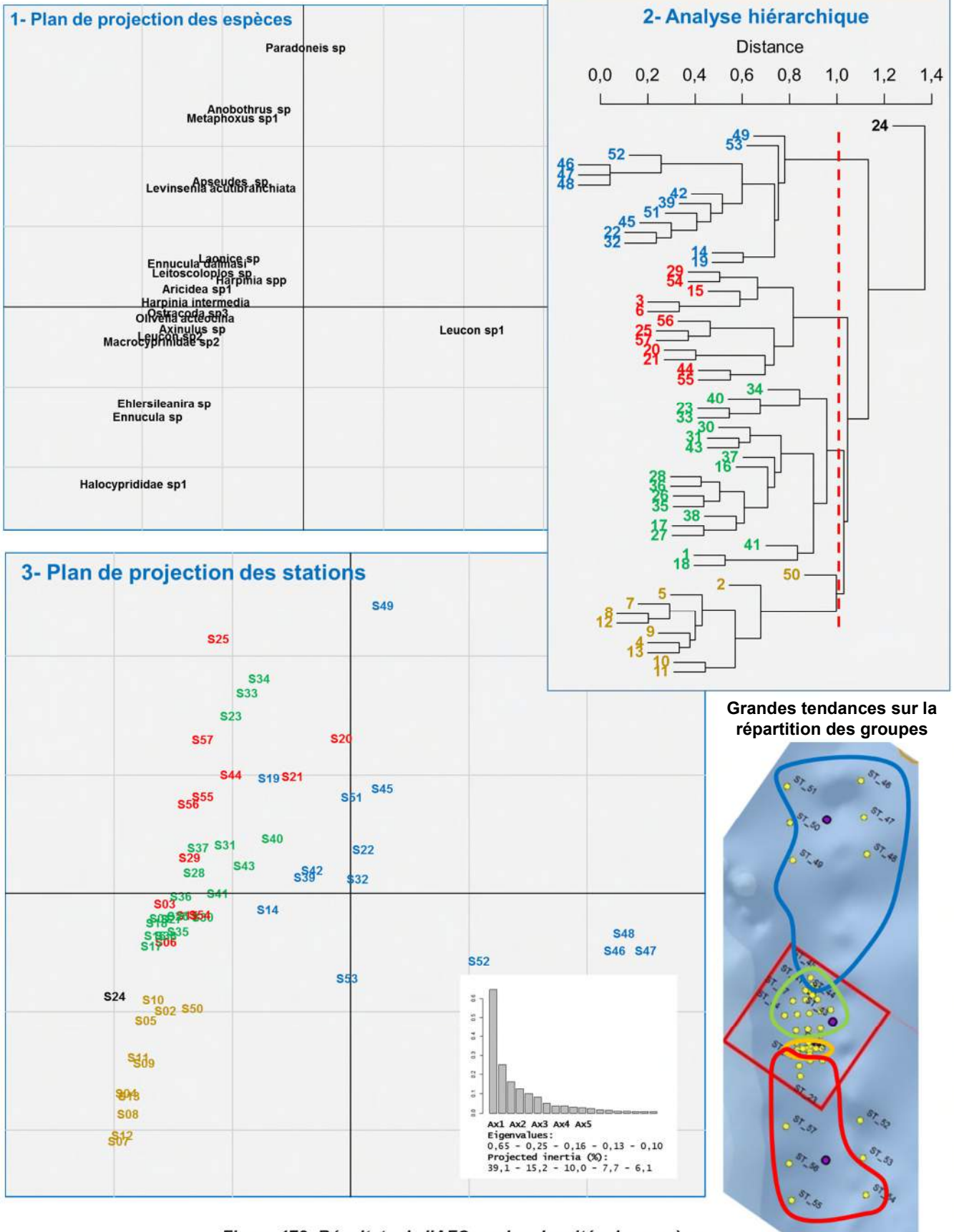
La figure suivante illustre ces résultats avec :

1. La dispersion des espèces sur le plan de projection de l'AFC : on constate que presque toutes espèces sont alignées le long de l'axe vertical sauf une espèce (*Leucon* sp.1) qui rend compte de l'axe horizontal.
2. La classification hiérarchique qui confirme l'isolement de la station 24 et permet de distinguer des sous-groupes de stations relativement similaires en terme de composition spécifique ;
3. La répartition des stations dans le plan de projection de l'AFC avec :
  - o les stations en bleu préférentiellement dans la partie droite du plan,
  - o les stations en orange dans la partie en bas à gauche du plan,
  - o les stations en rouge dans la partie haute du plan
  - o les stations en vert peu différenciées des stations rouges.

Ces résultats nous apprennent que :

- Les stations en bleu sont caractérisées essentiellement par l'abondance du cumacé *Leucon* sp.1. Elles sont préférentiellement situées dans le secteur le plus au nord-ouest de Nasua, mais avec plusieurs exceptions.
- Les stations en orange sont caractérisées essentiellement par l'abondance du crustacé ostracode *Halocyprididae* sp.1, de l'annélide polychète *Ehlersileanira* sp. et du mollusque bivalve *Ennucula* sp.. Sauf la station S50, elles sont toutes regroupées autour du futur puits 1.1 (stations positionnées sur u plan d'échantillonnage en croix).
- Les stations en rouge et en vert sont caractérisées essentiellement par l'abondance des annélides polychètes *Paradoneis* sp., *Anobothrus* sp. et *Levinsenia cf. acutibranchiata*, du crustacé amphipode *Metaphoxus* sp.1 et du crustacé tanaidacé *Apseudes* sp.. Les stations en verts sont préférentiellement localisées au nord du puits 1.1 alors que les stations en rouge sont d'avantage situées au sud du secteur Nasua.





► **Croisement des données sédiment/benthos - ACC**

Les résultats des deux analyses effectuées sur les données physiques (ACP) et biologiques (AFC) ont été croisés au moyen d'une analyse canonique des correspondances (ACC) ou analyse factorielle des correspondances à variables instrumentales (AFCVI). Ce croisement permet d'expliquer statistiquement les variations de la composition du peuplement benthique par les variations de qualité du sédiment et de mettre en évidence les paramètres du milieu qui influencent la répartition des espèces benthiques.

Les facteurs qui contrôlent la qualité du milieu et la répartition des espèces ont ainsi pu être identifiés.

La figure 173 illustre plusieurs résultats :

1. Les espèces sont réparties essentiellement selon un gradient de granulométrie (limon versus sable) qui correspond à l'axe 1 de l'ACC et selon la profondeur qui correspond à l'axe 2 du plan de projection.
2. Les espèces à droite du plan de projection (comme *Paradoneis* sp., *Levinsenia acutibranchiata*, *Anobothrus* sp. ou *Apeudes* sp.1) affectionnent préférentiellement les sables tandis que les espèces à gauche du plan (comme *Ehlersileanira* sp. ou *Halocyprididae* sp.1) préfèrent les sédiments plus limoneux.
3. Les espèces en bas du plan (comme *Leucon* sp.1 ou *Harpinia* spp.) sont plus abondantes dans les stations les plus profondes alors que les espèces en haut du plan (comme *Leitoscoloplos* sp. ou *Metaphoxus* sp.1) colonisent davantage les stations moins profondes.

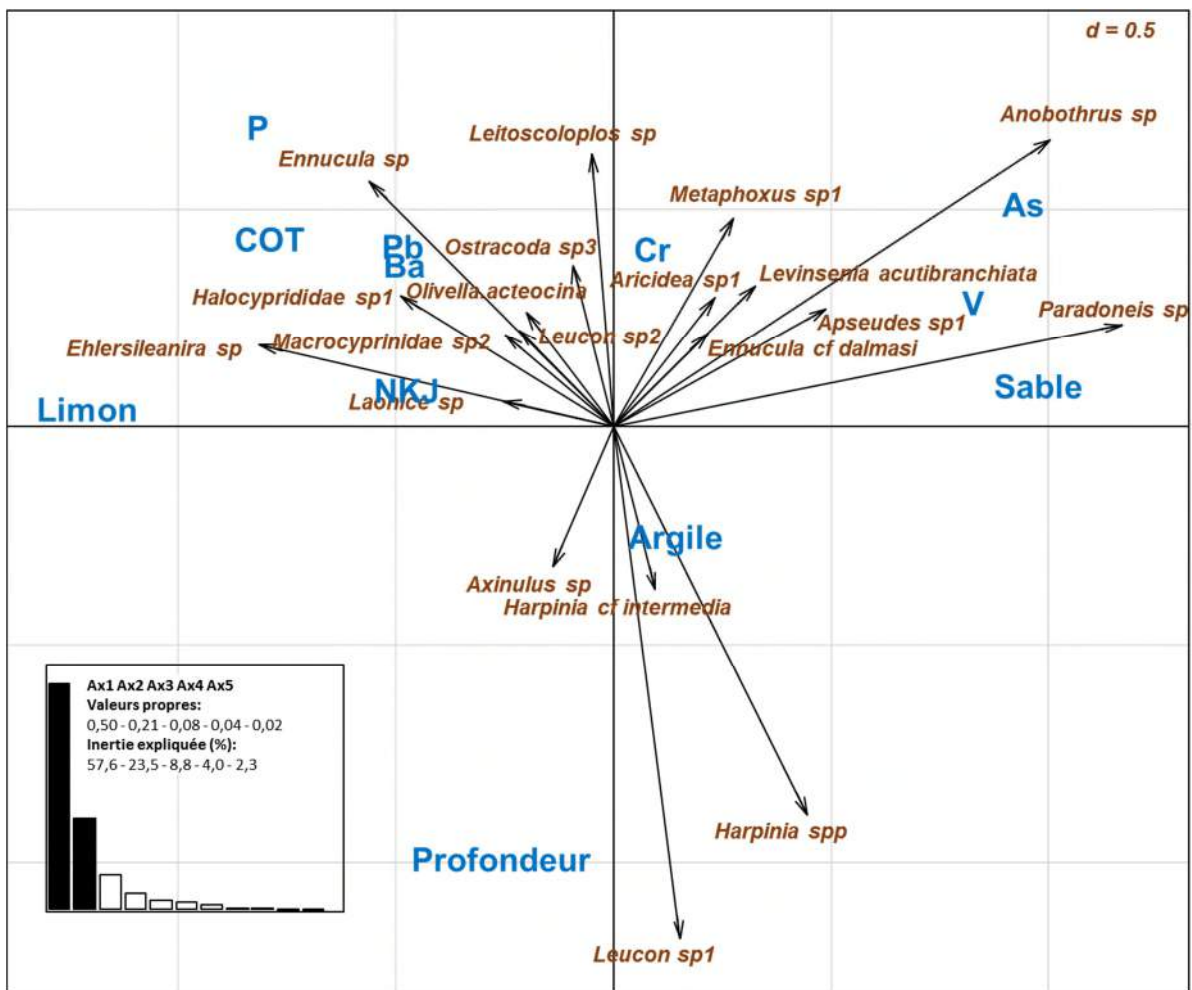
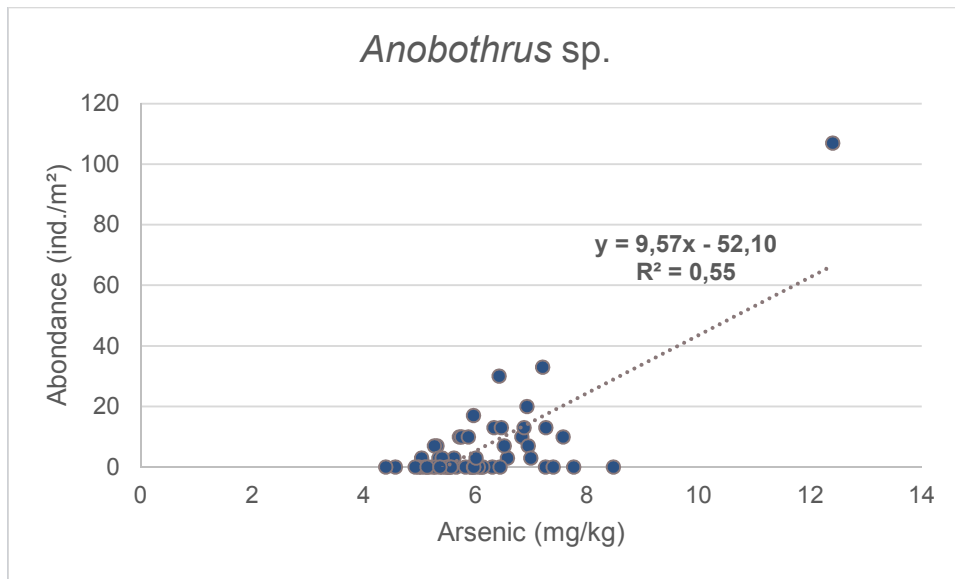


Figure 173. Résultats de l'ACC sur les caractéristiques des sédiments croisées avec les densités des espèces

Les teneurs en éléments organiques, en éléments nutritifs ou en métaux lourds n'interfèrent pas de manière significative avec l'abondance des espèces. Des corrélations et des courbes de tendance ont été recherchées entre l'abondance de certaines espèces et les contaminations en métaux mais aucune relation étroite n'a été observée (coefficients de détermination des courbes de régression linéaire :  $R^2 < 0.25$ ). Un  $R^2$  est obtenu entre les abondances de l'espèce *Anobothrus* sp. et les concentrations d'arsenic mais le  $R^2$  relativement élevé est obtenu essentiellement en raison d'une station (S49) où les concentrations en arsenic (12.4 mg/kg) et les abondances de l'espèce sont maximales (107 ind.m<sup>2</sup>). Ceci est un cas isolé et ne constitue pas une tendance.



**Figure 174. Relation entre les abondances d'*Anobothrus* et les concentrations en arsenic**

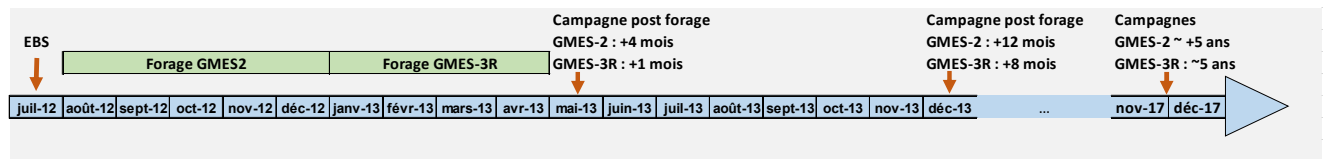
Il ressort de cette analyse que les deux facteurs qui contrôlent le plus la distribution des espèces ont classiquement la granulométrie et la profondeur.

#### 4.2.2.3.3. Analyse de la dynamique de décontamination post-forage des fonds sur GMES et des processus de recolonisation

Les sédiments profonds ont été explorés lors de plusieurs campagnes océanographiques offshore sur les secteurs de GMES-2 et GMES-3R :

- en juillet 2012,
- en mai 2013,
- en décembre 2013,
- et finalement en décembre 2017 (étude actuelle).

Pour rappel, les forages de la compagnie Shell ont eu lieu entre juin et décembre 2012 sur GMES-2 et entre janvier et avril 2013 sur GMES-3R.



**Figure 175. Calendrier des campagnes sur GMES depuis 2012**

Ces différentes campagnes avant forage et à différents pas de temps après forage offre des conditions favorables à l'étude de la contamination des sédiments par des opérations de forage et à la persistance éventuelle de cette contamination dans le temps.

En 2017, les stations qui ont été échantillonnées sont :

- 2NW200, 2NW025, 2NW005, 2SE025, 2SE200, sur GMES-2,
- 3RNW200, 3RNW025, 3RNW005, 3RSE025, sur GMES-3R.

La comparaison des résultats entre les différentes campagnes ne porte donc que sur ces stations.

► **Analyse du compartiment sédiment**

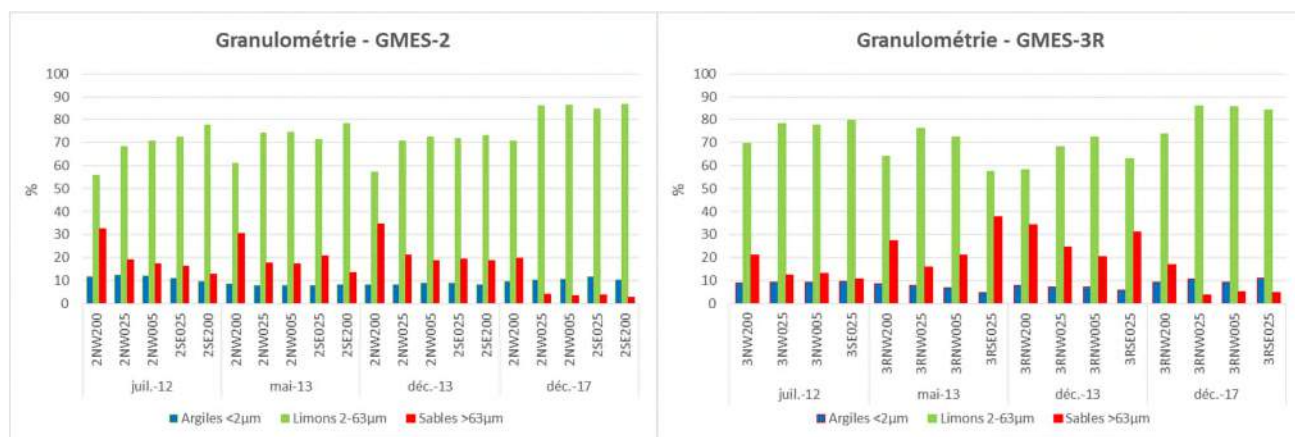
**Granulométrie**

La figure 176 illustre les principales classes granulométriques par station et par campagne.

En 2012, lors de la constitution de l'état initial, on observait sur GMES-2 et GMES-3R un gradient décroissant des sables au profit des limons sur l'axe nord-ouest/sud-est.

Ce gradient persiste en 2013 de façon légèrement moins marquée sur GMES-2. Sur GMES-3 la fraction sableuse est nettement plus importante en 2013 et le gradient est partiellement interrompu par des valeurs particulièrement élevées sur la station la plus au sud-est (3RSE025).

En 2017, la fraction sableuse retombe à des niveaux beaucoup plus faibles sur les deux secteurs, le gradient disparaissant sur GMES-2 au profit de la fraction en limons qui atteint des niveaux légèrement supérieurs aux années précédentes.



**Figure 176. Principales classes granulométriques au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES**

**Enrichissement organique et nutritif**

Sur GMES-2, on retrouve le même gradient sur les résultats de COT et d'azote avec des valeurs croissantes du nord-ouest vers le sud-est. Ce gradient persiste de 2012 à 2017 sans changement majeur, même si les valeurs d'azote sont globalement plus élevées en 2017.

La matière organique ne présente pas ce gradient mais des valeurs plutôt stables sur l'ensemble des stations sauf en décembre 2013 où certaines stations affichent des teneurs faibles en matière organique (notamment la station 2SE025).

Le phosphore affiche également des valeurs stables entre les stations. Les deux campagnes de 2013 indiquent des teneurs légèrement supérieures à 2012 et 2017.

Sur GMES-3R, on n'observe pas de gradient le long de l'axe de positionnement des stations. Il existe une variabilité inter-station assez forte qui empêche de dégager des tendances en fonction de la position des stations ou des années.

Le résultat le plus notable est une hausse des teneurs en COT en mai et décembre 2013, puis un retour en 2017 à des valeurs proches de celles de 2012.

Globalement les valeurs des paramètres en 2017 sont peu différentes de celles de l'état initial en 2012, n'indiquant pas de changement majeur de l'enrichissement des sédiments. Seules les teneurs en phosphore sont légèrement inférieures en 2017 sur les deux secteurs, et les teneurs en azote légèrement supérieures en 2017 sur GMES-2.



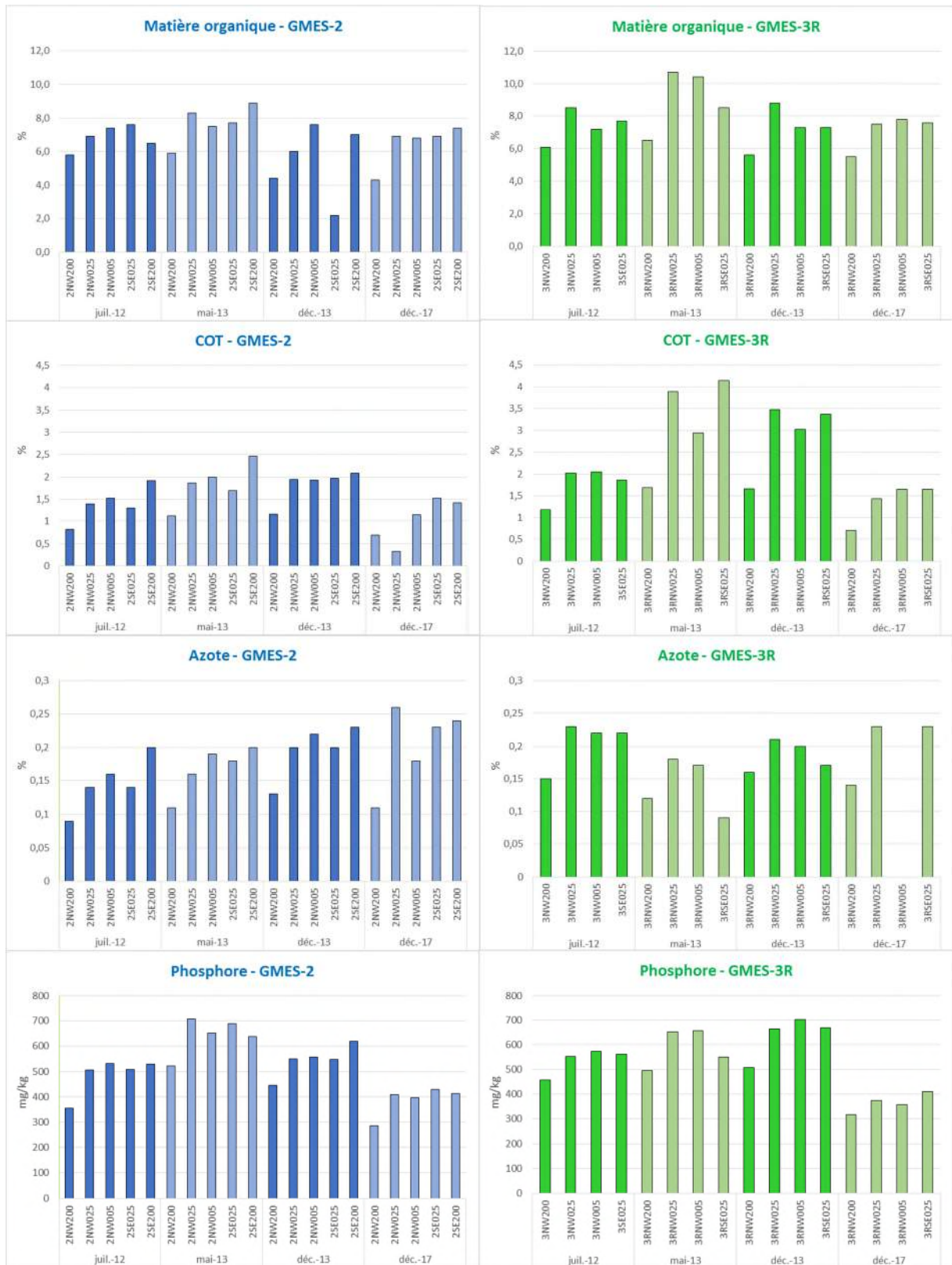


Figure 177. Enrichissement des sédiments au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES

### **Les métaux**

Les seuils de détection ne sont pas atteints pour les métaux suivants : antimoine, béryllium, cadmium, sélénium et thallium.

Pour le mercure et l'étain les seuils de détection du laboratoire en 2017 sont au-dessus des valeurs mesurées les campagnes précédentes. On rappelle que les teneurs mesurées pour ces deux métaux étaient très faibles en 2013 et 2013.

Pour l'arsenic, le cobalt, le cuivre, le nickel et le zinc, aucune tendance particulière n'est décelée entre les différentes campagnes.

Pour l'aluminium, le baryum, le chrome, le plomb et le vanadium, des résultats intéressants sont exposés ci-dessous :

- les concentrations en **aluminium, en chrome et en vanadium** sont beaucoup plus faibles en 2017 que celles mesurées les campagnes précédentes,
- les concentrations en **baryum** augmentent fortement après les opérations de forages sur les deux secteurs, mais reviennent à des niveaux quasi-normaux en 2017. Des traces substantielles restent toutefois visibles en 2017 à proximité du puits sur GMES-2,
- les concentrations en **plomb** restent relativement stables au cours du temps sur GMES-2 à l'exception d'une valeur particulièrement haute en 2017 sur la station 2SE025,
- sur GMES-3R, les concentrations en **plomb** sont plus faibles après forage (campagnes 2013) avec un gradient décroissant marqué le long de l'axe nord-ouest/sud-est, puis les valeurs reviennent en 2017 à un niveau similaire à celui de 2012.



Figure 178. Concentrations en métaux au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES

## Les hydrocarbures

Les résultats concernant les hydrocarbures sont présentés sur la Figure 179. La plupart des HAP, des BTEX et des composés aromatiques et aliphatiques présente des concentrations en dessous des seuils de détection. Les données utilisées sont donc des concentrations des 16 HAP analysés et les hydrocarbures totaux (aromatiques ± aliphatiques).

### Les HAP

Les concentrations en HAP sont faibles sur le secteur GMES-2 à l'exception d'une valeur très élevée en 2017 sur la station SE025. Un zoom sur les valeurs (encadré sur la figure 179) montre que des HAP étaient déjà détectés lors de l'état initial en 2012 et que les contaminations ne sont pas plus fortes en 2013 et 2017 (sauf cette valeur sur SE025).

Sur GMES-3R, les HAP sont détectés avant forage, dans les mois qui suivent les opérations de forage (campagnes 2013) et en 2017, suggérant une origine sans relation obligatoire avec les forages. On rappelle que même si la majorité des aromatiques présents dans l'environnement provient de sources anthropiques (fumées de combustion notamment), ces composés peuvent exister à l'état naturel dans l'environnement (Tronczynski *et al.*, 1999, Nikolaou *et al.*, 2009). En 2017, l'accroissement des teneurs en HAP à l'approche de l'ancien puits suggère toutefois une légère influence des déblais.

### Les hydrocarbures totaux (aromatiques et aliphatiques)

Sur GMES-2, les hydrocarbures totaux sont présents à l'état de trace en 2013, peu après les opérations de forage, alors qu'ils étaient absents en 2012, et ont disparu en 2017, **suggérant une disparition des hydrocarbures et une absence d'influence durable.**

Sur GMES-3R, les concentrations en hydrocarbures totaux sont beaucoup plus importantes en 2013 et elles restent importantes en 2017 sur la station la plus proche du puits (3RNW005). Des traces sont aussi détectées en 2017 sur les stations à 250 m de part et d'autre du puits. Ces résultats montrent que la teneur en hydrocarbures a diminué au cours du temps. Il persiste une influence des déblais à 50 m du puits ce qui est en adéquation avec les observations tirées de la littérature. En effet, une résorption des niveaux de polluants autour des forages est observée dans le milieu marin ; c'est un phénomène progressif qui s'effectue pendant plusieurs années.

### Les alcènes

Ces résultats sont confirmés par l'analyse des alcènes avec :

- des traces de contamination juste après forage sur GMES-2 puis l'absence de détection des alcènes en 2017,
- une contamination forte sur GMES-3R en mai 2013 et des traces encore visibles en 2017 mais fortement diminuées par rapport aux niveaux d'après forage.



Figure 179. Concentrations en hydrocarbures au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES



► **Analyse des peuplements benthiques**

**Evolution des descripteurs de la structure du peuplement**

On constate deux éléments importants en 2012 (année destinée à servir d'état initial pour le suivi des impacts des forages menés par Shell) :

- 1- Les 3 descripteurs principaux de la structure du peuplement (la richesse spécifique, la densité et la biomasse) présentent des valeurs « singulièrement » basses en 2012 par rapport aux années suivantes. L'année 2012 ne constitue sans doute pas un référentiel (état initial) très représentatif.
- 2- Il existe sur GMES-2 un gradient décroissant important des 3 descripteurs dans l'axe nord-ouest/sud-est.

Les résultats des deux campagnes de 2013 indiquent une décroissance des valeurs des 3 descripteurs à l'approche des puits de forage, témoignant d'un impact des forages sur les caractéristiques des peuplements benthiques : diminution forte de la richesse spécifique, de la densité des populations et des biomasses totales produites.

En 2017, Il n'existe pas de tendance particulière des résultats en fonction de la position des stations et les niveaux de valeurs obtenues sont de l'ordre des valeurs moyennes mesurées en 2013. On n'observe plus de trace de gradient nord-ouest/sud-est ni de diminution des descripteurs du benthos à l'approche des anciens puits : l'effet des forages semble avoir disparu avec le temps.



**Figure 180. Structure du peuplement benthique au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES**

## Evolution des indices biologiques

On constate deux éléments importants en 2012 :

- 1- Les valeurs des indices de Shannon sont plus faibles en 2012, en particulier sur GMES-3 à l'exclusion de la station 3RNW200, confirmant que l'année 2012 présente un faciès singulier par rapports aux années suivantes.
- 2- L'indice de Shannon présente un gradient décroissant important le long de l'axe nord-ouest/sud-est sur GMES-2 qui est cohérent avec la diminution des descripteurs de la structure du peuplement sur ce même axe. Le même gradient inversé sur l'indice d'équitabilité est biaisé par le fait que la très forte valeur obtenue sur la station la plus en sud-est s'explique parce que cette station n'abrite que 3 espèces qui sont dénombrées à un seul exemplaire. Ceci aboutit à une équitabilité maximale (100%) qui ne correspond pas à au faciès extrêmement appauvri de cette station.

En revanche, il n'existe pas de tendance véritablement nette des résultats sur les résultats de 2013 et 2017, n'indiquant pas d'effet notable des forages sur ces indices biologiques.



Figure 181. Indices de diversité et indice trophique au cours des différentes campagnes océanographiques sur GMES

► **Bilan sur la dynamique du système sédiment/benthos**

Les seules traces visibles en 2017 et en lien direct avec les opérations de forages sont des traces résiduelles d'hydrocarbures et d'alcènes uniquement sur GMES-3R où des teneurs importantes avaient été trouvées après forage. Par contre il n'y a aucune détectées sur GMES-2 en 2017 signifiant que les hydrocarbures ont été tout en partie dégradés par les micro-organismes présents dans l'eau et les sédiments. Il en est de même pour les teneurs en alcènes provenant du fluide de forage : aucune trace n'est décelable à GMES-2 et quelques traces persistent à GMES-3R. Ces concentrations ont fortement diminuées passant de 2.5% à 0.03%.

Il persiste en 2017 une influence des déblais à 50 m du puits ce qui est en adéquation avec les observations tirées de la littérature. En effet, une résorption des niveaux de polluants autour des forages est observée dans le milieu marin ; c'est un phénomène progressif qui s'effectue pendant plusieurs années. On peut s'attendre à ce que le processus de dégradation aille à terme comme sur GMES-2.

La structure, la diversité et la composition des peuplements benthiques ne montrent pas de signe de perturbation en 2017, ni sur GMES-2 complètement « décontaminé », ni sur GMES-3R où des traces de contaminants subsistent. Ce résultat suggère que la contamination résiduelle sur GMES-3R 5 ans après le forage du puits est trop faible pour avoir un impact visible sur le peuplement benthique.

## 4.3. La mégafaune

Les campagnes d'observations ont été réalisées avec des moyens nautiques différents entre les années 2017 et 2018.

Le *R/V Proteus* utilisé pour les campagnes de 2017 est un navire océanographique de 53 m de long avec une passerelle relativement haute au-dessus de la mer. Il est équipé d'un moteur diesel Caterpillar 825 HP.

Le *Guyavoile* utilisé pour les campagnes saisonnières de 2018 est un maxi catamaran de 17 m de long, beaucoup plus bas sur l'eau et offrant donc un point de vue moins efficace pour le repérage des tortues et des mammifères marins. En revanche il est équipé d'une grand-voile de 180 m<sup>2</sup> et d'un gennaker de 100 m<sup>2</sup> ce qui lui permet de naviguer de manière silencieuse, sans effrayer les animaux et sans perturber les enregistrements acoustiques.

Ces deux méthodes ne permettent pas d'obtenir des données directement comparables, chaque méthode ayant ses défauts et ses qualités. C'est pourquoi les résultats sont présentés de manière séparée dans la suite de ce document.

### 4.3.1. Effort et condition d'observation

#### 4.3.1.1. Effort d'observation

La nature des campagnes d'octobre-novembre et celle de janvier à mai diffèrent : les observations réalisées en octobre-novembre 2017 étaient opportunistes avec un plan d'échantillonnage non dédié à l'observation de la mégafaune marine et un navire à moteur fréquemment stationnaire ou en manœuvre. De janvier à mai 2018 en revanche, les observations ont été réalisées à bord d'un voilier selon un plan d'échantillonnage dédié aux mammifères marins. Les résultats de ces deux types de campagne ne peuvent donc être analysés de manière conjointe.

En octobre-novembre 2017, 462h d'effort visuel et 56h d'effort acoustique ont été réalisées (l'hydrophone ayant ensuite été perdu).

De janvier à mai 2018, un total de plus de 223h d'observation visuelle et 190h d'enregistrement acoustique ont été effectués. Cela représente 424h de collecte de données sur la zone d'étude.

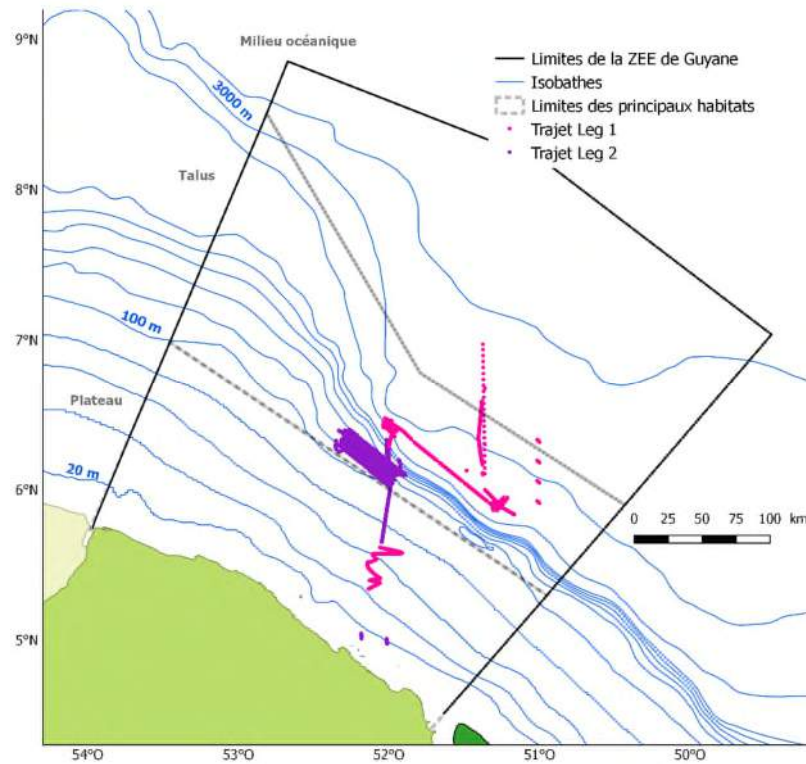


Figure 182. Effort d'observation réalisé lors des campagnes d'octobre-novembre (en rose : campagne du 21/10 au 03/11, en violet : campagne du 9/11 au 24/11)

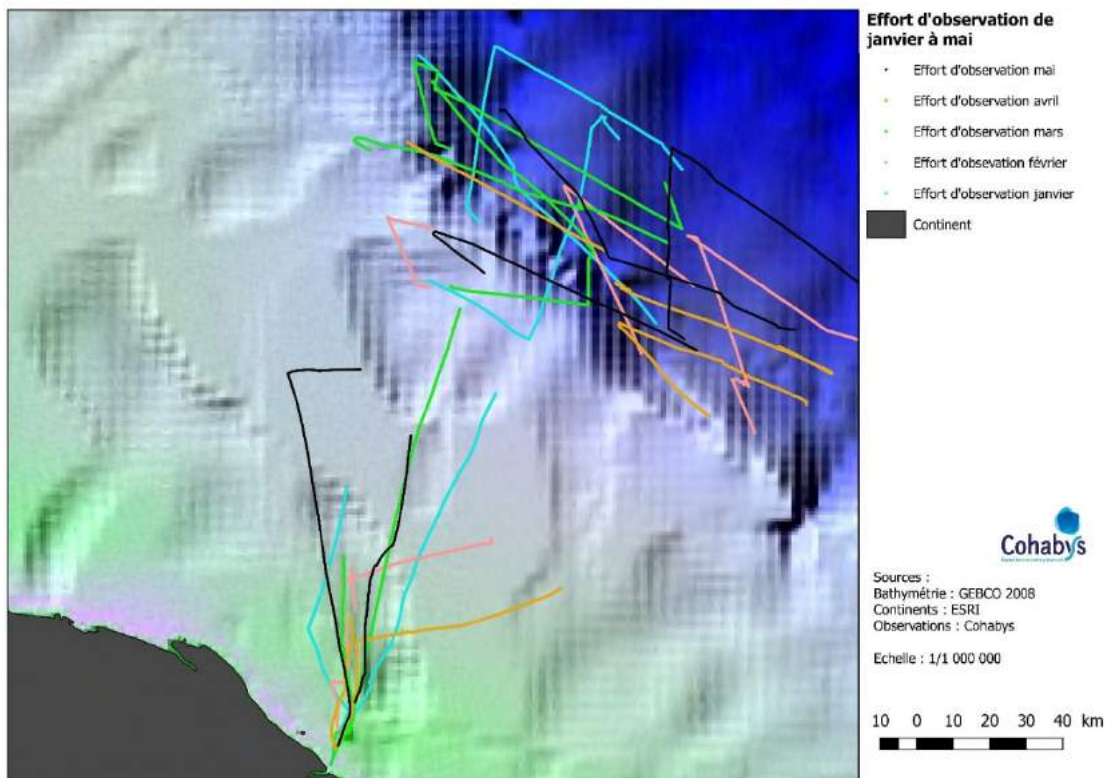


Figure 183. Effort d'observation visuelle effectué pendant les campagnes de janvier (bleu), février (rose), mars (vert), avril (orange) et mai (noir)



L'effort acoustique réalisé entre janvier et mai a essentiellement eu lieu sur le talus. Les transects différent d'un mois à l'autre en raison des courants (l'enregistreur était déployé lorsque le navire dérivait) mais ont permis de couvrir l'ensemble de la zone d'étude.

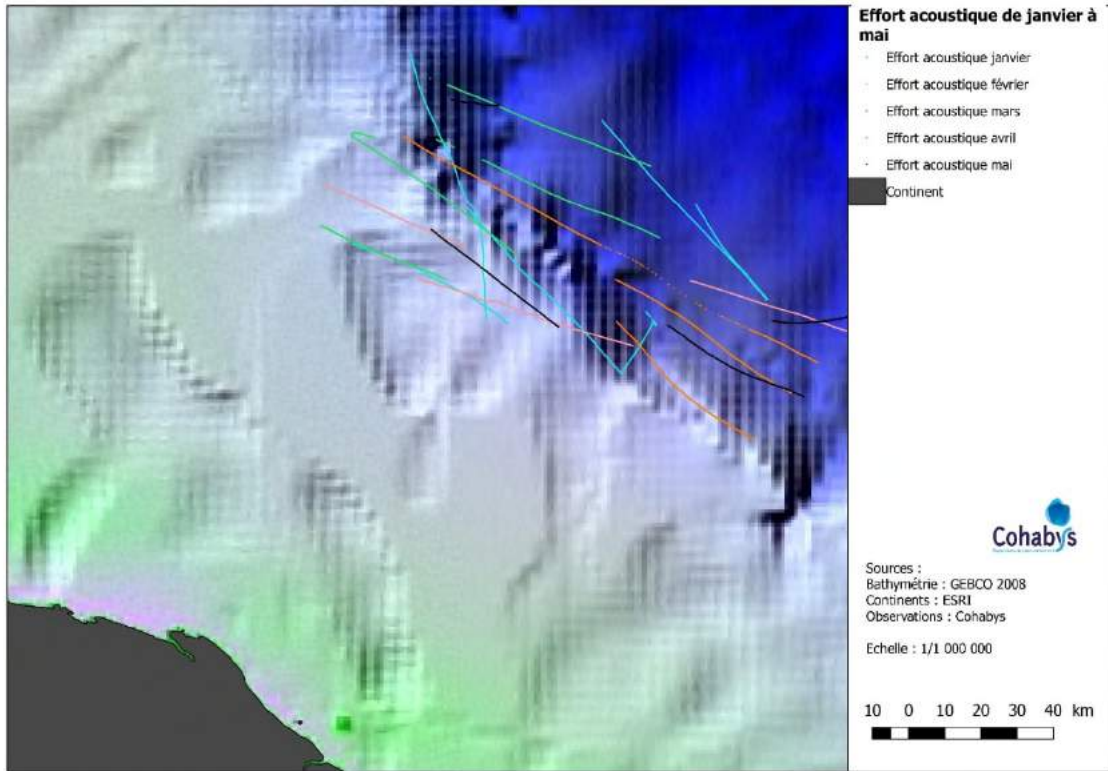


Figure 184. Localisation de l'effort acoustique réalisé pendant les campagne de janvier (bleu), février (rose), mars (vert), avril (orange) et mai (noir)

#### 4.3.1.2. Conditions d'observation

Pour effectuer des observations en mer dans de bonnes conditions, il est nécessaire que la hauteur de houle soit inférieure à 1 m et le vent inférieur à 3 Beaufort ; tout particulièrement sur un navire comme le Guyavoile qui est relativement bas sur l'eau.

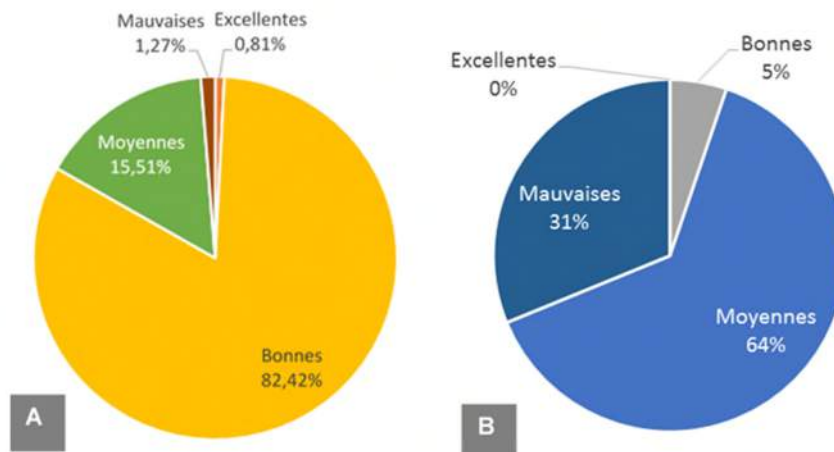


Figure 185. Conditions générales d'observations rencontrées lors de la campagne d'octobre-novembre (A) et lors des campagnes de janvier à mai (B)



La plupart de l'effort d'observation en octobre-novembre a été réalisé dans des conditions qualifiées de bonnes (plus de 80% des cas), avec de courtes périodes (16%) de conditions moyennes. Les conditions environnementales ont peu varié entre les campagnes 2017. Lors du leg 1, 53% de l'effort d'observation a été effectué avec 3 Beaufort, 27% avec 2 Beaufort et 20% avec 4 Beaufort. Durant le leg 2, 52% de l'effort a été effectué avec 3 Beaufort, 32% avec 2 Beaufort, 15% avec 4 Beaufort et 1% avec 5 Beaufort.

Les conditions d'observations ont donc été globalement favorables durant la campagne.

Globalement, les conditions d'observations rencontrées lors des campagnes de janvier à mai ont été défavorables avec un vent soufflant à plus de 3 Beaufort pendant près de 75 % du temps passé en mer et une houle supérieure à 2m près de 50% du temps. Les observateurs ont évalué les conditions d'observations comme moyennes à 64%, mauvaises à 31% et bonnes à seulement 5%.

## 4.3.2. L'ichtyofaune et ressources halieutiques

### 4.3.2.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017

Aucune campagne de pêche halieutique n'a été réalisée en 2017.

Toutefois, les trois observateurs de mammifères marins présents à bord du *R/V Proteus* entre le 22 octobre et le 23 novembre 2017 ont observé une raie manta (*Manta spp*) et 11 requins dont quatre de requins marteaux, ainsi que des thonidés, des daurades coryphènes et un espadon. Ces observations viennent compléter les observations faites précédemment.

A noter que Créocéan et l'Ifremer ont organisé des campagnes de pêches à la suite des campagnes sismiques et de forages en 2012 et 2013, cf. Tableau 16.

**Tableau 134. Observation de poissons pélagiques durant les campagnes d'octobre-novembre 2017**

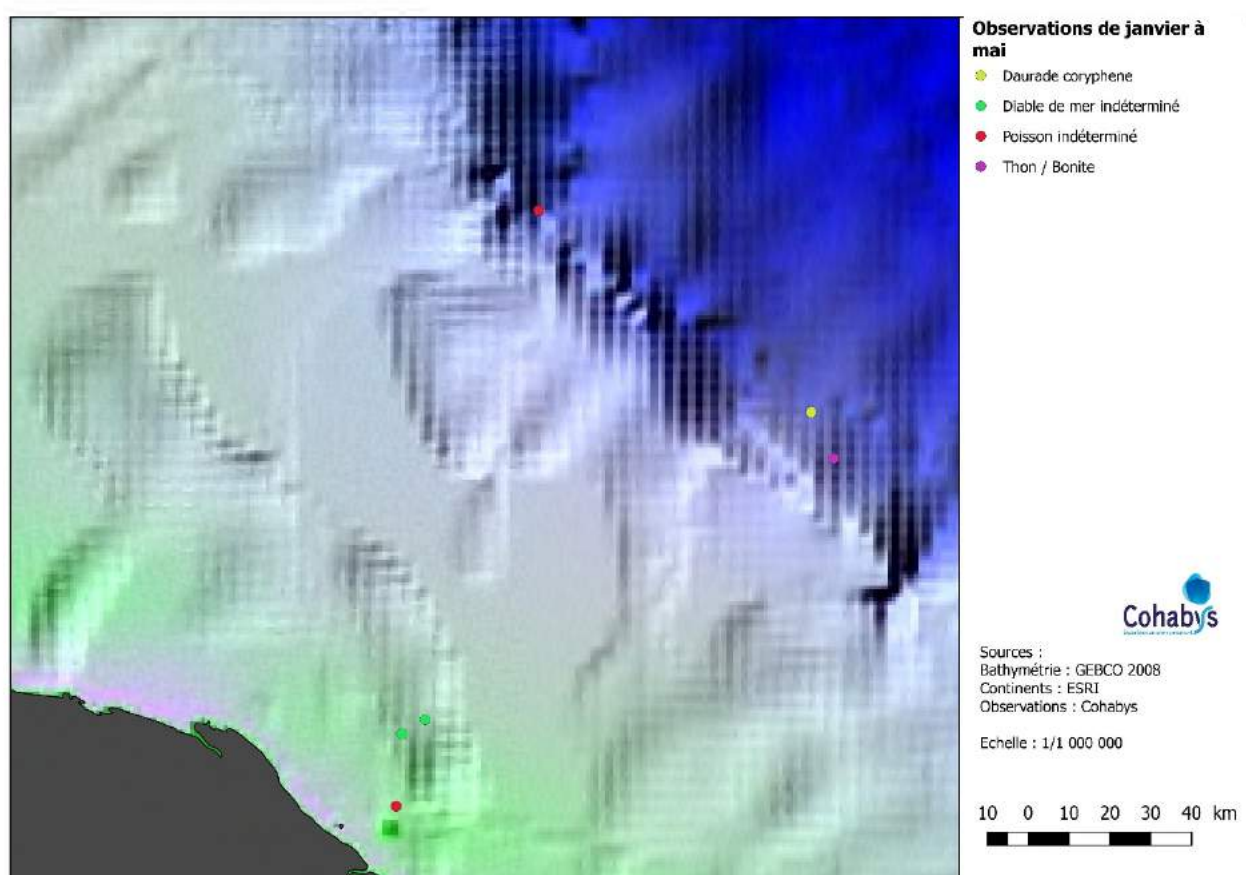
Espèce	Nom latin	Nombre d'observation	Nombre d'individus
<b>Raie Manta</b>	<i>Manta spp</i>	1	1
<b>Requin indéterminé</b>	<i>N/D</i>	7	7
<b>Requin marteau</b>	<i>Sphyrna spp</i>	4	4
<b>Poisson indéterminé</b>	<i>N/D</i>	4	8
<b>Thon</b>	<i>Thunnus sp</i>	6	21/∞
<b>Espadon/voilier/marlin</b>	<i>N/D</i>	1	1
<b>Daurade coryphène</b>	<i>Coryphaena hippurus</i>	3	7

### 4.3.2.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018

Entre janvier et mai, peu d'observation de poissons ont été collectées en raison des mauvaises conditions météorologiques. Toutes les observations proviennent de la campagne d'avril durant laquelle les conditions ont été plus favorables. Un poisson indéterminé et des diables de mer ont été observés sur le plateau. Des daurades coryphènes, thons/bonites et poisson indéterminé ont été observés sur le talus.

**Tableau 135. Observation de poissons pélagiques durant les campagnes de janvier à mai 2018**

Espèce	Nom latin	Nombre d'observation	Nombre d'individus
Thon/bonite	<i>Thunnus spp. / Sarda spp</i>	1	10
Poisson indéterminé	<i>N/D</i>	2	2
Diable de mer	<i>Mobula sp</i>	2	2
Daurade coryphène	<i>Coryphaena hippurus</i>	1	1



**Figure 186. Distribution spatiale des observations de poissons lors des campagnes de janvier à mai 2018**

### 4.3.3. Les tortues

#### 4.3.3.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017

Quatre observations de tortues marines ont été réalisées lors de la campagne « Guyane 2017 » : une observation de tortue verte, une observation de tortue caouanne et 2 observations de tortues à écaille indéterminées (Tableau suivant).

Deux observations ont eu lieu sur le plateau sur des fonds d'une cinquantaine de mètres, et les 2 autres ont eu lieu à plus de 1 000 m.

Aucune détection de tortue n'a été effectuée pendant les campagnes entre janvier et mai 2018.

**Tableau 136. Espèces de tortues marines observées durant les campagnes 2017**

Date	Heure (UTC)	Espèce	Nb	Coordonnées WGS84 (degrés géographiques)		Distance 1 <sup>ère</sup> observation (m)	Conditions	Activité
				Latitude	Longitude			
29/10/2017	10:32	<i>Caretta caretta</i>	1	6,468340	-52,026163	50	Bonne	Transit
04/11/2017	09:03	<i>Chelonia mydas</i>	1	5,577925	-51,916035	30	Bonne	transit
04/11/2017	10:47	<i>Tortue ind.</i>	1	5,572045	-52,093915	300	Bonne	transit
21/11/2017	11 :03	<i>Tortue ind.</i>	1	6,261588	-52,133418	100	Bonne	Transit

Peu d'information a été recueillie sur les tortues à l'instar des campagnes précédentes. Etant donné la discrétion de ces animaux en surface, il est souvent difficile de les déceler par bateau. Les observations effectuées attestent toutefois de leur présence sur le plateau et le talus, et notamment la tortue caouanne, qui ne figure pas dans les espèces principalement rencontrées en Guyane.

#### 4.3.3.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018

Aucune détection de tortue n'a été effectuée pendant les campagnes entre janvier et mai 2018.

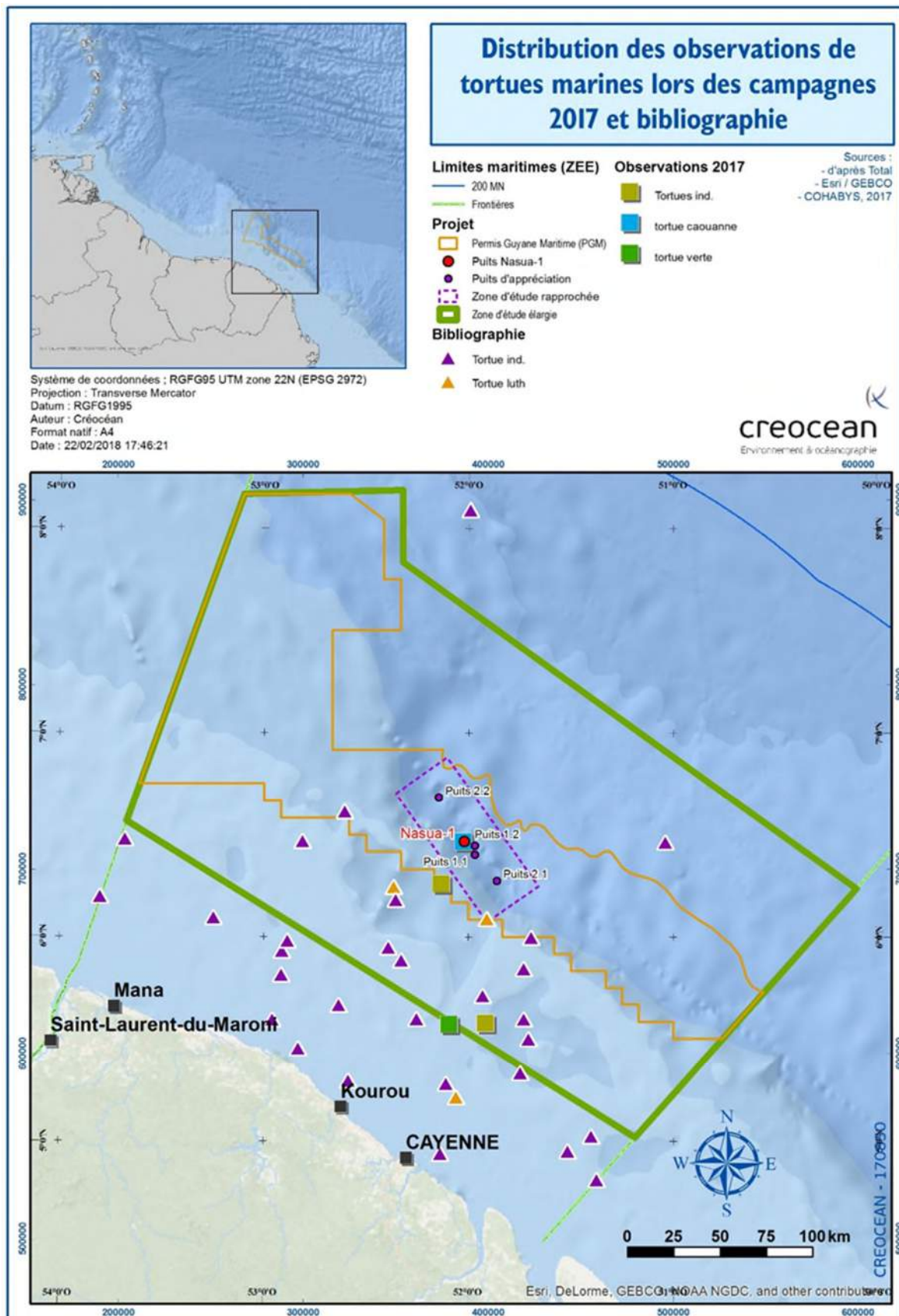


Figure 187. Distribution des observations de tortues marines lors des campagnes 2017

## 4.3.4. Les mammifères marins

### 4.3.4.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017

#### 4.3.4.1.1. Observations visuelles 2017

Lors de la campagne, réalisée du 22 octobre au 23 novembre 2017, 61 observations de mammifères marins ont été enregistrées, appartenant à 7 espèces :

- la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*),
- le cachalot (*Physeter macrocephalus*),
- le grand dauphin (*Tursiops truncatus*),
- le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*),
- le dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis*),
- le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*),
- le dauphin commun (*Delphinus delphis*).

Une observation du souffle d'une grande baleine a également été effectuée mais l'espèce n'a pas pu être identifiée. De même, plusieurs observations de petits delphinidés (*Stenella spp.*; *Delphinus spp*) ont été effectuées sans identification possible de l'espèce.

Les delphinidés sont la famille majoritairement observée puisqu'ils représentent environ 26% des observations. Les balénoptéridés représentent 23% des observations en raison de l'observation récurrente de baleine à bosse. Les cétacés non identifiés (delphinidés et grande baleine) représentent également 23% des observations. Enfin les cachalots ne représentent que 3% des observations.



**Tableau 137. Récapitulatif des espèces de cétacés observés durant la campagne d'octobre 2017**

Date	Heure (UTC)	Espèce	Nb	Coordonnées WGS84 (degrés géographiques)		Distance 1 <sup>ère</sup> observation (m)	Conditions	Activité
				Latitude	Longitude			
24/10/2017	06:11	<i>Balaenopteraespa</i>	1	6,464166	-52,012003	3000	Bonne	manoeuvre
25/10/2017	07:11	<i>Physetermacrocephalus</i>	1	6,394858	-51,955098	1500	Bonne	manoeuvre
25/10/2017	08:15	<i>Physetermacrocephalus</i>	1	6,39356	-51,950998	1000	Bonne	manoeuvre
26/10/2017	07:38	<i>Stenellaattenuata</i>	10	6,39885	-51,977711	300	Bonne	manoeuvre
26/10/2017	13:22	<i>Stenellaattenuata</i>	20	6,398223	-51,97853	700	Bonne	manoeuvre
28/10/2017	10:31	<i>Stenellaattenuata</i>	30	6,473251	-52,025571	1500	Bonne	manoeuvre
28/10/2017	13:40	<i>Stenellalongirostris</i>	15	6,473145	-52,025468	1000	Bonne	manoeuvre
29/10/2017	07:18	<i>Stenellaspp</i>	10	6,425763	-52,024401	500	Bonne	manoeuvre
29/10/2017	11:00	<i>Stenellaspp</i>	10	6,474361	-52,023973	1000	Bonne	manoeuvre
01/11/2017	10:03	<i>Stenellaattenuata</i>	25	5,886645	-51,258138	150	Bonne	transit
02/11/2017	14:38	<i>Stenellaattenuata</i>	6	5,897105	-51,274901	500	Moyenne	manoeuvre
03/11/2017	11:45	<i>Stenellaattenuata</i>	6	6,367563	-51,882821	50	Moyenne	transit
03/11/2017	12:37	<i>Stenellaattenuata</i>	6	6,452156	-51,995486	800	Moyenne	transit
03/11/2017	15:04	<i>Stenellaattenuata</i>	6	6,436048	-52,001048	50	Moyenne	transit
03/11/2017	15:17	<i>Stenellaattenuata</i>	10	6,417580	-51,990038	100	Moyenne	transit
04/11/2017	08:48	<i>Stenellafrontalis</i>	3	5,583910	-51,923106	500	Bonne	transit
04/11/2017	16:30	<i>Tursiops truncatus</i>	5	5,386360	-52,08896	10	Bonne	transit
24/10/2017	06:11	<i>Balaenopteraespa</i>	1	6,464166	-52,012003	3000	Bonne	manoeuvre
25/10/2017	07:11	<i>Physetermacrocephalus</i>	1	6,394858	-51,955098	1500	Bonne	manoeuvre
25/10/2017	08:15	<i>Physetermacrocephalus</i>	1	6,39356	-51,950998	1000	Bonne	manoeuvre
26/10/2017	07:38	<i>Stenellaattenuata</i>	10	6,39885	-51,977711	300	Bonne	manoeuvre
26/10/2017	13:22	<i>Stenellaattenuata</i>	20	6,398223	-51,97853	700	Bonne	manoeuvre
28/10/2017	10:31	<i>Stenellaattenuata</i>	30	6,473251	-52,025571	1500	Bonne	manoeuvre
28/10/2017	13:40	<i>Stenellalongirostris</i>	15	6,473145	-52,025468	1000	Bonne	manoeuvre
29/10/2017	07:18	<i>Stenellaspp</i>	10	6,425763	-52,024401	500	Bonne	manoeuvre
29/10/2017	11:00	<i>Stenellaspp</i>	10	6,474361	-52,023973	1000	Bonne	manoeuvre
01/11/2017	10:03	<i>Stenellaattenuata</i>	25	5,886645	-51,258138	150	Bonne	transit
02/11/2017	14:38	<i>Stenellaattenuata</i>	6	5,897105	-51,274901	500	Moyenne	manoeuvre
03/11/2017	11:45	<i>Stenellaattenuata</i>	6	6,367563	-51,882821	50	Moyenne	transit
03/11/2017	12:37	<i>Stenellaattenuata</i>	6	6,452156	-51,995486	800	Moyenne	transit
03/11/2017	15:04	<i>Stenellaattenuata</i>	6	6,436048	-52,001048	50	Moyenne	transit
03/11/2017	15:17	<i>Stenellaattenuata</i>	10	6,417580	-51,990038	100	Moyenne	transit
04/11/2017	08:48	<i>Stenellafrontalis</i>	3	5,58391	-51,923106	500	Bonne	transit
04/11/2017	16:30	<i>Tursiops truncatus</i>	5	5,38636	-52,08896	10	Bonne	transit

**Tableau 138. Récapitulatif des espèces de cétacés observés durant la campagne de novembre 2017**

Date	Heure (UTC)	Espèce	Nb	Coordonnées WGS84 (degrés géographiques)		Distance 1 <sup>ère</sup> observation (m)	Conditions	Activité
				Latitude	Longitude			
10/11/2017	17:10	<i>Stenella spp</i>	40	6,397616	-51,985438	400	Moyenne	Transit
11/11/2017	07:13	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,136395	-51,924895	2500	Bonne	Transit
11/11/2017	07:40	<i>Delphinus spp</i>	5	6,10557	-51,921198	150	Bonne	Transit
11/11/2017	08:46	<i>Delphinus spp</i>	3	6,111295	-51,910831	600	Bonne	Transit
11/11/2017	09:35	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,112016	-51,919651	500	Bonne	Manoeuvr
11/11/2017	09:40	<i>Delphinus spp</i>	6	6,108338	-51,91622	300	Bonne	Manoeuvr
11/11/2017	12:54	<i>Tursiops truncatus</i>	14	6,107271	-51,924385	1800	Bonne	Manoeuvr
12/11/2017	14:04	<i>Delphinus delphis</i>	40	6,381498	-52,283381	2500	Bonne	Manoeuvr
12/11/2017	17:35	<i>Stenella frontalis</i>	10	6,283186	-52,19689	100	Bonne	Transit
13/11/2017	08:07	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,10309	-51,9764667	1500	Moyenne	Transit
13/11/2017	16:30	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,235083	-52,152428	800	Moyenne	Transit
13/11/2017	17:20	<i>Delphinus delphis</i>	15	6,189945	-52,0962767	50	Moyenne	Transit
14/11/2017	06:29	<i>Tursiops truncatus</i>	3	6,089601	-51,982815	2	Bonne	Transit
14/11/2017	15:32	<i>Stenella frontalis</i>	15	6,095353	-52,00145	50	Bonne	Transit
17/11/2017	07:00	<i>Stenella frontalis</i>	12	6,157586	-52,1541283	200	Bonne	Transit
17/11/2017	07:40	<i>Delphinus spp</i>	4	6,1966266	-52,202718	200	Bonne	Transit
17/11/2017	07:51	<i>Delphinus spp</i>	Nd	6,207058	-52,215671	2000	Bonne	Transit
18/11/2017	07:56	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,320508	-52,256703	2000	Bonne	Transit
18/11/2017	13:12	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,22176	-52,04342	2000	Bonne	Transit
18/11/2017	16:15	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,14087	-51,948298	1000	Bonne	Transit
18/11/2017	16:18	<i>Delphinus spp</i>	20	6,1442416	-51,952513	1500	Bonne	Transit
18/11/2017	16:28	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,1555566	-51,966631	2500	Bonne	Transit
18/11/2017	17:20	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,214065	-52,039495	400	Bonne	Transit
18/11/2017	17:42	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,238895	-52,070343	1500	Bonne	Transit
19/11/2017	08:20	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,247795	-52,0989	2000	Bonne	Transit
19/11/2017	09:30	<i>Stenella frontalis</i>	15	6,182996	-52,018201	700	Bonne	Transit
19/11/2017	11:18	<i>Delphinus spp</i>	30	6,1421233	-51,973031	1500	Bonne	Transit
19/11/2017	11:53	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,179045	-52,019053	1000	Bonne	Transit
19/11/2017	11:54	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	6,180138	-52,020346	2500	Bonne	Transit
19/11/2017	12:09	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,195983	-52,040008	500	Bonne	Transit
19/11/2017	15:32	<i>Delphinus spp</i>	2	6,396716	-52,288975	2000	Bonne	Transit
19/11/2017	16:38	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,372946	-52,26635	1000	Bonne	Transit
20/11/2017	12:36	<i>Delphinus spp</i>	Nd	6,361246	-52,285165	800	Bonne	Transit
20/11/2017	13:37	<i>Tursiops truncatus</i>	1	6,305763	-52,217351	50	Bonne	Transit
21/11/2017	06:42	<i>Tursiops truncatus</i>	10	6,242755	-52,115618	300	Bonne	Transit
21/11/2017	09:38	<i>Stenella frontalis</i>	4	6,339655	-52,230698	400	Bonne	Transit
21/11/2017	10:45	<i>Stenella frontalis</i>	15	6,278106	-52,154008	200	Moyenne	Transit
21/11/2017	12:09	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	6,201405	-52,05853	1000	Bonne	Transit
21/11/2017	14:48	<i>Delphinus spp</i>	4	6,113968	-51,983875	500	Bonne	Transit
21/11/2017	18:00	<i>Delphinus delphis</i>	6	6,111485	-52,079246	100	Bonne	Transit
22/11/2017	16:42	<i>Delphinus spp</i>	Nd	6,101066	-52,041891	1500	Bonne	Transit
22/11/2017	18:00	<i>Delphinus spp</i>	Nd	6,092898	-52,02107	700	Bonne	Transit
23/11/2017	15:56	<i>Stenella frontalis</i>	20	5,883425	-52,012651	400	Bonne	Transit
23/11/2017	18:00	<i>Tursiops truncatus</i>	15	5,842376	-52,018995	500	Bonne	Transit

Il convient toutefois de noter que le nombre d'observation de cétacés diffère entre la zone d'étude restreinte et la zone du talus. Pour un effort d'observation équivalent, il y a eu 2,5 fois plus d'observations sur le talus que sur la future zone du forage (Tableau suivant). Il est également intéressant de noter que peu d'espèces ont été observées à la fois sur la zone du forage et sur le talus : uniquement le dauphin tacheté de l'Atlantique et le grand dauphin.



**Photos 78. Vrille de dauphin à long bec (à gauche) et caudale de cachalot (à droite)**

Les cétacés rencontrés sur ces deux zones marines ont eu des comportements variés (Suardi *et al.*, 2017). La plupart des petits delphinidés ont eu des comportements très démonstratifs de sauts, de vrille ou sont venus nager à l'étrave du bateau. Au sein des groupes de delphinidés, des juvéniles ont été observés (dauphin tachetés pantropicaux, dauphin commun, dauphin tacheté de l'Atlantique, grand dauphin). Quelques groupes n'ont pas montré d'intérêt particulier pour le navire et ont continué leur route. D'autres ont montré des comportements de chasse. Le ou les cachalots rencontré(s) a/ont montré la nageoire caudale avant de plonger, comportement typique de plongée profonde. Il est donc probable que l'animal (les animaux) ai(en)t été en recherche alimentaire.



**Photos 79. Baleine à bosse**

De nombreuses observations de baleines à bosse ont eu lieu, dont plusieurs concernaient un individu adulte et un jeune. Des sauts et des comportements de « tail slap » ou « pectoral slap » ont été observés, en particulier chez les couples mère-petit, ce qui peut laisser penser à un apprentissage.

La plupart des observations a eu lieu sur le talus (baleine à bosse, dauphin commun, dauphin tacheté de l'Atlantique, grand dauphin...). Quelques observations ont néanmoins eu lieu sur le plateau (grand dauphin et dauphin tacheté de l'Atlantique). Les observations réalisées sur les fonds les plus importants (2 000 m et plus) concernent des dauphins tachetés pantropicaux, des dauphins à long bec et des cachalots.

**Tableau 139. Observations de cétacés effectuées sur la zone restreinte et le talus (2017)**

Espèces	Campagne environnementale Octobre 2017		Campagne géophysique Novembre 2017	
	Nb observation	Nb individus	Nb observation	Nb individus
Baleine à bosse	-	-	16	24
Cachalot	2	2	-	-
Dauphin tacheté pantropical	9	119	-	-
Dauphin tacheté de l'Atlantique	1	3	7	91
Dauphin à long bec	1	15	-	-
Dauphin commun	-	-	3	61
Grand dauphin	1	5	5	43
Petits delphinidés	2	20	13	114
Balénoptéridé sp	1	1	-	-
<b>Total général</b>	<b>17</b>	<b>165</b>	<b>44</b>	<b>333</b>

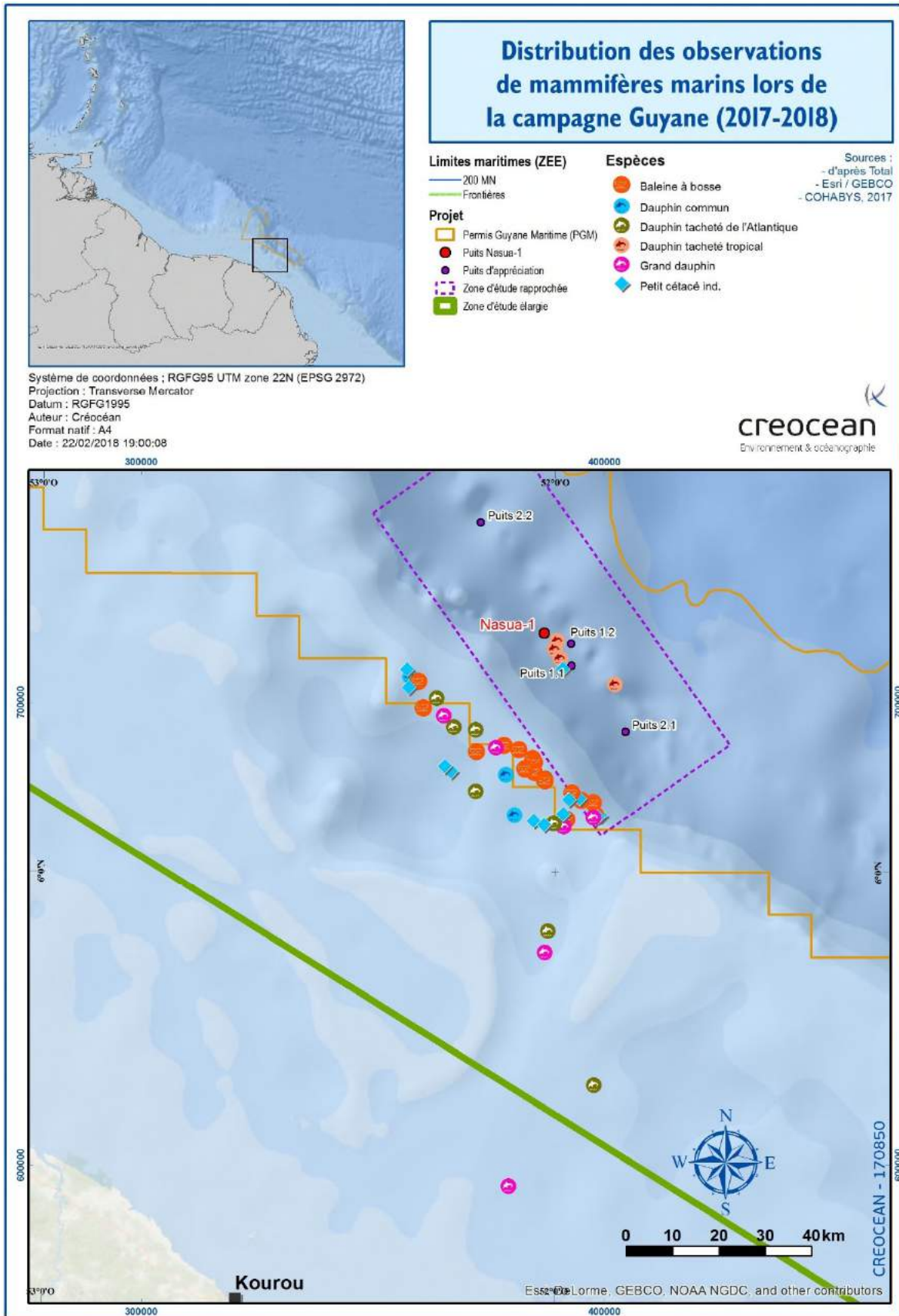


Figure 188. Distribution des observations de mammifères marins lors de la campagne Guyane (2017-2018)



#### 4.3.4.1.2. Détections acoustiques 2017

L'enregistreur RS-ORCA a été utilisé durant les cinq premiers jours de la campagne d'octobre 2017, lorsque le navire était en position stationnaire ou en manœuvre. Au total, l'appareil a passé environ 63h dans l'eau et 56h d'enregistrements ont été répertoriés. Le tableau ci-dessous récapitule l'effort acoustique.

**Tableau 140. Résumé de l'effort d'acquisition acoustique**

Résumé de l'effort			
Date début	Heure de début UTC	Date de fin	Heure de fin UTC
22/10/2017	05:48:08	23/10/2017	13:05:00
24/10/2017	02:59:24	24/10/2017	10:24:04
25/10/2017	01:06:42	25/10/2017	05:46:28
26/10/2017	06:33:06	26/10/2017	08:53:28

13 détections de cétacés ont été enregistrées (Tableau suivant). Toutes correspondent à des delphinidés, mais il est difficile en acoustique de distinguer les espèces entre elles. Nous ne pouvons donc pas conclure sur les espèces de delphinidés rencontrées.

Les détections varient en durée, d'une seconde à 15 minutes. Elles consistent principalement en des sifflements, probablement due à la présence de grands groupes dans la zone. 3 détections (n°9, 11 et 13) correspondent à des clics hautes fréquences qui indiqueraient que les animaux étaient en train de chasser.

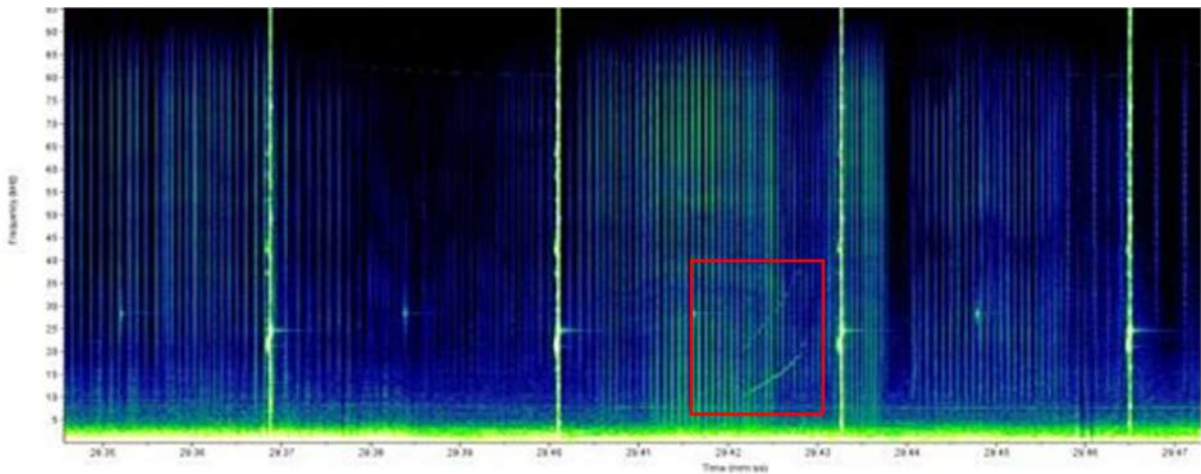
**Tableau 141. Détections acoustiques effectuées lors de la campagne**

N° Détection	Début UTC	Fin UTC	Type	Nb trains de clic	Espèces	Latitude	Longitude
1	22/10/2017 11:07	22/10/2017 11:17	Son tonal	0	Delphinidés	6,3557067	-51,965658
2	22/10/2017 12:14	22/10/2017 12:40	Son tonal	0	Delphinidés	6,3557317	-51,965206
3	22/10/2017 13:47	22/10/2017 13:52	Son tonal	0	Delphinidés	6,3558450	-51,965855
4	22/10/2017 14:41	22/10/2017 15:08	Son tonal	0	Delphinidés	6,3558717	-51,966600
5	22/10/2017 16:10	22/10/2017 16:13	Son tonal	0	Delphinidés	6,3709033	-51,975360
6	23/10/2017 01:47	23/10/2017 01:53	Son tonal	0	Delphinidés	6,3913083	-51,986681
7	23/10/2017 02:21	23/10/2017 02:22	Son tonal	0	Delphinidés	6,3853367	-51,992091
8	23/10/2017 03:45	23/10/2017 03:59	Son tonal	0	Delphinidés	6,3874167	-51,993621
9	25/10/2017 02:27	25/10/2017 02:31	Son tonal	12	Delphinidés	6,4113567	-51,990266
10	25/10/2017 03:46	25/10/2017 03:46	Son tonal	0	Delphinidés	6,4090983	-51,964973
11	25/10/2017 05:42	25/10/2017 06:10	Son tonal	11	Delphinidés	6,4101300	-51,967458
12	26/10/2017 06:41	26/10/2017 07:03	Son tonal	0	Delphinidés	06,40209	-51,97894
13	26/10/2017 07:21	26/10/2017 08:09	Son tonal	3	Delphinidés	06,39873	-51,97809

Il est intéressant de noter que parmi les 13 détections acoustiques effectuées, seule la n°13 a également fait l'objet d'une observation visuelle (dauphin tacheté pantropical, observé à 7h38 par les MMOs). Plusieurs de ces détections ont eu lieu la nuit, et il est donc normal de ne pas avoir de pendant visuel aux détections. Mais d'autres ont eu lieu de jour, en particulier le 22/10, sans que les animaux ne soient observés en surface. L'utilisation d'un système acoustique passif (PAM) présente donc un réel intérêt dans la détection des mammifères marins.

A l'inverse, les observations visuelles de cachalots et de balénoptéridés effectuées le 22/10 n'ont pas été détectées acoustiquement. Cela s'explique par le fait que l'enregistreur ait été déployé près du bateau, et que les basses fréquences utilisées par ces grands cétacés soient complètement masquées par le bruit du navire.

Les deux méthodes sont donc réellement complémentaires.



Fréquence sur l'axe des ordonnées ; temps sur l'axe des abscisses

**Figure 189. Spectrogramme (0-100kHz) de trains de clic de delphinidés et sons tonals (carré rouge)**

L'enregistreur RS ORCA a bien fonctionné et son utilisation constitue une alternative intéressante aux systèmes classiques lorsque l'analyse en temps réel n'est pas nécessaire. Cependant son déploiement nécessite des ajustements afin de s'affranchir du bruit du navire. Dans le cas présent, le bruit du moteur couplé aux différents instruments utilisés a masqué des bandes de fréquences sur lesquelles des mammifères marins peuvent émettre. Pour améliorer l'utilisation de cette méthode, il convient donc d'éloigner au maximum l'instrument du navire.

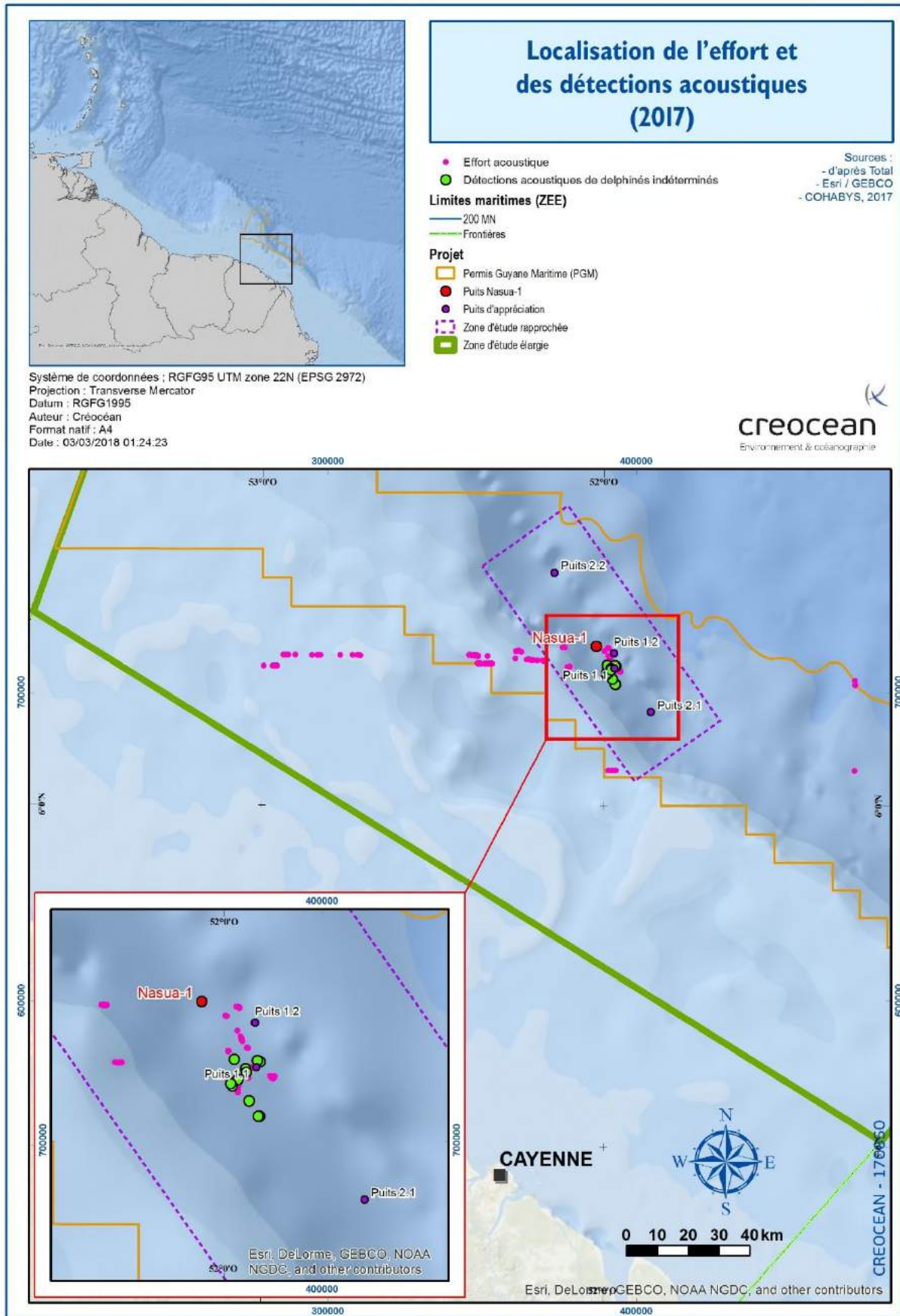


Figure 190. Localisation de l'effort et des détections acoustiques (2017)

Le système d'enregistrement acoustique a également été déployé en décembre 2017 lors de la dernière campagne par les équipes de Créocéan. Les MMO n'étant plus à bord, aucune observation visuelle n'a été effectuée. 6 heures et 17 minutes d'enregistrement ont été effectuées entre le 6 et le 9 décembre (Tableau 139).

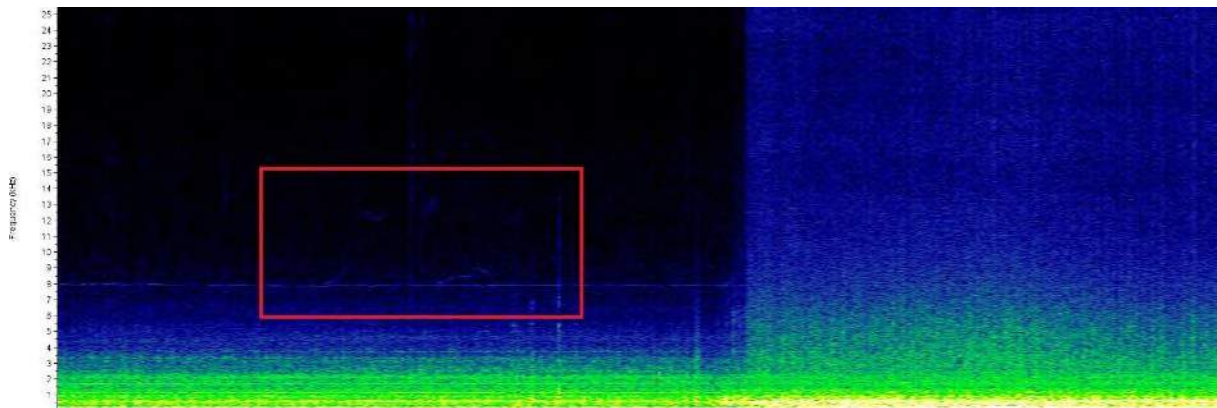
**Tableau 142. Effort d'enregistrement acoustique (décembre 2017)**

Date	Heure début UTC	Heure de fin UTC	Total
06/12/2017	10:09:00	13:05:00	04:02
	14:54:00	15:30:00	
	21:35:00	22:05:00	
07/12/2017	01:56:00	02:33:00	01:17
	05:56:00	06:36:00	
08/12/2017	00:35:00	01:10:00	00:35
09/12/2017	15:41:36	16:05:00	00:23

Une seule détection de cétacés a été effectuée, le 8 décembre. Elle n'a duré que 2 secondes, le bruit du bateau ayant très vite couvert les sifflements.

**Tableau 143. Détections de cétacés lors de la campagne de (décembre 2017)**

Numéro détection	Début UTC	Fin UTC	Type	Nb de train de clicks	Espèce	Latitude	Longitude
1	08 Dec. 17 00:53:52	08 Dec. 17 00:53:54	Son tonal	0	Delphinidés	6.6758268 - 52.06889	



Fréquence sur l'axe des ordonnées ; temps sur l'axe des abscisses.

**Figure 191. Spectrogramme (0-18kHz) de la détection n°1 (les sifflements de dauphins dans la boîte rouge)**

La qualité des enregistrements a été améliorée par rapport aux enregistrements de la première campagne de novembre, cependant la proximité du bateau reste un problème. Le bruit du moteur, dans les basses fréquences, empêche la détection des rorquals ou cachalots. De plus, à plusieurs reprises, la cavitation du propulseur du navire a complètement masqué la bande de fréquence 0-24 kHz, rendant ainsi impossible toute détection de delphinidés.

De nombreuses observations de cétacés ont été effectuées durant la campagne réalisée du 22 octobre au 23 novembre 2017 (61 pour 462h d'effort, soit 0,13 observation par heure). 7 espèces ont été observées : des delphinidés du genre *Stenella* (dauphin tacheté pantropical, dauphin tacheté de l'Atlantique, dauphin à long bec), des dauphins communs (assez rarement observés dans les campagnes menées jusqu'alors), des grands dauphins, mais également des cachalots et surtout des baleines à bosse.

Peu d'observations avaient eu lieu dans les eaux guyanaises, mais les observations récentes de couples mère-petit (campagne REMMOA 2017 (V. Ridoux, com. Pers ; GEPOG, com. Pers, Suardi *et al.*, 2017) semblent suggérer que la ZEE guyanaise pourrait être une zone de mise-bas et de nurserie pour l'espèce.

La nature de la campagne rend impossible les estimations d'abondance, et il est probable que le fort taux d'observation enregistré sur le second LEG soit dû aux passages répétés sur les mêmes zones. Il est possible que les individus observés l'aient été plusieurs fois, notamment en ce qui concerne les baleines à bosse. Cependant, les zones prospectées apparaissent comme écologiquement intéressantes pour bon nombre d'espèces, avec de nombreux juvéniles observés (delphinidés, baleines à bosse) et des comportements de chasse ou recherche alimentaire (delphinidés, cachalots).

Les méthodes de détection visuelle et acoustique sont complémentaires et présentent toutes les deux un réel intérêt.

#### 4.3.4.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018

##### 4.3.4.2.1. Observations visuelles 2018

28 observations de mammifères marins ont été effectuées en 2018, soit 247 individus, appartenant à 9 espèces identifiées avec certitude.

- une observation de cachalot (*Physeter macrocephalus*),
- 3 observations de dauphin commun (*Delphinus delphis*),
- 3 observations de dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis*),
- une observation de globicéphale tropical (*Globicephala macrorhynchus*),
- une observation de péponocéphale (*Peponocephala electra*),
- une observation d'orque pygmée (*Feresa attenuata*),
- une observation de sotalie (*Sotalia guianensis*)
- 6 observations de petits cétacés non identifiés,
- 2 observations de delphinidés non identifiés.



**Tableau 144. Observations des mammifères marins**

Date	Heure (UTC)	Espèce	Nb	Coordonnées WGS84 (degrés géographiques)		Distance 1 <sup>ère</sup> observation (m)	Conditions	Activité
				Latitude	Longitude			
08/01/2018	18.22	<i>Delphinus delphis</i>	10	5,826197	-52,337468	400	mauvaise	Transit
10/01/2018	13.31	<i>Stenella attenuata</i>	35	6,880665	-52,229520	50	mauvaise	Transit
10/01/2018	17.44	<i>Stenella attenuata</i>	25	6,788902	-51,946454	1000	moyenne	Transit
12/01/2018	17.04	<i>Sotalia guianensis</i>	5	5,208244	-52,606931	200	bonne	Transit
05/02/2018	17:50	<i>Delphinus spp/Stenella spp</i>	2	5,643653	-52,515840	5	Moyenne	Transit
05/02/2018	19:00	<i>Delphinus spp/Stenella spp</i>	3	5,670422	-52,427795	100	Moyenne	Transit
05/02/2018	19:20	<i>Delphinus delphis</i>	2	5,676779	-52,399688	10	Moyenne	Transit
05/02/2018	20:50	<i>Tursiops truncatus</i>	2	5,704571	-52,278136	100	Moyenne	Transit
05/02/2018	21:10	<i>Delphinus spp/Stenella spp</i>	2	5,710221	-52,251097	5	Moyenne	Transit
06/02/2018	10:40	<i>Physeter macrocephalus</i>	6	6,111821	-51,627707	700	Moyenne	Transit
05/03/2018	18.05	<i>Tursiops truncatus</i>	2	5,816586	-52,452118	100	mauvaise	Transit
05/03/2018	19:42	<i>Stenella frontalis</i>	1	6,030454	-52,392348	20	mauvaise	Transit
05/03/2018	19:54	<i>Stenella frontalis</i>	3	6,054673	-52,382138	100	mauvaise	Transit
06/03/2018	10:48	<i>Tursiops truncatus</i>	10	6,713426	-52,561918	50	mauvaise	Transit
07/03/2018	11:00	<i>Feresa attenuata</i>	20	6,732422	-52,372372	100	mauvaise	Transit
07/03/2018	13:00	Petit cétacés	2	6,867654	-52,359742	30	mauvaise	Manoeuvre
16/04/2018	17.40	Delphinidé indéterminé	1	5,499850	-52,380606	100	moyenne	Transit
16/04/2018	18:25	<i>Delphinus delphis</i>	7	5,506010	-52,321095	100	moyenne	Transit
17/04/2018	14:00	Petit cétacé indéterminé	1	6,198380	-51,856623	1500	moyenne	Manoeuvre
18/04/2018	10.34	<i>Stenella attenuata</i>	50	6,357171	-51,910177	300	bonne	Transit
18/04/2018	13.35	<i>Stenella attenuata</i>	15	6,260954	-51,682005	200	moyenne	Transit
19/04/2018	14.03	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	15	6,532451	-52,120957	50	moyenne	Manoeuvre
19/04/2018	20.48	<i>Tursiops truncatus</i>	6	6,699869	-52,423255	5	moyenne	Manoeuvre
21/05/2018	20.20	<i>Tursiops truncatus</i>	5	6,141087	-52,638434	300	moyenne	Transit
22/05/2018	17.04	<i>Stenella frontalis</i>	10	6,358769	-52,072407	300	mauvaise	Transit
22/05/2018	17.11	<i>Peponocephala electra</i>	4	6,354110	-52,062576	300	mauvaise	Transit
23/05/2018	14.14	Petit cétacé indéterminé	1	6,686741	-51,780040	50	mauvaise	Transit
25/05/2018	12.00	Delphinidés non identifiés	2	5,692217	-52,487196	15	moyenne	Transit

### **Dauphin commun (*Delphinus delphis (capensis)*)**

Le dauphin commun atteint une taille maximale de 2,50 m pour les mâles et de 2,30 m pour les femelles. Son poids est compris entre 70 et 110 kg. La coloration du dos varie du gris foncé au brun foncé en passant par le noir. Elle forme un V sous la dorsale. Sur les flancs deux lignes se croisent pour former un X. En Guyane, il a un rostre plus allongé que ses cousins européens. Jusqu'à récemment, 2 espèces de dauphins communs étaient considérées : le dauphin commun à long bec (*Delphinus capensis*) et le dauphin commun à bec court (*Delphinus delphis*). Une récente étude génétique a montré qu'il n'y a en réalité qu'une seule espèce de dauphin commun (*Delphinus delphis*) mais bien 2 morphotypes (Cunha *et al.*, 2015).

C'est une espèce cosmopolite présente dans toutes les mers des deux hémisphères dont la température de l'eau varie entre 10° et 28 °C. Il peut plonger jusqu'à 300m.

- Le 8 janvier 2018 à 18h22 : observations de 10 individus à l'arrière du bateau lors du transit.
- Le 5 février à 19h20 : observation de 2 individus qui se sont approchés du bateau, ont nagé à l'étrave pendant 2 minutes et se sont ensuite éloignés rapidement.
- Le 16 avril 2018 : observations de 7 dauphins communs (dont un juvénile). Ils sont venus brièvement à la proue du bateau puis sont repartis et sont revenus à l'étrave puis ont continué leur route dans la direction opposée du bateau.



**Photos 80. Dauphin commun du 8 janvier, 18h22**

### **Le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*)**

Le dauphin tacheté pantropical a une taille qui varie de 160 cm à 260 cm pour un poids moyen de 115kg environ. Ce dauphin élancé a une robe gris-foncé, jusqu'à la moitié du flanc, puis un gris plus clair pour le ventre. Une flamme claire remonte sur la robe dorsale en arrière de l'aileron dorsal. Ses taches apparaissent à la maturité sexuelle et varient selon son âge et sa région géographique. Il se rencontre dans toutes les mers tropicales et subtropicales, entre des latitudes 30-40° N et 20-40° S. Il est présent des côtes aux milieux océanique.

- Le 10 janvier à 13h31 : observation d'un grand groupe de dauphins tacheté pantropicals. Présence de juvéniles.
- Le 10 janvier à 17h44 : observation d'un groupe de 25 individus de dauphins tachetés pantropicals. Sauts, nage à l'étrave de 16 individus dont 2 petits, des juvéniles et des adultes.
- Le 18 avril 2018 à 10h34 : observation d'un grand groupe de dauphins tachetés pantropicals (environ 50 individus). Une douzaine d'individus sont venus brièvement à la proue dont des juvéniles.

- Le 18 avril 2018 à 13h35 : observation d'une quinzaine d'individus. Ils sont restés à l'étrave quinze minutes puis sont repartis.



**Photos 81. Dauphins tachetés pantropicaux du 10 janvier, 13h31**



**Photos 82. Dauphins tachetés pantropicaux observés le 18 avril 2018 à 13h35**

### **Le dauphin de Guyane ou Sotalie (*Sotalia guianensis*)**

Le dauphin de Guyane mesure jusqu'à 190 cm de long et pèse jusqu'à 70 kg. Il ressemble au grand dauphin mais il est plus petit. C'est un pêcheur hors pair et il est doté d'un système d'électroréception qui lui permet de repérer le faible champ électrique dégagé par ses proies. Cette espèce discrète est présente au nord-est de l'Amérique du Sud, et du Nicaragua au Brésil. Il préfère les eaux calmes et peu profondes des estuaires et de la côte.

- Le 12 janvier à 17h04, dans le chenal menant au port de Kourou, 5 individus ont été observés à 100m du bateau.



**Photos 83. Sotalie observée le 12 janvier à 17h04**

### **Grand dauphin (*Tursiops truncatus*)**

Le grand dauphin est un odontocète dont les individus adultes mesurent entre 2,3 et 3,5 m pour un poids pouvant dépasser les 300 kg. Il a une coloration grise-foncée ou gris brun relativement uniforme sur les flancs et le dos alors que le ventre est plus clair. Le melon est bien visible et est prolongé par un rostre court et robuste. La nageoire dorsale est haute et falciforme. Il est majoritairement observé sur le plateau en Guyane.

- Le 5 février à 20h50 : observation de 2 individus à 100m du bateau. Les animaux se sont approchés rapidement, ont nagé à l'étrave et se sont ensuite éloignés au sens opposé du bateau.
- Observation de 2 individus le 5 mars 2018. Ils sont arrivés à vive allure à l'avant du bateau, ont fait surface deux fois puis sont partis à l'arrière du bateau.
- Observation le 6 mars 2018 d'un groupe de 20 individus.
- Le 19 avril 2018 : observation de 6 grands dauphins. Ils sont venus à l'étrave et sont restés 5 minutes puis ont disparus.
- Le 21 mai 2018 : observation de 5 grands dauphins. Ils sont venus à l'étrave et sont restés 10 minutes puis ont disparus.



**Photos 84. Grands dauphins observés le 6.03.2018 à 10h48**





**Photos 85. Grand dauphin observé le 21.05.2018 à 20h20**

### **Cachalot (*Physeter macrocephalus*)**

Le cachalot, est la plus grande espèce d'odontocètes. Les mâles mesurent entre 15 et 18 mètres de long et les femelles entre 8 et 17 mètres. La tête est massive et rectangulaire et représente un tiers de la taille totale de l'animal. Le corps des cachalots est massif, robuste, gris foncé ou gris brun avec une nageoire dorsale absente et remplacée par une sorte de crête bosselée. La mâchoire inférieure est toujours relativement petite et mince par rapport à la mâchoire supérieure et comprend des dents. L'évent est placé sur le côté gauche de la tête.

- Le 6 février à 10h40 observation de 6 individus. Ils se sont approchés du bateau et sont restés en surface avec une nage lente jusqu'à 11h55, heure de fin observation. Présence d'un jeune dans le groupe qui a fait plusieurs sauts (breach).



**Photos 86. Groupe de cachalots observé le 06 Février à 10h40**

### **Dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis*)**

Le dauphin tacheté de l'Atlantique est un cétacé à dents mesurant entre 1,6 et 2,3 m pour un poids variant entre 100 et 140 kg. Sa pigmentation est composée de trois tons de gris: foncé sur le dos, moyen sur les flancs, avec un ventre crème. Il est parsemé de petites taches grises (claires sur le dos, foncées sur le ventre) jusqu'à devenir parfois entièrement moucheté. La cape foncée sur le dos s'atténue peu à peu derrière l'aileton. La tête est pourvue d'un rostre assez long et fort et d'un melon bien distinct. L'aileton dorsal est grand et nettement falciforme et les nageoires pectorales sont en forme de croissant.



Ce dauphin a une allure svelte mais puissante. Cette espèce est régulièrement observée en Guyane française, principalement sur le plateau et le talus.

- Un individu a été observé furtivement le 5 mars, à la proue puis s'est dirigé vers l'arrière du bateau et a disparu.
- Le 22 mai 2018 : observation d'un groupe de 10 individus à 17h04. Ils se sont approchés rapidement du bateau et sont restés à l'étrave quelques minutes puis ont disparu



**Photos 87. *Stenella frontalis* observé le 05 mars à 19h54**

### **Globicéphale tropical (*Globicephala macrorhynchus*)**

Le globicéphale tropical mesure entre 4 et 6m. La coloration est gris-noir ou brune. Une tâche gris claire ou blanche s'étend de la gorge au dessous du corps. La tête est volumineuse avec un melon très marqué et globuleux, le bec est à peine perceptible. L'aileton est placé au premier tiers du corps, il est grand est arrondi, mais est plus triangulaire chez les jeunes. Les pectorales sont longues, minces et en forme de faucille. L'espèce aime les activités de surface comme le *spy-hopping* et passe une bonne partie de son temps près de la surface, se reposant ainsi. On l'observe en général au niveau des talus continentaux et du milieu océanique.

- Le 19 avril à 14h03, observation d'un groupe composé d'une quinzaine d'individus en nage lente. Présence d'un petit dans le groupe. Ils se déplaçaient dans le sens contraire du navire et sont passés à 50 m du catamaran.



**Photos 88. *Globicephala macrorhynchus* observés le 19.04.2018 à 14h03**

### **Orque pygmée (*Feresa attenuata*)**

L'orque pygmée est un cétacé à dents relativement peu connu et rarement observé. À taille adulte il mesure entre 2,10 et 2,60 m pour un poids compris entre 110 et 170 kg. Son manteau foncé est sans doute son caractère le plus distinctif avec sa tête arrondie et son menton blanc qui n'est pas toujours très marqué. L'orque pygmée est une espèce tropicale et subtropicale qui vit dans les eaux océaniques du monde entier entre les latitudes 40° Nord et 35° Sud.

L'espèce est farouche et approche peu les bateaux. Ils évoluent généralement en groupes assez compacts composés de 10 à 20 individus. En mer, il est facilement confondu avec le péponocéphale. Cependant la tête complètement ronde, l'aileron un peu plus haut et redressé et les flancs plus clairs de l'orque pygmée permettent de les distinguer. Le péponocéphale a un museau un peu pointu, avec une légère amorce de bec, et un aileron classique ressemblant à celui du grand dauphin. Le comportement de surface de ces deux espèces est également différent : les péponocéphales sont généralement rencontrés en grands groupes de plusieurs dizaines d'individus, très actifs alors que les orques pygmées constituent des groupes plus petits avec un comportement plus calme.

- Observations d'une vingtaine d'individus à 11h le 7 mars 2018. Les individus surfaient parallèlement au bateau, en sortant leur tête noire et bien ronde. Le groupe était compact et des démarcations claires ont été observées sur les flancs des individus. Ils ont disparu 5 minutes après la première observation.



**Photos 89. *Feresa attenuata* observés le 7 mars à 11h**

### **Péponocéphale (*Peponocephala electra*)**

Le péponocéphale mesure de 2 à 2,50m. Sa pigmentation est sombre mais pas noire avec une selle plus foncée bien distincte sous la dorsale, précédée par une "cape" foncée sur le sommet du dos. Il a un petit bec assez distinct sous le melon, son aileron dorsal est de taille moyenne et modérément falciforme, ses nageoires pectorales sont coudées avec une extrémité pointue.

L'espèce est connue pour fréquenter les régions tropicales et subtropicales de tous les océans, entre les parallèles 40° Nord et 35° Sud. Le péponocéphale est essentiellement océanique et on l'observe en particulier au niveau des talus continentaux et des pentes péri-insulaires.

- Le 22 mai 2018, observation de 4 péponocéphales. Les individus ont été observés en nage rapide en direction du bateau. Ils sont venus à l'étrave et sont restés quelques minutes puis ont disparus.



*Photos 90. Peponocephala electra observés le 22.05.2018 à 17h11*

### **Analyse de la saisonnalité**

La composition spécifique des observations des cétacés varie selon les mois (Figure 192).

Les dauphins communs ont été observés en janvier, février et avril. Les dauphins tachetés de l'Atlantique ont été observés en mars et mai alors que les dauphins tachetés pantropicaux l'ont été en janvier et avril. Les grands dauphins ont été observés chaque mois à l'exception de janvier.

Les orques pygmées ont été observés en mars, les globicéphales en avril et les péponocéphales en mai.

Les cachalots ont été recensés en février et les sotalies en janvier.

Les cétacés ont donc été présents tous les mois dans la zone d'étude.

3 à 4 espèces ont été observées chaque mois avec un maximum de diversité et d'effectifs en avril.

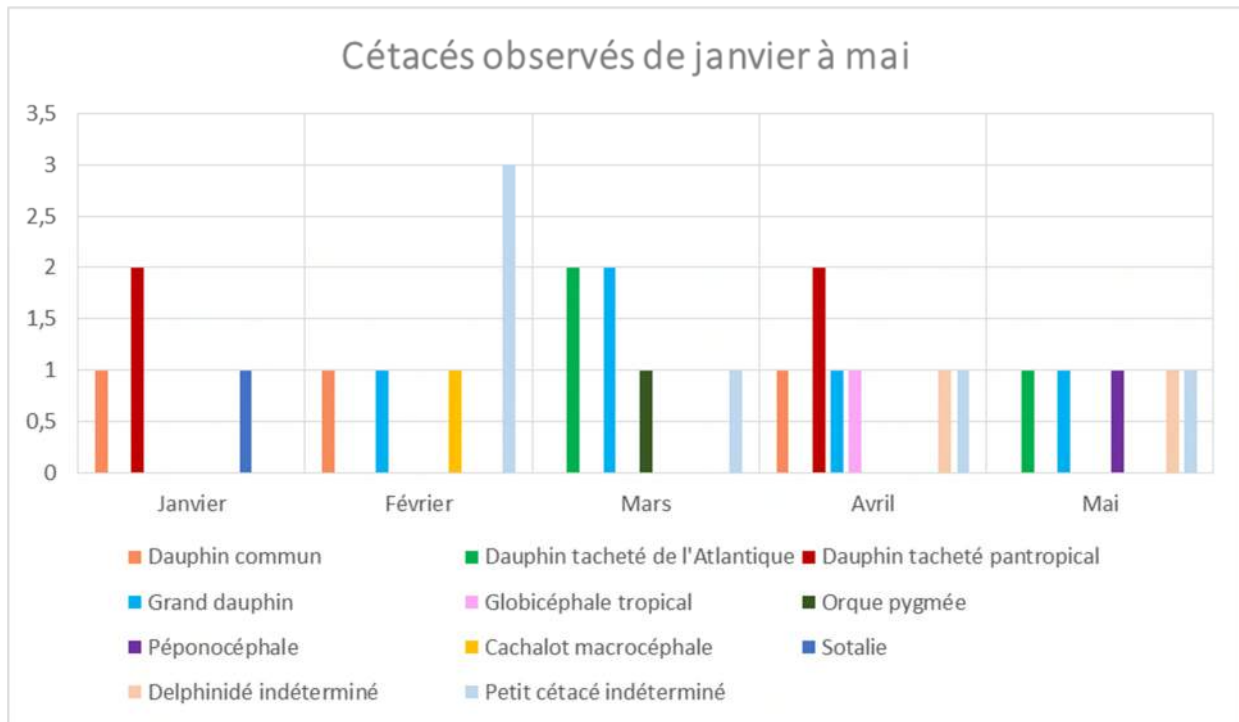


Figure 192. Cétacés observés de janvier à mai

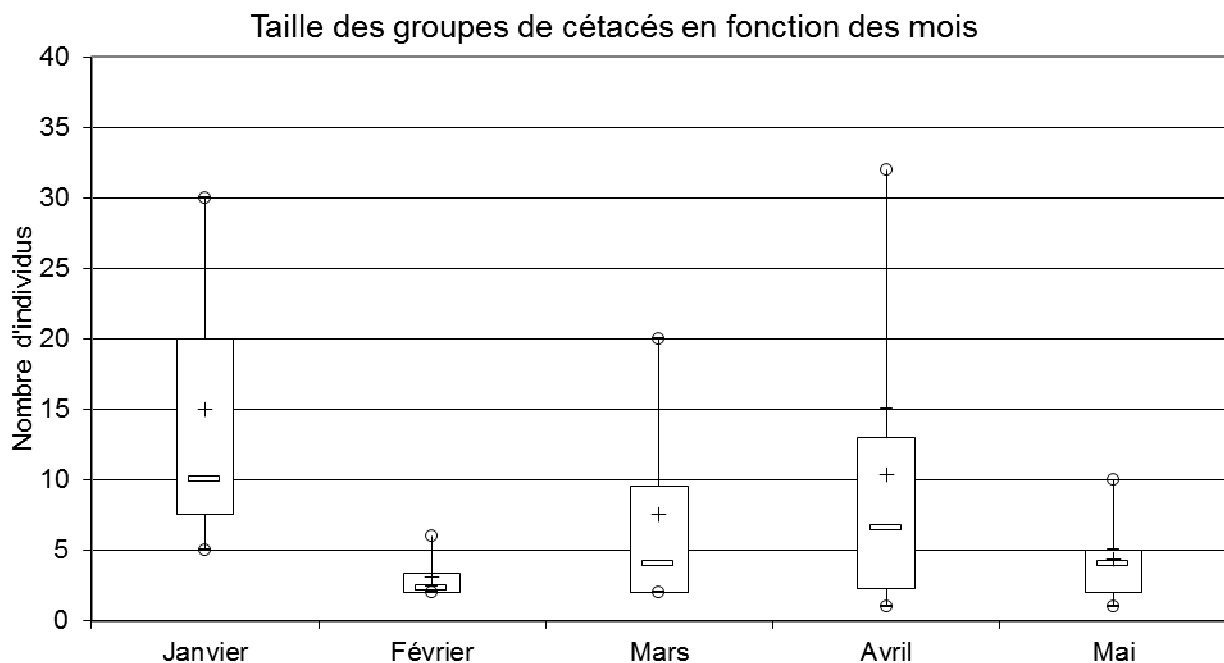
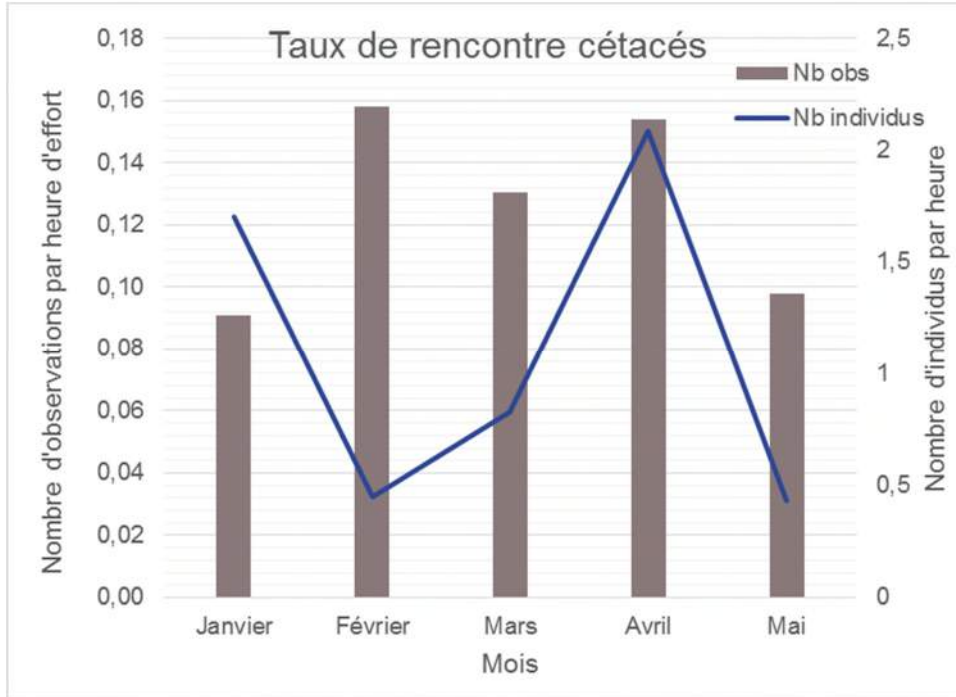


Figure 193. Taille des groupes de cétacés observés de janvier à mai

La taille des groupes rencontrés varie d'un mois à l'autre (Figure 193). La moyenne et la médiane sont maximales en janvier, en raison de l'observation de grands groupes de dauphins tachetés pantropicaux. La dispersion est maximale en avril avec à la fois des individus seuls et de grands groupes observés (dauphins pantropicaux). La taille des groupes est minimale en février et mai. La taille des groupes varie



fortement en fonction des espèces rencontrées : certaines espèces comme les cachalots ou les grands dauphins forment des groupes de moins de 10 individus alors que d'autres comme les dauphins tachetés pantropicaux forment des groupes de plusieurs dizaines d'individus.



**Figure 194. Taux de rencontre des cétacés de janvier à mai 2018**

Le taux de rencontre est le nombre d'observation ou d'individus répertoriés par heure d'effort. Cela permet de s'affranchir des différences d'échantillonnage entre les campagnes et de pondérer les observations par le temps effectif passé à en rechercher. Les taux de rencontre en nombre d'observation varient peu d'un mois sur l'autre, compris entre 0,09 et 0,16 observation par heure. Les plus élevés correspondent à février et avril. Les taux de rencontre en nombre d'individus en revanche varient d'un mois sur l'autre, allant de 0,43 à 2 individus par heure d'observation. Les taux les plus élevés correspondent à janvier et avril.

#### 4.3.4.2.2. Détections acoustiques 2018

##### Analyse des enregistrements

En complément aux observations visuelles, les enregistrements acoustiques nocturnes ont permis *a posteriori* la détection de mammifères marins.

L'enregistreur RS Orca et son déploiement lors des dérives ont montré de bons résultats avec très peu de bruits parasites. L'utilisation d'un voilier permet de s'affranchir du masquage dans les basses fréquences provoqué par le bruit du moteur comme ce fut le cas sur la campagne d'octobre à bord du Proteus. Quelques bruits parasites provenant d'autres navires ont été détectés ainsi que des bruits d'impacts liés au système d'amarrage de l'enregistreur. Mais les données acoustiques obtenues sont de bonne qualité et ont permis de nombreuses détections de cétacés.

45 détections au total ont été répertoriées sur les 5 campagnes. 42 correspondent à des delphinidés, 2 à des baleines à bec et une à des baleines à bosse. Les analyses acoustiques ne permettent pas de déterminer précisément les espèces de delphinidés présentes car leurs fréquences d'émissions et vocalises sont similaires. Dans cette étude, les delphinidés détectés peuvent être les espèces observées visuellement (dauphins tachetés, grands dauphins, dauphins communs...) ou concerner d'autres espèces.



**Tableau 145. Détections acoustiques de cétacés lors des campagnes de janvier à mai**

#	Date	Heure (UTC)	Durée	Type de son	Espèce	Latitude	Longitude
1	06 Mar 18	01:37:30	04 :58 :09	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,414897	-52,156820
1	09 janv 18	00:40:04	02:11:03	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,6026555	-52,298239
2	09 Janv 18	03:40:10	04:03:10	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,7116457	-52,343979
3	09 Janv 18	07:30:00	00:30:08	Mugissement et pulses	Baleine à bosse	6,8271019	-52,392776
4	09 Janv 18	08:19:00	02:13:45	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,850969	-52,399981
5	11 Janv 18	03:00:57	06:42:47	Sifflements et clicks	Delphinidés	6,382105	-51,600308
6	11 Janv 18	02:31:17	00:00:28	Sifflements	Delphinidés	6,356655	-51,576846
7	11 Janv 18	03:00	01:11:33	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,444241	-51,661523
8	11 Janv 18	05:12:05	00:20:35	Sifflements	Delphinidés	6,500473	-51,714526
9	11 Janv 18	08:03:12	00:00:01	Sifflements	Delphinidés	6,641477	-51,847765
10	11 Janv 18	22:14:51	00:05:17	Sifflements	Delphinidés	6,377474	-52,399247
11	12 Janv 18	00:11:01	00:01:00	Sifflements	Delphinidés	6,403254	-52,462187
12	12 Janv 18	02:11:29	00:43:08	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,427988	-52,532265
13	07 Fev 18	00:43	06:59:00	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,245948	-51,400941
14	07 Fev 18	08:53	01:01:00	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,334721	-51,678258
15	07 Fev 18	22:01	01:52:00	Sifflements	Delphinidés	6,1866066	-51,870362
16	08 Fev 18	00:00	03:12:00	Sifflements	Delphinidés	6,211949	-51,959200
17	08 Fev 18	05:45	00:01:00	Sifflements	Delphinidés	6,295632	-52,231505
18	08 Fev 18	07:00	00:33:00	Sifflements	Delphinidés	6,314354	-52,27816
19	08 Fev 18	15:53	00:01:00	Sifflements	Delphinidés	6,435125	-52,287010
20	06 Mar 18	01 :37	04:58:09	Sifflements, clicks & buzzes	Delphinidés	6,414897	-52,156820
21	06 Mar 18	08:42:08	00 :43 :13	Sifflement	Delphinidés	6,656062	-52,482401
22	07 Mar 18	00 :34 :08	00 :16 :34	Clicks	Baleine à bec	6,505731	-51,911997
23	07 Mar 18	00 :55 :05	00 :18 :08	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,600227	-52,140464
24	07 Mar 18	06 :54 :38	00:21:20	Sifflements	Delphinidés	6,621942	-52,184682
25	07 Mar 18	23 :31 :34	02:33:00	Sifflements	Delphinidés	6,656332	-51,879558
26	08 Mar 18	07 :51 :08	01:42:05	Sifflements et clicks	Delphinidés	6,802526	-52,244395
27	08 Mar 18	08 :20 :09	00:00:09	Clicks	Baleine à bec	6,810653	-52,265199
28	08 Mar 18	09 :45 :08	00:32:39	Sifflements	Delphinidés	6,8341958	-52,322130
29	17 Avril 18	06:40:19	08:41:38	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	5,951735	-51,563341
30	17 avril 18	12:00:46	15:14:18	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,118593	-51,789098
31	18 Avril 18	02:22:11	03:31:59	Sifflements, Clicks	Delphinidés	6,111104	-51,543347
32	18 avril 18	06:40:13	06:50:21	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,277006	-51,774708
33	18 avril 18	08:20:55	09:40:58	Sifflements, clicks	Delphinidés	6,314193	-51,837279
34	19 avril 18	00:33:57	00:33:58	Sifflements	Delphinidés		
35	19 avril 18	01:01:21	01:01:22	Sifflements	Delphinidés	6,260025	-51,647386

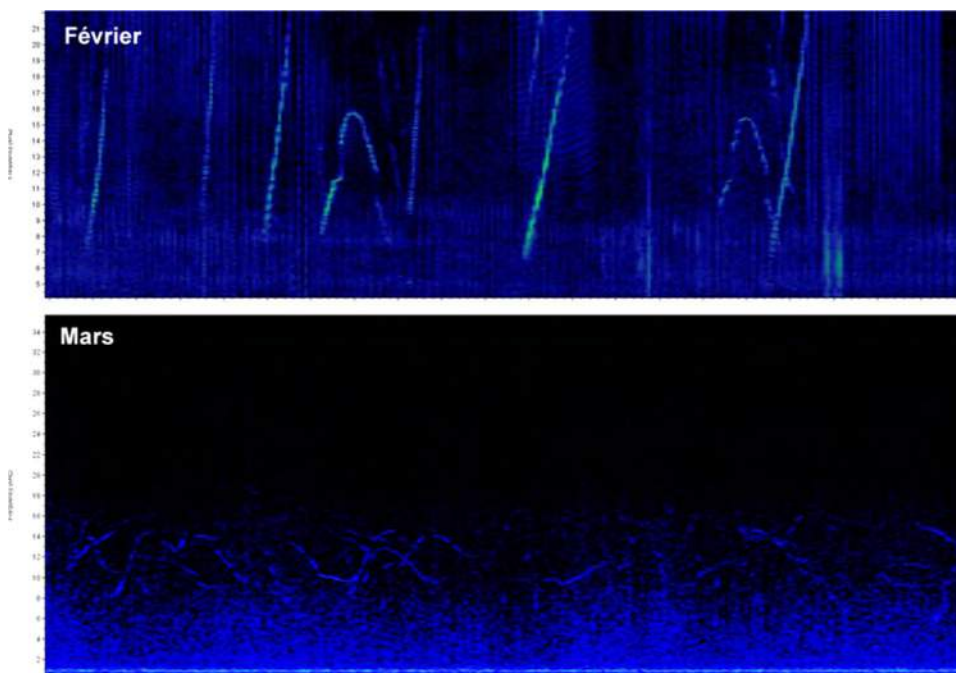
#	Date	Heure (UTC)	Durée	Type de son	Espèce	Latitude	Longitude
36	19 avril 18	08:21:13	08:21:47	Clicks et buzzes	Delphinidés	6,532841	-52,121663
37	19 avril 18	14:04:06	18:14:36	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,532841	-52,121663
38	19 avril 18	19:34:17	21:01:14	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,665852	-52,366015
39	22 Mai 18	05:10:05	00:54:40	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,231201	-52,047357
40	23 Mai 18	01:22:04	00:40:43	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,120843	-51,596457
41	23 Mai 18	02:54:04	01:51:03	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,083164	-51,499998
42	23 Mai 18	22:01:15	01:40:58	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,284512	-51,233732
43	24 Mai 18	00:30:50	02:11:18	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,268545	-51,274791
44	24 Mai 18	06:31:15	04:30:19	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,246546	-51,373349
45	24 Mai 18	21:04:59	02:05:32	Sifflements, clicks et buzzes	Delphinidés	6,783859	-52,195112

Entre janvier et mai, les détections acoustiques sont localisées sur l'ensemble de la zone prospectée, à savoir le talus. Les nombreuses détections de delphinidés sont localisés sur tous les transects, sur le plateau, le talus et en domaine océanique, attestant du caractère permanent de leur présence sur la zone. La détection de baleine à bosse a eu lieu sur le nord du talus, où une détection de baleine à bec a également eu lieu. La seconde a eu lieu à proximité de *Nasua*, en début de domaine océanique.

Les sifflements produits par les delphinidés (Figures 195) sont généralement des signaux de communication et d'échanges entre congénères :

- Les clicks correspondent à des signaux d'écholocation pour se repérer et s'orienter,
- Les buzzes, combinés à des clicks d'échocations, indiquent généralement des actions de chasse (Arranz *et al.* 2016 ; Johnson *et al.* 2008).

Les delphinidés détectés durant les campagnes étaient donc très souvent en activité de socialisation et de recherche alimentaire.



**Figure 195. Spectrogramme (0-24kHz) de sifflements et buzzes de delphinidés**

Des périodes d'activité intense ont été enregistrées (Figure 196) indiquant une présence importante sur la zone et des activités de chasse à proximité du bateau.

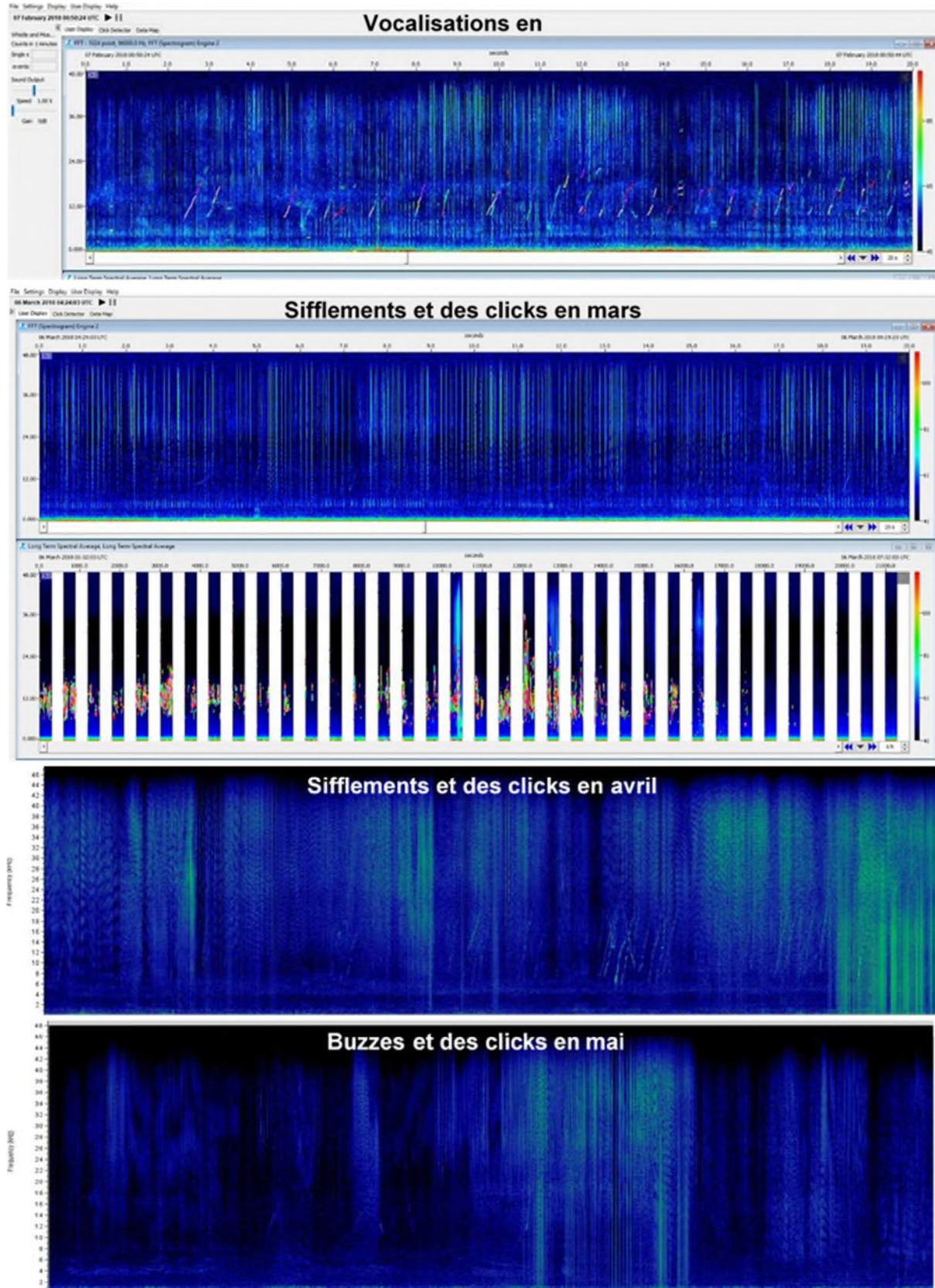


Figure 196. Spectrogramme de delphinidés (0-48kHz) indiquant une période d'activité intense



Concernant la ou les baleines à bosse détectées en janvier, il est plus difficile de conclure sur la signification des signaux émis. A part les chants des mâles émis lors de la saison de reproduction pour trouver une partenaire, on sait peu de choses sur l'utilisation des autres sons qu'elles produisent. Les mugissements et cris pulsés tels que détectés ici sont généralement utilisés dans un but de sociabilisation sans que l'on ne comprenne exactement leur fonctionnement. Les signaux ont été émis en simultanément avec des trains de clics de delphinidés, ce qui signifie qu'il s'agissait d'une période de chasse dans la zone.

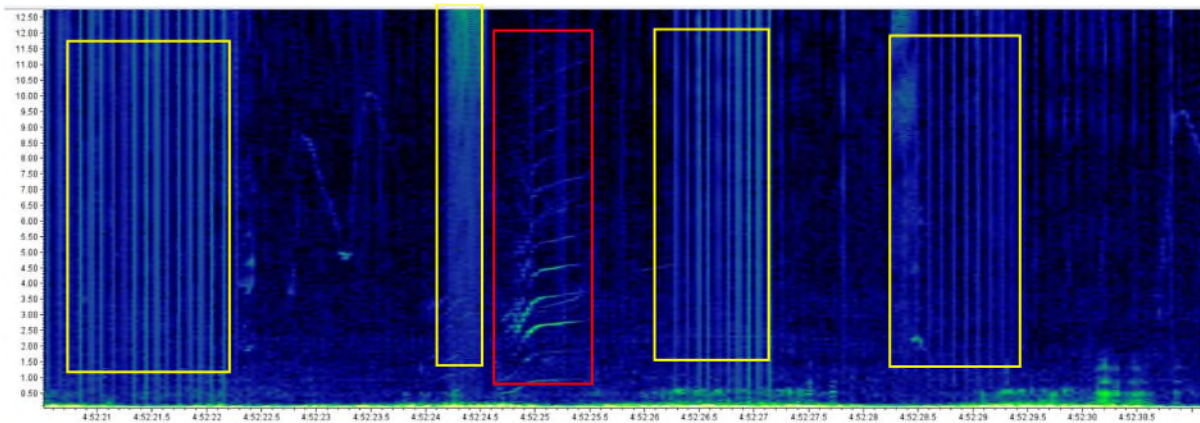


Figure 197. Spectrogramme (0-12.5 kHz) de mugissements de baleine à bosse (cadre rouge) et de trains de clics de delphinidés (cadre jaune)

Quant aux baleines à bec, elles émettent différents types de signaux acoustiques : sifflement, «bursts», et signaux d'écholocation (Johnson *et al.*, 2004 ; Zimmer *et al.*, 2005). Parmi ces signaux, on distingue les clics et les impulsions à fréquence modulée, caractéristiques des baleines à bec et potentiellement indicatrices de l'espèce (Baumann-Pickering *et al.*, 2013).

Les détections de baleines à bec lors de la campagne de mars sont caractérisées par une fréquence d'émission comprise entre 20 et 48 kHz avec des impulsions à des fréquences modulées autour de 32 kHz avec une cadence d'un clic toutes les 0,3 s (figure ci-dessous). Les impulsions à fréquence modulée sont d'une durée de 370 à 438 µs. Il est difficile de définir l'espèce avec certitude, mais d'après Baumann –Pickering *et al.* (2013), elle pourrait correspondre soit à la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) soit à la baleine à bec de Blainville (*Mesoplodon densirostris*).

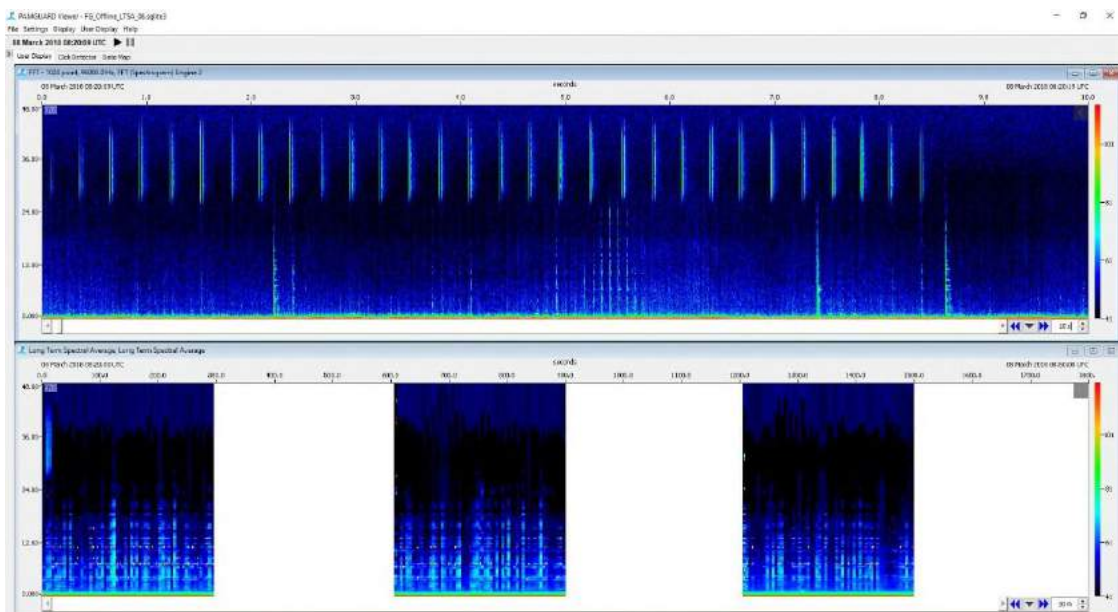
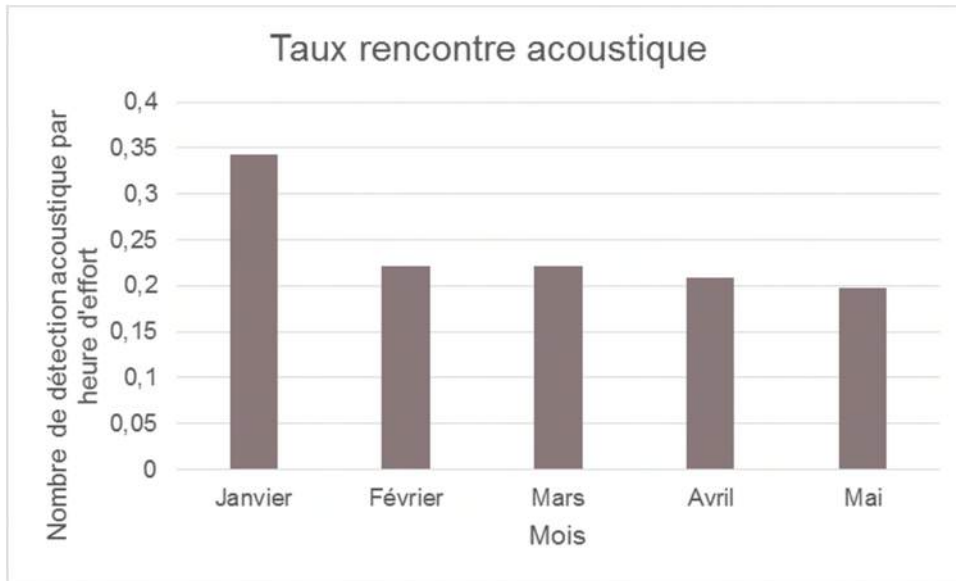


Figure 198. Spectrogramme (0-48kHz) de clics de baleine à bec lors de la campagne de mars

Les intervalles courts entre chaque clic (0,3 s) laissent penser que l'animal ou les animaux détectés étaient en phase de recherche alimentaire. L'absence de signaux de type « buzz » ou « burst » laissent toutefois penser que l'animal n'a pas tenté de capturer de proie (Madsen *et al.*, 2004 ; Johnson *et al.*, 2008).

### Analyse de la saisonnalité

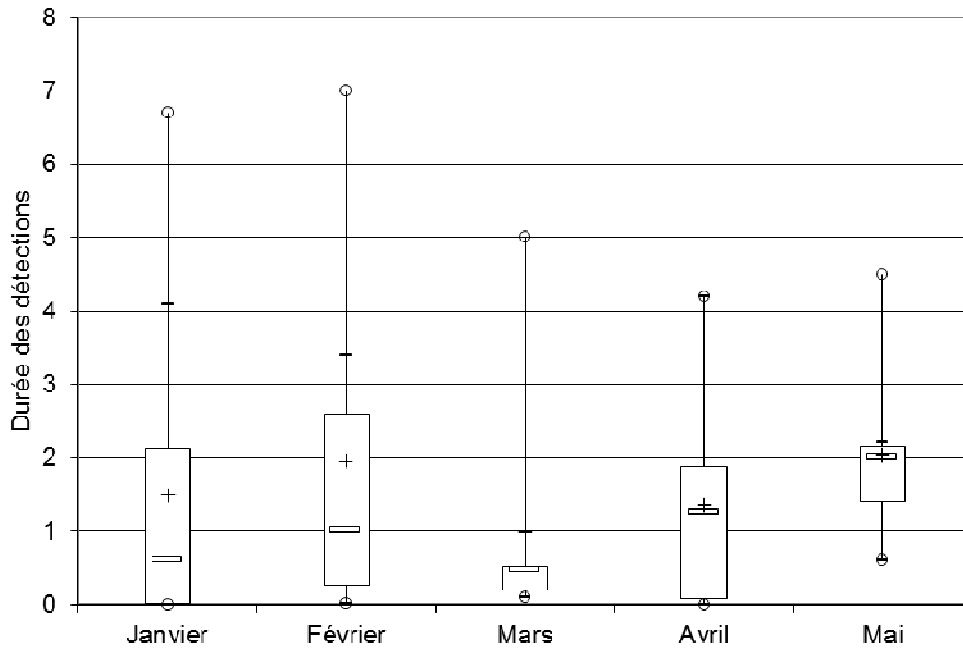


**Figure 199. Taux de rencontre acoustique pour les campagnes de janvier à mai**

Comme pour les observations visuelles, le taux de rencontre est le nombre de détection acoustique par heure d'effort (enregistrement). Il n'est cependant possible de le calculer qu'en nombre de détections et non en nombre d'individus, contrairement au visuel, puisque l'acoustique passive ne permet pas de définir le nombre d'individus présents.

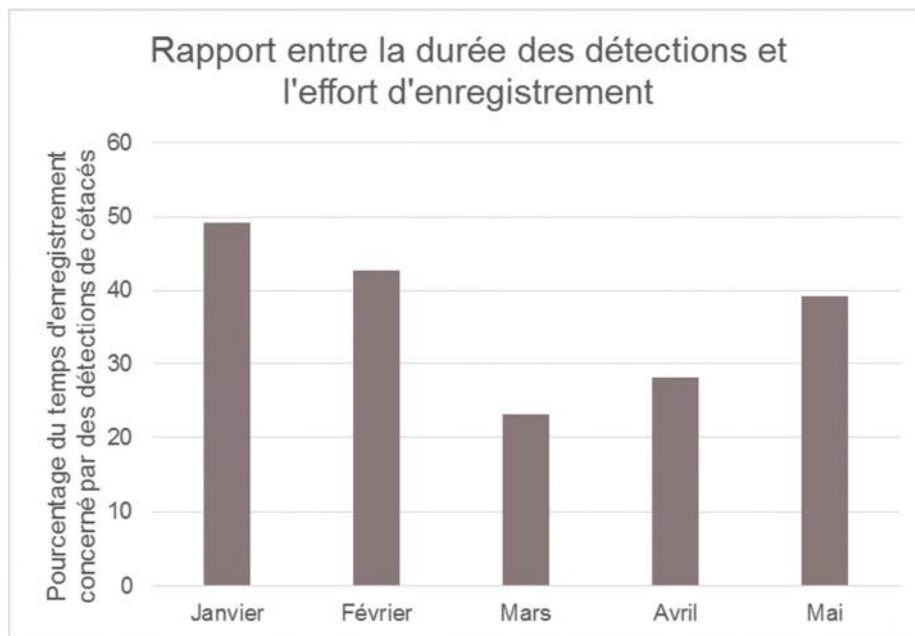
Le taux de rencontre acoustique est compris entre 0,19 et 0,34. Cela est plus élevé que le taux de rencontre visuel pour les cétacés, compris entre 0,09 et 0,16. Les taux varient peu entre février et mai, mais un maximum est observé en janvier. Cela contraste avec les observations visuelles qui montraient un minimum en janvier. Ces résultats confirment le caractère complémentaire des deux méthodes, acoustique et visuelle.





**Figure 200. Durée des détections pour les campagnes de janvier à mai**

La durée des détections diffère d'un mois à l'autre (Figure 201). La moyenne et médiane la plus élevée correspond au mois de mai. La dispersion la plus importante est celle du mois de février où des détections très courtes et d'autres très longues ont eu lieu (jusqu'à 7h). Les détections les plus courtes ont eu lieu en mars.



**Figure 201. Durée des détections par rapport à la durée des enregistrements**

La part de détections de cétacés par rapport à la durée des enregistrements diffère également en fonction des mois. Elle est importante en janvier, février et mai puisque la durée des détections représente 40 à 50% du temps d'enregistrement des mois concernés. Elle est en revanche minimale en mars où les détections ne représentent que 23% du temps d'enregistrement. Cela signifie que les

animaux enregistrés manifestent un réel intérêt pour la zone et qu'il ne s'agit pas d'une simple zone de passage. Les nombreuses actions de chasse enregistrées vont également dans ce sens.

#### 4.3.4.3. Synthèse sur les mammifères marins

La Guyane accueille une diversité spécifique de cétacés particulièrement importante. Une vingtaine d'espèces y sont observées. Les delphinidés sont majoritaires, avec à la fois des petits delphinidés du genre *Stenella* et le grand dauphin, et des grands delphinidés comme le globicéphale, le pseudorque et le péponocéphale. Des baleines sont également très présentes à la fois en domaine océanique (rorqual commun, baleine à bosse, ainsi que de nombreux cachalots) et sur le talus continental (baleines à bec). Il est probable que les eaux guyanaises soient une zone de mise-bas et de nurserie (cachalot, grand dauphin et possiblement baleine à bec) (de Boer, 2013 ; RPS Energy, 2010 ; Créocéan, 2013). Les nouvelles observations de 2017 confirment la présence de la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*), le dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis*), le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*).

Certaines espèces sont observées très régulièrement, et leur présence à l'année sur la zone fait peu de doute. C'est notamment le cas pour le grand dauphin, la sotalie, le dauphin à long bec, le dauphin tacheté pantropical, le dauphin tacheté de l'Atlantique et le cachalot. Pour d'autres espèces, les informations récoltées sont moins nombreuses mais attestent tout de même d'une présence récurrente, au moins saisonnièrement : l'orque, observé entre septembre et février et avril-mai ; le globicéphale, observé entre juillet et novembre ; le pseudorque, observé en octobre et avril-mai ; le péponocéphale observé entre juillet et février ; le sténo, observé en juillet et entre septembre et février et le dauphin de Risso, observé entre juillet et septembre.

Les connaissances sur la présence de certaines autres espèces dans la zone restent fragmentaires, en particulier pour les grandes baleines (rorquals et baleine à bosse) et baleine à bec de Cuvier pour qui des observations éparées ont eu lieu.

##### 4.3.4.3.1. Bilan des observations visuelles

Un total de 11 espèces de cétacés a été répertorié sur l'ensemble des campagnes menées : baleine à bosse, cachalot, grand dauphin, dauphin à long bec, dauphin tacheté de l'Atlantique, dauphin tacheté pantropical, dauphin commun, globicéphale tropical, péponocéphale, orque pygmée et sotalie. 89 observations ont été effectuées au total.

**Les observations faites lors des campagnes de 2017** confirment la présence régulière de mammifères marins sur la zone d'étude. 61 observations de mammifères marins ont été enregistrées, appartenant à 7 espèces : la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*), le dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis*), le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*).

Les delphinidés sont la famille majoritairement observée puisqu'ils représentent environ 26% des observations. Les balénoptéridés représentent 23% des observations en raison de l'observation récurrente de baleine à bosse. Les cétacés non identifiés (delphinidés et grande baleine) représentent également 23% des observations. Enfin les cachalots ne représentent que 3% des observations.

Le secteur relativement proche du talus continental constitue une zone de fréquentation forte et de diversité élevée. Bien que non directement observées dans la zone d'étude rapprochée, des baleines à bosses, dont des couples mères-petits, ont été vues à plusieurs reprises lors des campagnes de 2017. Peu d'observations de l'espèce avaient jusqu'alors eu lieu dans les eaux guyanaises, mais les observations récentes de couples mère-petit (campagne REMMOA 2017 (V. Ridoux, com. Pers ; GEPOG, com. Pers ; Suardi *et al.*, 2017) semblent suggérer que la ZEE guyanaise pourrait être une zone de mise-bas et de nurserie pour l'espèce.

**9 espèces de cétacés** ont été répertoriées pendant les campagnes saisonnières de 2018 avec une différence marquée de fréquentation entre les eaux du plateau continental et les eaux océaniques : les dauphins communs, grands dauphins, sotalies et dauphins tacheté de l'Atlantique sont présents en secteurs côtier et sur le plateau alors que les cachalots, dauphins tachetés pantropicaux, orques pygmées, péponocéphales et globicéphales tropicaux sont des espèces hauturières essentiellement présentes sur le talus (figure 202).

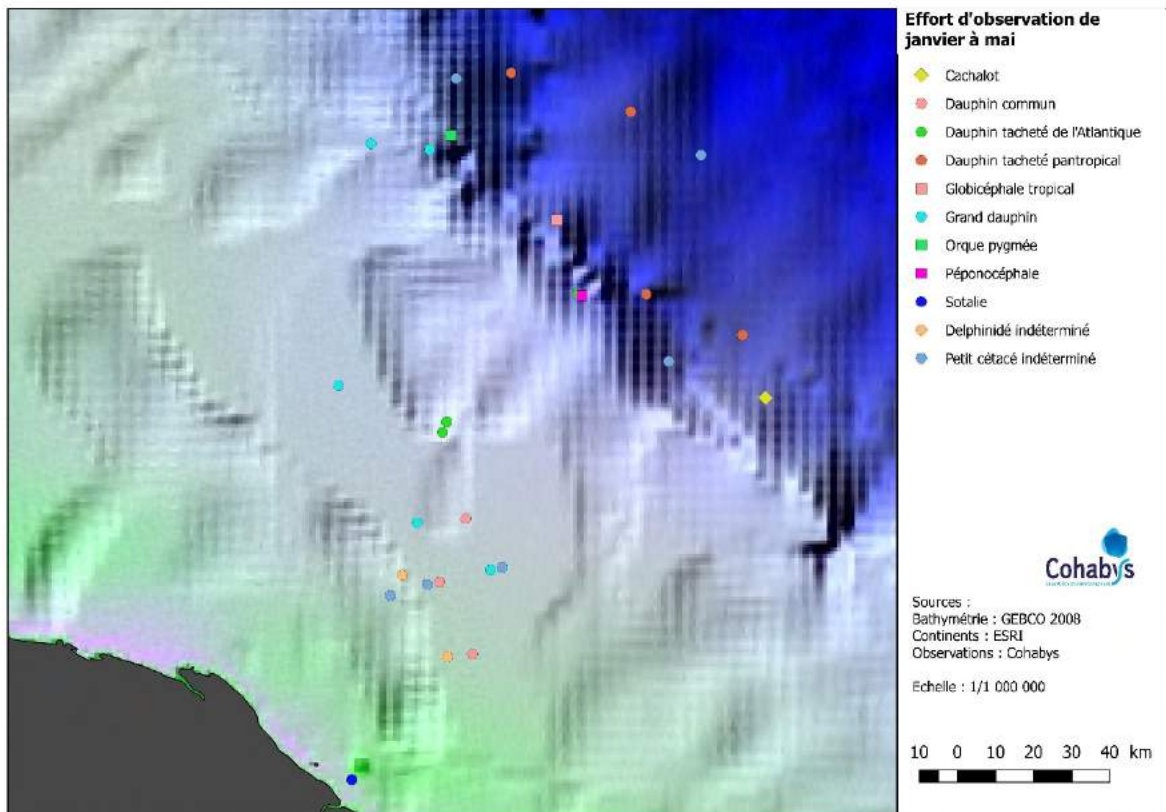
Ces observations sont cohérentes avec les connaissances existantes sur les espèces présentes en Guyane française. Elles concordent également avec l'écologie des espèces, côtière ou hauturière.

La **présence d'orques pygmées mérite d'être soulignée** parce que c'est une espèce relativement méconnue, classée « Data deficient » par l'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), il s'agit donc là d'une observation particulièrement importante.

**Delphinidés, laridés, procélaridés, hydrobatidés et frégatidés sont observés à chaque campagne, indiquant une présence permanente sur la zone à cette période de l'année.**

Les taux de rencontre sont maximaux en février et avril, mais les abondances sont plus importantes en janvier et avril en raison de grands groupes formés par les dauphins tachetés pantropicaux.

Aucun balénoptéridé n'a été observé lors de ces campagnes. De même, une espèce très commune de delphinidé, le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*), n'a pas été observée en 2018 alors qu'elle est très présente au large de la Guyane et lors de la campagne d'octobre-novembre 2017.



**Figure 202. Distribution spatiale des observations de mammifères marins lors des campagnes 2018**

#### 4.3.4.3.2. Bilan des enregistrements acoustiques

Plus de 246 heures d'enregistrements acoustiques ont été effectuées sur la zone entre octobre et mai. Cumulées, ce sont plus **de 72h de détections qui ont été répertoriées**.

**Les observations de 2017** les enregistrements acoustiques ont 13 détections de cétacés. Toutes correspondent à des delphinidés.

Les détections ont eu lieu sur des fonds relativement importants (plus de 1 000 m).

L'enregistreur RS ORCA a bien fonctionné et son utilisation constitue une alternative intéressante aux systèmes classiques lorsque l'analyse en temps réel n'est pas nécessaire. Cependant son déploiement nécessite des ajustements afin de s'affranchir du bruit du navire. Avec le *R/V Proteus*, le bruit du moteur couplé aux différents instruments utilisés a masqué des bandes de fréquences sur lesquelles des mammifères marins peuvent émettre. Ce constat a abouti à l'utilisation de catamaran *Guyavoile* (navire à voile et donc silencieux) pour les campagnes saisonnières de 2018.

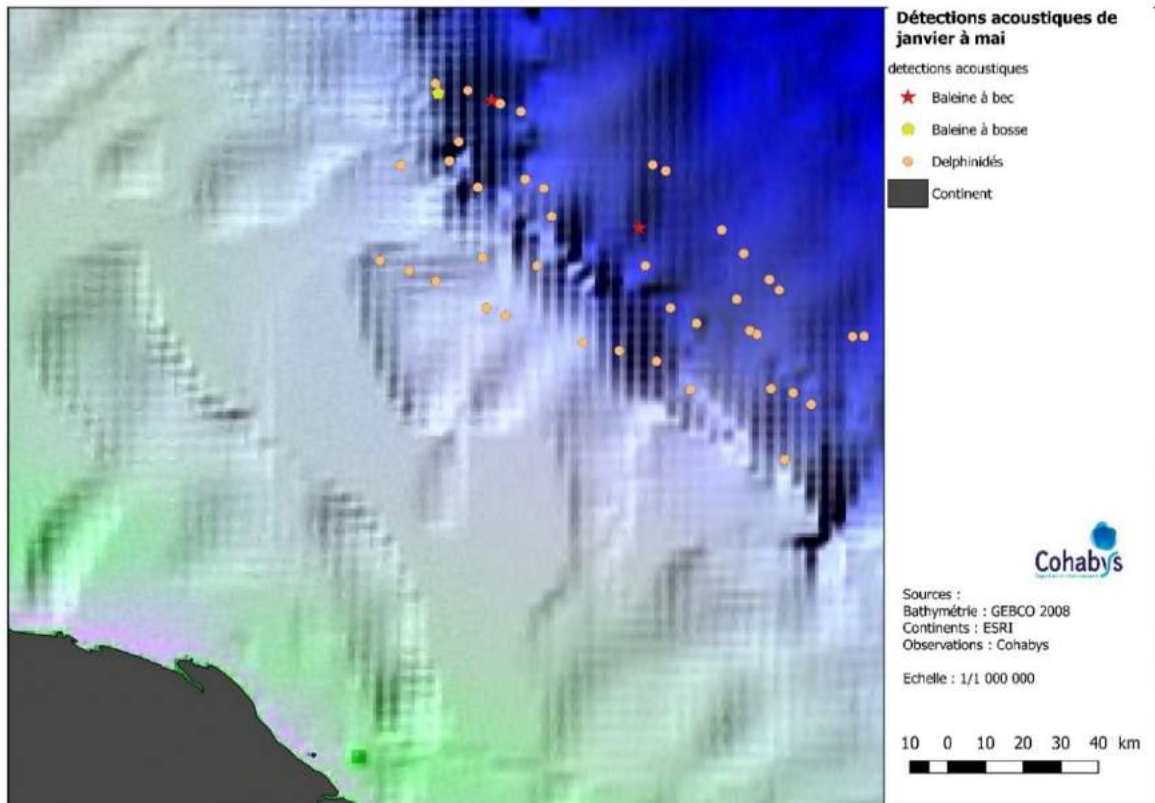
**En 2018**, plus de 190 heures d'enregistrements acoustiques ont été effectuées durant les 5 campagnes. Plus **de 68h de détections ont été répertoriées**.

La figure ci-dessous présente la localisation des 45 détections acoustiques effectuées pendant les campagnes de janvier à mai 2018. Les détections acoustiques sont localisées sur l'ensemble de la zone prospectée, à savoir le talus.

L'essentiel a porté sur les delphinidés avec **42 détections sur les 5 campagnes** Elles sont localisées sur tous les transects, sur le plateau, le talus et en domaine océanique, attestant du caractère permanent de leur présence sur la zone. Les détections de delphinidés sont relativement longues, ce qui indique que les animaux sont restés à proximité du navire qui était alors à la dérive. **Des activités de chasse ont été enregistrées à chaque campagne**, dont certaines très intenses, ce qui démontre que le secteur est bien une zone d'alimentation pour ces espèces. Les plus longues détections ont eu lieu en avril et mai, les plus courtes en mars.

**Les deux détections de baleines à bec en mars** à proximité de Nasua en début de domaine océanique peuvent être considérées comme remarquables puisqu'elles confirment leur présence dans la zone d'étude. C'est une espèce très difficile à observer visuellement

La présence de **baleines à bosse** sur le nord du talus en janvier est également un point important puisque qu'elle atteste de leur présence dans la zone en janvier, en plus des observations réalisées en octobre-novembre 2017. La zone est notamment utilisée comme nurserie.



**Figure 203. Localisation des détections acoustiques effectuées durant les campagnes de janvier à mai**

**Le taux de rencontre acoustique est plus élevé en janvier**, puis stable entre février et mars. **Durant les mois de janvier, février et mai, les détections acoustiques représentent 40 à 50% du temps des enregistrements**, ce qui démontre bien l'intérêt des cétacés pour le secteur.

**Les enregistrements acoustiques constituent un excellent complément aux observations visuelles.** Lors des campagnes, l'observation visuelle était menée durant la journée alors que les enregistrements acoustiques ont été effectués pendant la nuit. Il est donc impossible de corréler les deux méthodes. Cependant, lors de la campagne d'avril, des enregistrements ont eu lieu également durant la journée. Ainsi, la détection n°33 du 18 avril (08h20 à 09h40) pourrait correspondre à l'observation de dauphins tachetés pantropicaux observés sur le même transect à 10h34. La détection n°37 (14h04 à 18h14) correspond à l'observation des globicéphales tropicaux réalisée à 14h03. Enfin la détection n°38 (19h34 à 21h01) correspond à l'observation des grands dauphins réalisée à 20h48. Il est intéressant de noter que les détections acoustiques ont eu lieu avant les observations visuelles dans 2 cas sur 3.



## 4.3.5. Les oiseaux

### 4.3.5.1. Résultats des campagnes d'octobre-novembre 2017

262 observations d'oiseaux ont été effectuées en 462h d'effort, soit 0,5 observation par heure, pour un total d'environ 360 individus. Toutefois, la nature particulière de la campagne avec des passages répétés sur les mêmes zones peut expliquer ce fort taux d'observations

**23 espèces d'oiseaux ont été observées dont 17 espèces marines** : de nombreux laridés (goélands, sternes), des procélaridés (puffins), des stercocaridés (labbes), des hydrobatidés (océanites), un sulidé (le fou masqué), un phaétonidé (phaeton indéterminé), un frégatidés (la frégate superbe) et plusieurs espèces de limicoles (tableau page suivante). Les espèces majoritairement observées sont la frégate superbe, la sterne pierregarin, le puffin cendré et le labbe pomarin. La frégate superbe et la sterne pierregarin ont été les espèces les plus fréquentes. Pour cette dernière, plutôt considérée comme fréquentant la zone du plateau continental, les observations ont lieu au large au niveau du talus continental.

Dans la zone d'étude rapprochée, les observations ont été moins nombreuses que celles réalisées sur le talus. Mais l'effort d'observation a également été moindre. La composition spécifique diffère peu entre les observations réalisées dans la zone d'étude rapprochée et sur le talus : sternes (fuligineuses, pierregarins), fous maqués, océanites, frégates superbes, puffins cendrés et labbes.



**Photos 91. Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), puffin cendré (*Calonectris diomedea*) et héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*)**

Les observations ont essentiellement eu lieu sur le talus. Quelques observations ont néanmoins eu lieu sur le plateau (labbes, sternes, frégates, phaétons). Les observations les plus au large concernent des puffins, le fou masqué et des sternes.

Concernant les espèces non-marines, **5 espèces de limicoles** ont été observées. Les observations d'individus en pleine mer ne sont pas inhabituelles compte tenu de la distance relativement courte par rapport à la terre.

Les animaux peuvent être emportés par des coups de vents, se perdre lors des migrations ou des déplacements. Il est fréquent que des animaux fatigués s'approchent des navires et viennent se reposer avant de repartir.

**Tableau 146. Espèces d'oiseaux observées durant les campagnes d'octobre-novembre 2017**

Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombre d'observation	Nombre total d'individu
Fregatidae	Frégate superbe	<i>Fregata magnificens</i>	66	94
Hydrobatidae	Océanite de Wilson	<i>Oceanites oceanicus</i>	2	2
	Océanite de Castro	<i>Oceanodroma castro</i>	4	6
	Océanite non identifiées	<i>Hydrobatidae spp.</i>	5	15
Laridae	Sterne fuligineuse/ bridée	<i>Onychoprion fuscatus / anaethetus</i>	4	4
	Sterne fuligineuse	<i>Onychoprion fuscatus</i>	2	2
	Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	2	2
	Sterne Pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	40	51
	Sterne grises indéterminées	<i>N/D</i>	58	72
Procellariidae	Puffin des anglais	<i>Puffinus puffinus</i>	8	8
	Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	21	23
	Puffin Indéterminé	<i>N/D</i>	2	2
Stercorariidae	Labbe Pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	16	17
	Grand labbe	<i>Stercorarius skua</i>	4	5
	Labbe indéterminé	<i>N/D</i>	4	4
Phaethontidae	Phaéton indéterminé	<i>N/D</i>	1	2
Sulidae	Fou masqué	<i>Sula dactylatra</i>	5	5
Limicoles	Tournepieuvre à collier	<i>Arenaria interpres</i>	2	3
	Pluvier semi palmé	<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	3
	Pluvier bronzé	<i>Pluvialis dominica</i>	1	1
	Aigrette neigeuse	<i>Egretta thula</i>	1	1
	Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	2	2
Indéterminé	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	7	20
<b>TOTAL</b>			<b>262</b>	<b>360</b>

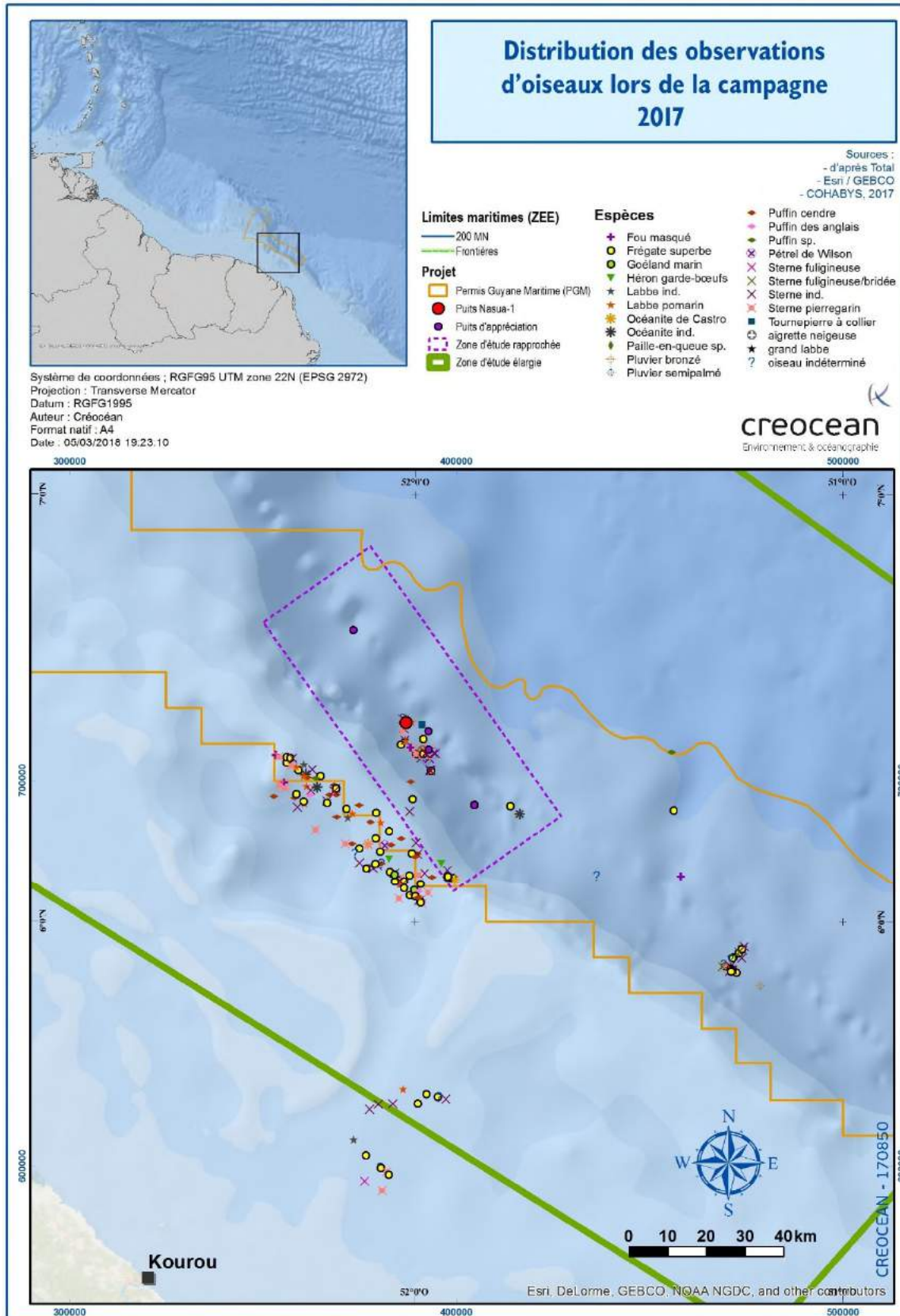


Figure 204. Distribution des observations d'oiseaux lors des campagne 2017

#### 4.3.5.2. Résultats des campagnes saisonnières 2018

##### 4.3.5.2.1. Observations

Au total, 245 observations d'oiseaux marins ont été effectuées durant l'ensemble des campagnes ce qui représente 986 individus, appartenant à 7 familles et **25 espèces** dont 18 ont été clairement identifiées.

La famille la plus abondamment observée est celle des laridés avec 106 observations et plus de 780 individus. Il s'agit de goélands marins, mouettes atricilles, mouettes tridactyles, noddis bruns, sternes de Cayenne, sternes fuligineuses, sternes pierregarin, sternes royales et laridés indéterminés.

Les procélariidés viennent ensuite avec 40 observations (puffins cendrés, puffins des anglais et puffins indéterminés) pour 68 individus.

Puis les hydrobatidés avec 39 observations (océanite cul-blanc, de Castro et indéterminées), les frégatidés avec 18 observations (frégate superbe), les stercorariidés avec 14 observations (labbe pomarin, labbe parasite et labbe indéterminé), les sulidés avec 13 observations (fou à pieds rouges et fou masqué) et enfin les phaéthontidés avec 8 observations (phaétons à bec rouge).

**Tableau 147. Observations d'oiseaux durant les campagnes de janvier à mai 2018**

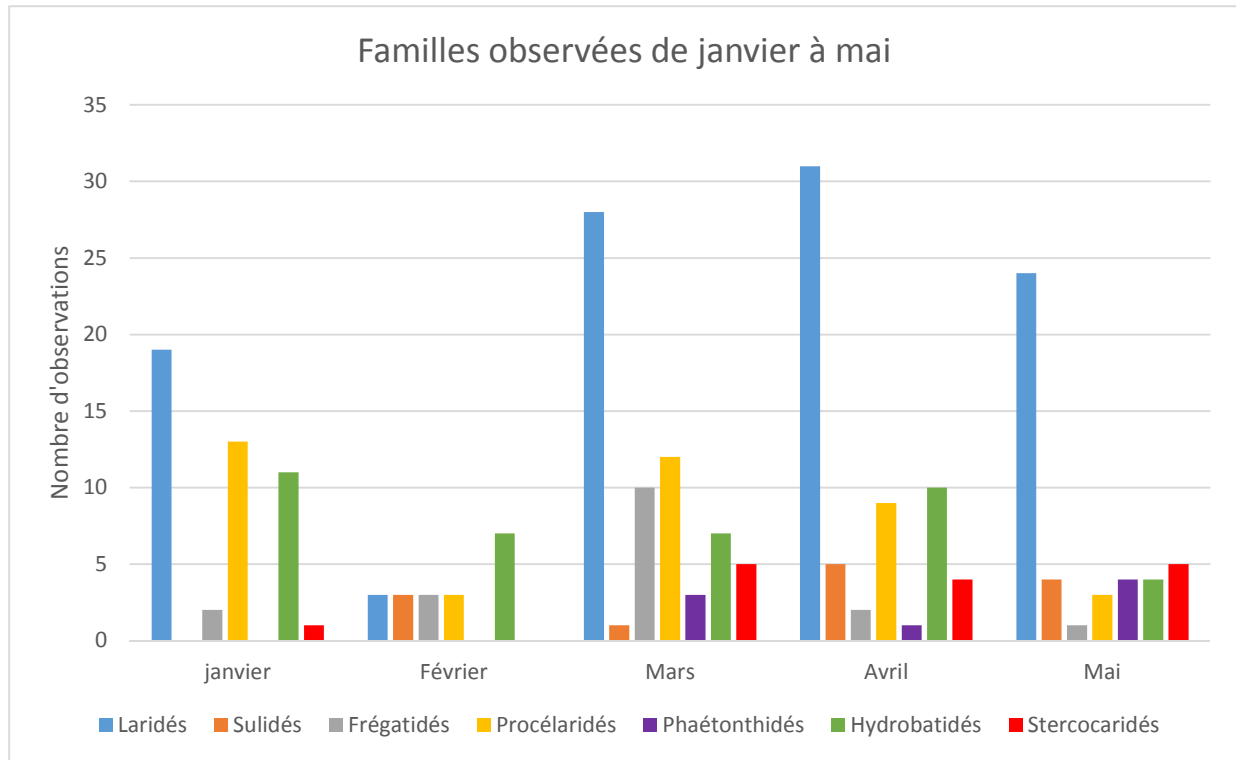
Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombre d'observation	Nombre total d'individu
<b>Fregatidae</b>	Frégate superbe	<i>Fregata magnificens</i>	18	23
<b>Hydrobatidae</b>	Océanite de Castro	<i>Oceanodroma castro</i>	5	8
	Océanite cul-blanc	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	6	6
	Océanite non identifiées	<i>Hydrobatidae spp.</i>	28	31
<b>Laridae</b>	Sterne fuligineuse/ bridée	<i>Onychoprion fuscatus / anaethetus</i>	18	372
	Sterne fuligineuse	<i>Onychoprion fuscatus</i>	8	187
	Noddi brun	<i>Anous stolidus</i>	3	5
	Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	2	5
	Mouette atricille	<i>Leucophaeus atricilla</i>	8	11
	Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	1	1
	Sterne royale	<i>Laridae thalasseus</i>	3	4
	Sterne de Cayenne	<i>Thalasseus eurygnathus</i>	7	28
	Sterne Pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	3	29
	Sterne grises indéterminées	N/D	51	141
<b>Procellariidae</b>	Laridé indéterminé	N/D	2	4
	Puffin des anglais	<i>Puffinus puffinus</i>	4	15
	Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	12	15
<b>Stercorariidae</b>	Puffin Indéterminé	N/D	24	38
	Labbe Pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	8	10
	Labbe parasite	<i>Stercorarius parasitus</i>	3	3
<b>Phaethontidae</b>	Labbe indéterminé	N/D	3	4
	Phaéton à bec rouge	<i>Phaethon aethereus</i>	8	13
<b>Sulidae</b>	Fou masqué	<i>Sula dactylatra</i>	11	11
	Fou à pieds rouges	<i>Sula sula</i>	2	2
<b>Indéterminé</b>	N/D	N/D	7	20
<b>TOTAL</b>			<b>245</b>	<b>986</b>



**Photos 92. Illustrations d'oiseaux observés durant les campagnes saisonnières 2018**



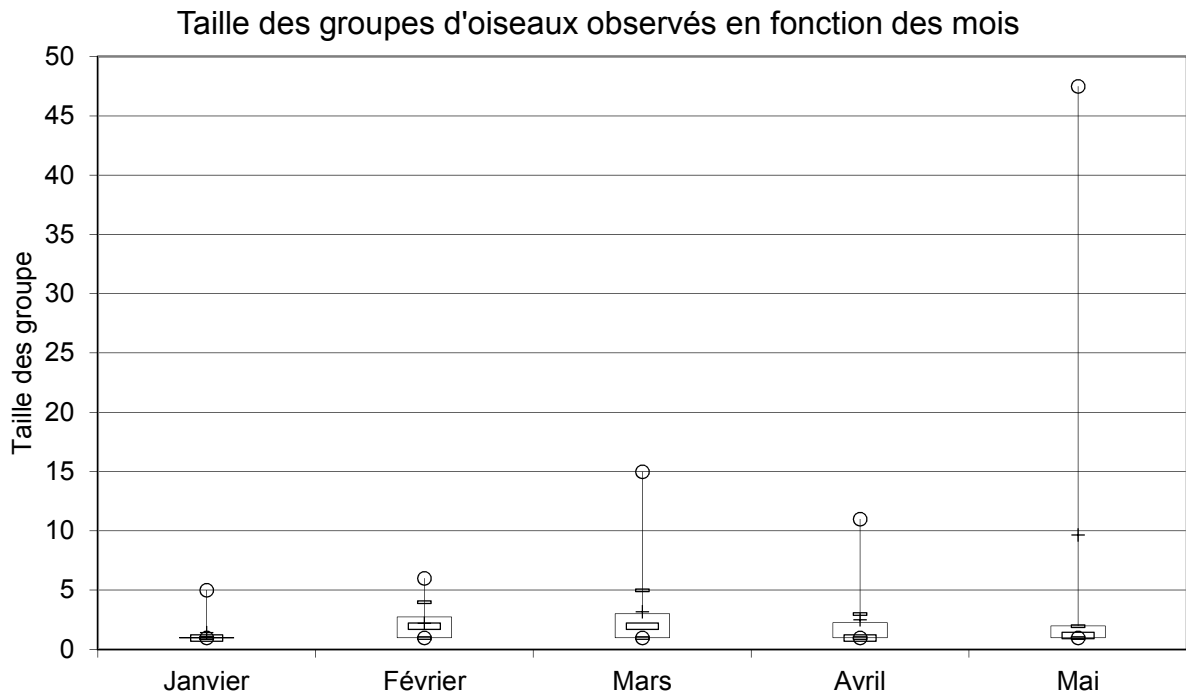
#### 4.3.5.2.2. Analyse de la saisonnalité



**Figure 205. Familles d'oiseaux marins observées de janvier à mai**

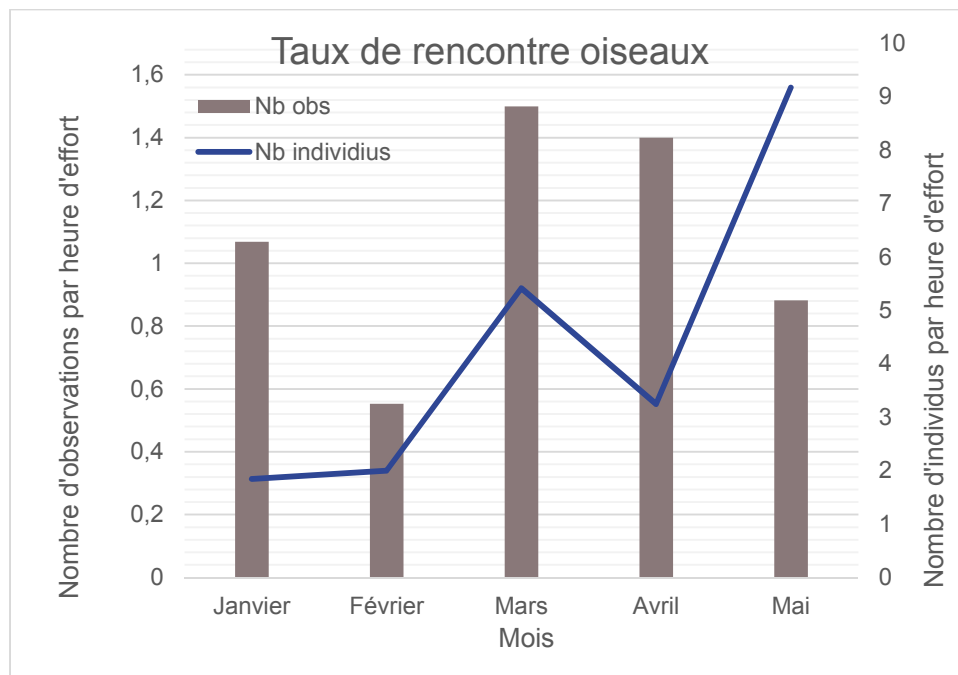
Certaines familles sont présentes à chacune des campagnes : les laridés, les frégatidés, les procélaridés et les hydrobatidés. Les sulidés n'ont pas été observés en janvier, les stercocaridés n'ont pas été observés en février et les phaétons n'ont été observés qu'à partir de mars (Figure 206). La diversité est maximale en mars, avril et mai avec les 7 familles recensées.

Il est difficile de définir si l'absence de certaines familles certains mois reflète une réelle absence de la zone ou seulement une impossibilité de les observer à cause des conditions environnementales. Le fait que la campagne de mars ait été la plus mauvaise en termes de conditions météorologiques et malgré tout la plus riche en termes d'observations (effectifs et diversité) semble indiquer que les absences constatées relèvent bien d'une non-présence sur la zone.



**Figure 206 Tailles de groupes observées chez les oiseaux de janvier à mai**

La taille des groupes rencontrés et surtout leur amplitude varient d'un mois à l'autre (Figure 207). La taille maximale des groupes est plus importante en mars, avril et surtout mai. La moyenne de taille de groupe est maximale en mai, clairement influencée par les grands groupes de sternes observés. La médiane en revanche est autour de 1 à 2 individus par groupe chaque mois. Cela indique que les oiseaux sont majoritairement observés en petits groupes tous les mois mais que de grands rassemblements peuvent se former à partir de mars.



**Figure 207. Taux de rencontre en nombre d'observation et nombre d'individus des oiseaux de janvier à mai**

Les taux de rencontre en termes d'observations fluctuent de 0,5 à 1,5 observations par heure d'effort. Ils sont maximaux en mars et avril. Les taux de rencontre en nombre d'individus quant à eux varient de 2 à 9 individus par heure et sont maximaux en mars et mai.

#### 4.3.5.3. Synthèse sur les oiseaux

D'après la bibliographie et les campagnes antérieures à 2017, 47 espèces, dont 24 occasionnelles voire communes, ont été observées dans les eaux guyanaises. Plusieurs espèces d'oiseaux nidifient en Guyane, généralement entre avril et juillet : la frégate superbe, la sterne de Cayenne, la sterne royale, la mouette atricille, la sterne fuligineuse et le nodd brun.

Le talus apparaît comme une zone d'intérêt pour une majorité d'oiseaux, notamment pour les laridés (qui constituent la famille la plus représentée), les océanites (entre septembre et mars), le nodd brun, les fous, la frégate, les puffins et les phaétons (mars à juin).

La zone d'étude rapprochée constitue également un secteur notable pour la plupart des espèces pélagiques, en particulier les océanites et les puffins qui y sont observés en nombre important.

**En 2017**, 25 espèces d'oiseaux dont 17 espèces marines ont été observées : de nombreux laridés (goélands, sternes), des puffins, des labbes, des océanites, un fou masqué, un phaeton indéterminé, des frégates superbes et plusieurs espèces de limicoles. Les espèces les plus fréquentes sont la frégate superbe et la sterne pierregarin. Mais il convient de noter le nombre important (21) d'observations de puffins cendrés, attestant de leur présence à cette période de l'année. Les observations ont essentiellement eu lieu sur le talus dans la zone d'étude élargie, et dans une moindre mesure dans la zone d'étude rapprochée. Les zones d'études sont donc fréquentées par de nombreuses espèces dont certaines ont permis de définir les ZNIEFFS côtières. Ces observations confirment l'intérêt de la zone pour ces espèces (zone d'alimentation et/ou de migration).

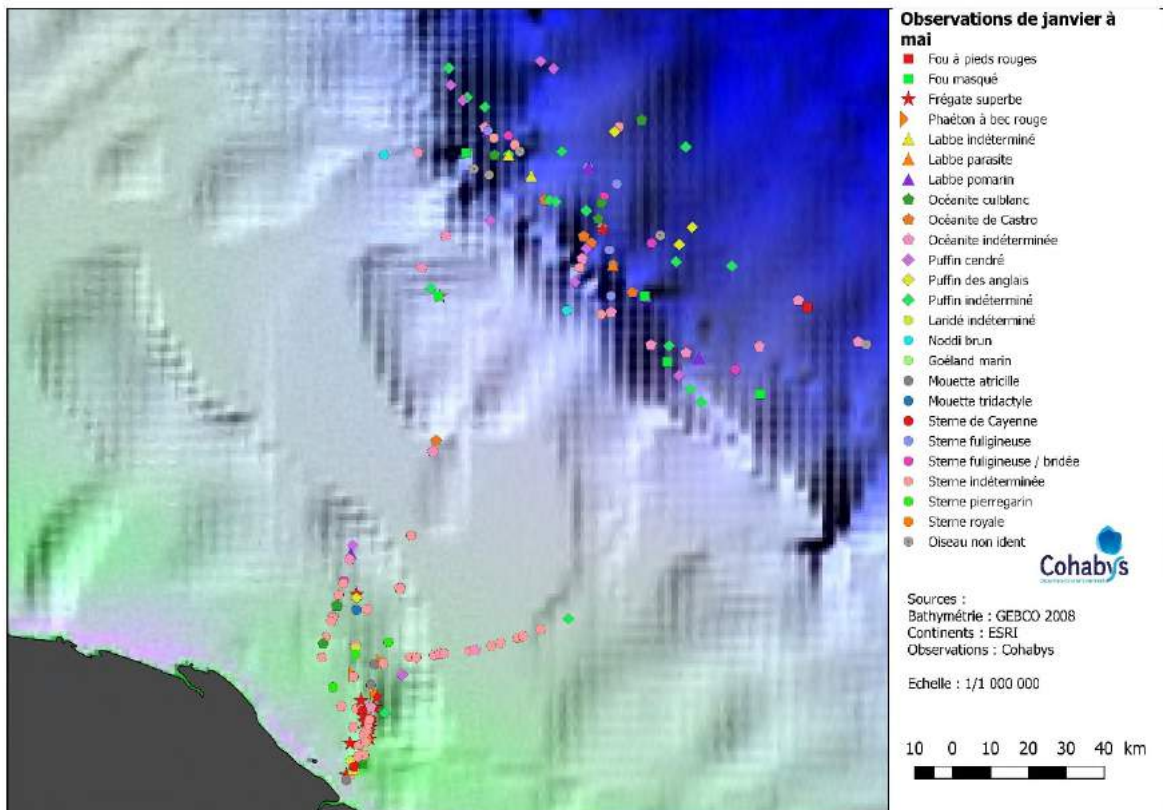
**En 2018**, les résultats continuent d'indiquer que la zone d'étude abrite une biodiversité importante d'oiseaux marins avec 25 espèces dont 18 identifiées. Une distribution duale est observée avec la présence d'espèces côtières sur le plateau (frégate, sternes, mouette atricille et tridactyle, goéland, sterne royale et de Cayenne) et d'espèce pélagiques sur le talus ontinental (sternes fuligineuses, labbes

pomarins et parasites, noddii brun, puffin des anglais et cendré, océanite de Castro et cul-blanc, fou masqué et à pieds-rouges et phaétons). Les laridés sont donc abondamment présents sur le secteur, suivi des procélaridés, des hydrobatidés et des frégatidés. Les stercocaridés, sulidés et phaéthontidés sont également présents plus saisonnièrement.

A l'instar de la distribution observée des cétacés lors de ces campagnes, celle des oiseaux concorde également avec l'écologie des espèces connues de la zone.

Les observations sont importantes chaque mois, présentant une diversité spécifique significative en particulier parmi les espèces pélagiques.

Les taux de rencontre indiquent que les oiseaux sont plus abondants sur la zone d'étude en mars et avril, et de grands groupes se forment de mars à mai.



**Figure 208. Distribution spatiale des observations d'oiseaux marins lors des campagnes de 2018**

## 4.4. Activités humaines

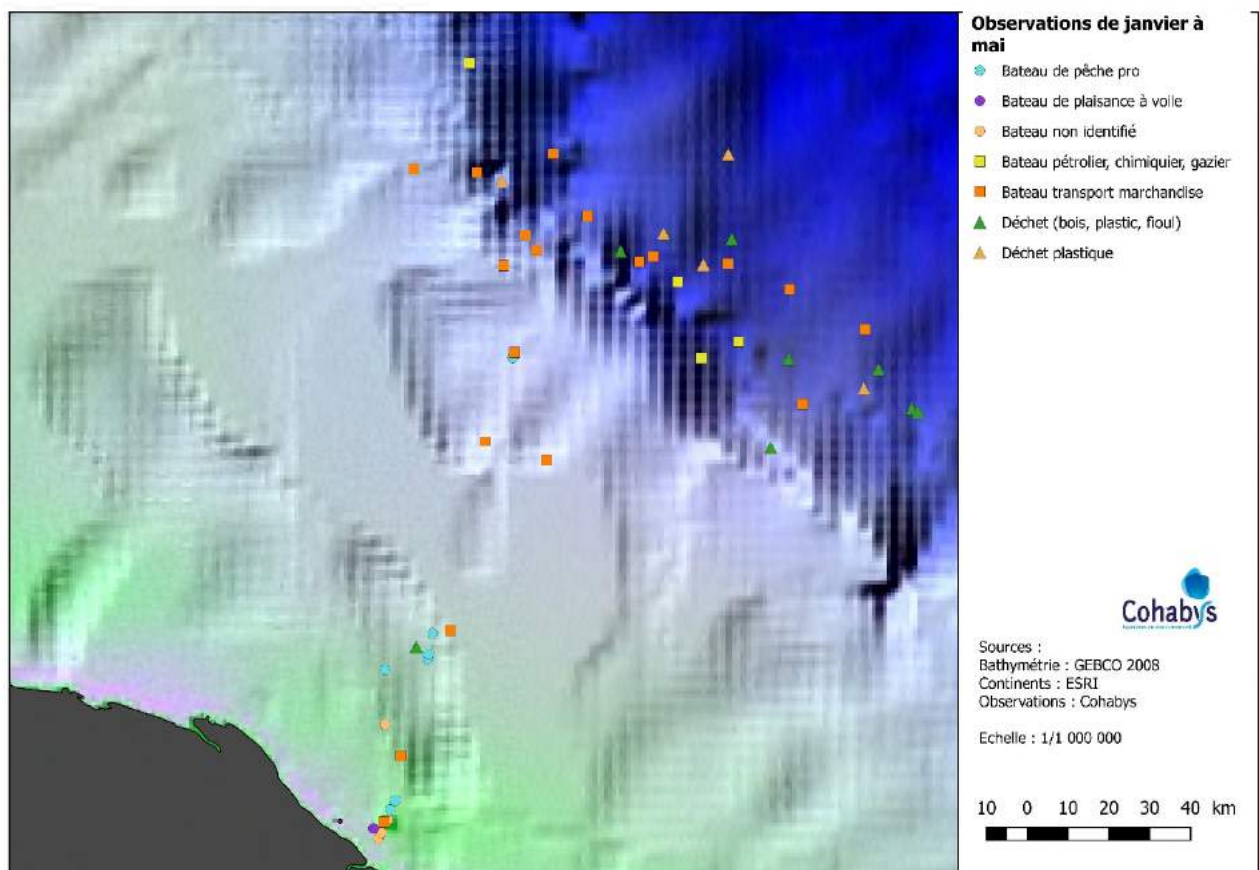
De nombreux signes d'activité humaine ont été observés sur la zone, que cela soit sur le plateau ou sur le talus.

Quelques déchets ont été observés sur l'ensemble de la zone mais ce sont surtout des bateaux qui ont été répertoriés. La majorité concerne des navires de transport de marchandise ou des pétroliers, principalement observés sur le talus. Des bateaux de pêche et de plaisance ont été observés sur le plateau et en secteur côtier.

En octobre-novembre, 20 cargos, 12 tankers et 7 bateaux de pêche ont été observés pour un total de 39 navires.

Entre janvier et mai, 43 navires ont été observés par les observateurs : 3 tankers, 22 cargos, 11 bateaux de pêche et 7 autres navires (drague, douane, navire de croisière...).

Le détail est disponible dans les rapports Suardi *et al.*, 2017 et Martinez *et al.*, 2018.



**Figure 209. Distribution spatiales des observations d'activités humaines sur la zone**

Un total de 60 navires en transit a été observé directement ou indirectement lors des campagnes de janvier à mai dont 43 observés par les observateurs.



**Tableau 148. Observations de navires durant les campagnes de janvier à mai. Les lignes en grisé représentent les navires détectés hors effort d'observation (au radar)**

Date	Heure (UTC)	Type de navire	Nom	Coordonnées (WGS 84)		Cap du navire (degré)	Distance 1ère Observation (km)
				Latitude	Longitude		
08/01/2018	20:05	Cargo	-	6,0412634	-52,235773	290°	17000
09/01/2018	11:05	Tanker	Elka Hercules	6,9207948	-52,406120	309°	14000
09/01/2018	14:28	Cargo	Val Houston	6,7201424	-52,220555	302°	20000
10/01/2018	09:30	Cargo	Advance 2	6,507254988	-52,2569464	128°	4000
10/01/2018	10:34	Cargo	Hong Hing	6,5400582	-52,282324	124°	18000
11/01/2018	04:45	Cargo	Golden Island	6,473792	-51,689827	130°	3000
11/01/2018	22:52	Cargo	Stolt ilex	6,386838	-52,41827	303°	3000
05/02/2018	18:45	Cargo	Anga_Kirk	5,6653582	-52,447948	340°	14000
05/02/2018	22:00	Cargo	Moonray	5,7188889	-52,200833	302°	-
06/02/2018	14:45	Cargo	-	6,4207401	-51,698560	300°	20000
06/02/2018	18:00	Cargo	Shamrock Jupiter	6,3327075	-51,532256	130°	10000
06/02/2018	22:00	Cargo	King Gregory	6,2013889	-51,285555	294°	-
07/02/2018	15:45	Cargo	Chembulk New York	6,4935743	-51,999339	160°	8000
07/02/2018	20:05	Tanker	Seaways Mckinlev	6,2696313	-51,892748	300°	2000
08/02/2018	21:30	Cargo	Vincent Genesis	6,4066667	-52,686666	300°	20000
09/02/2018	03:00	Cargo	British seafamr	6,2358333	-52,083611	131°	-
09/02/2018	05:00	Bateau de pêche	F/Intrepide	6,3636111	-52,365277	-	-
05/03/2018	13:10	drague	N/D	5,206333	-52,607116	180	50
05/03/2018	13:17	patrouille	DF45	5,219443	-52,599855	0	150
05/03/2018	13:30	croisière	Princedam	5,247155	-52,586289	ND	300
05/03/2018	16:15	pêche	Miss Sinnamarv	5,603856	-52,498400	160	7000
05/03/2018	16:20	pêche	Stereden	5,613185	-52,496549	95	7000
05/03/2018	16:45	pêche	La Floridienne	5,658484	-52,487327	0	8000
05/03/2018	16:45	pêche	Mathieu	5,658484	-52,487327	0	6000
05/03/2018	20:10	cargo	Monte Cesvantes	6,083922	-52,371357	300	8000
05/03/2018	21:36	pêche	ND	6,270196	-52,310027	90	2000
05/03/2018	21:41	cargo	Genko Cavilier	6,281706	-52,306185	296	2000
06/03/2018	06:40	cargo	ND	6,594862	-52,391217	130	4000
06/03/2018	07:40	cargo	ND	6,626059	-52,437443	307	2000
06/03/2018	09:49	cargo	Panthéon	6,686574	-52,528956	300	4000
06/03/2018	16:20	cargo	Hibiscus	6,582151	-52,144513	10	8000
06/03/2018	20:57	cargo	MSC Marina	6,477438	-51,834804	296	1000
07/03/2018	05:30	cargo	Achiant	6,590500	-52,122419	ND	2000

Date	Heure (UTC)	Type de navire	Nom	Coordonnées (WGS 84)		Cap du navire (degré)	Distance 1ère Observation (km)
				Latitude	Longitude		
07/03/2018	21:41	cargo	<i>Nem</i>	6,642503	-51,844073	310	1000
08/03/2018	05:00	cargo	<i>Ansac phoenix</i>	6,747283	-52,118554	300	1800
08/03/2018	09:00	cargo	<i>Sandra</i>	6,822720	-52,294471	317	3000
09/03/2018	10:50	pêche	<i>ND</i>	5,578290	-52,591926	300	4000
09/03/2018	11:50	patrouille	<i>P733</i>	5,458211	-52,592590	270	200
16/04/2018	13 :33	Pêche	<i>ND</i>	5,2702443	-52,581151	330	1500
16/04/2018	13 :45	pêche	<i>Oscarina</i>	5,2908644	-52,569618	90	500
16/04/2018	14 :30	Cargo	<i>Nadja</i>	5,3883909	-52,557163	127	10000
17/04/2018	18 :23	Cargo	<i>Southern</i>	6,1677641	-51,669463	306	14000
18/04/2018	11 :56	Tanker	<i>Avax</i>	6,3048727	-51,811109	302	18000
19/04/2018	09 :38	Porte container	<i>Val Huston</i>	6,43736	-51,945752	310	28000
19/04/2018	11 :52	Cargo	<i>New solution</i>	6,6791906	-52,030702	123	10000
19/04/2018	20 :04	Cargo	<i>Citrus Express</i>	6,6791906	-52,389084	299	48000
19/04/2018	22 :10	Cargo	<i>Silver Venus</i>			303	21000
20/04/2018	01 :00	Cargo	<i>MP Ultramax</i>			130	15000
20/04/2018	12 :15	Pêche	<i>L'Acoupa</i>	5,2774036	-52,615474	270	1000
20/04/2018	12 :55	Plaisance	<i>ND</i>	5,2279632	-52,617686	340	500
21/05/2018	13:00	Fileyeur	<i>N/D</i>	5,2436736	-52,59423	350	2
21/05/2018	13:00	Fileyeur	<i>N/D</i>	5,2436736	-52,59423	-	2
21/05/2018	13:00	Navire transport CNES	<i>MN COLIBRI</i>	5,2436736	-52,59423	-	0,5
21/05/2018	17 :32	Cargo	<i>BAKKEDAL</i>	5,891491	-52,67222	300	16
21/05/2018	21 :40	pêche	<i>N/D</i>	6,1435806	-52,53637	40	1
21/05/2018	23 :30	pêche	<i>Yannick2</i>	6,1428224	-51,402718	280	16
22/05/2018	13 :00	Cargo	<i>MSC Barcelona</i>	6,4729809	-52,330403	300	16
22/05/2018	21 :55	Cargo	<i>Bareilly</i>	6,1720719	-51,683355	120	20
23/05/2018	05 :10	Cargo	<i>Torn-Lotte</i>	6,1169591	-51,587881	300	4
25/05/2018	14 :30	Navire transport CNES	<i>MN COLIBRI</i>	5,444193	-52,53742	350	4

Les photographies ci-après présentent quelques bateaux observés visuellement et photographiés pendant les campagnes de janvier à mai 2018.



**Photos 93. Illustrations de bateaux observés pendant les campagnes de 2018**

## 5. Conclusion

### 5.1. Synthèse générale

L'ensemble des résultats sur l'analyse des différents compartiments biologiques du large de la Guyane converge vers le constat que la zone d'étude est particulièrement riche et diversifiée :

- Le **phytoplancton** est dominé par trois classes essentiellement : les diatomées, les dinoflagellés et les coccolithophoracées. La production phytoplanctonique, largement influencée par l'apport en nutriments des fleuves, et notamment de l'Amazone, s'étend le long des côtes guyanaises et au-delà du plateau continental avec une forte variabilité saisonnière et/ou un gradient côte/large. La biodiversité est très élevée, en particulier dans les échantillons prélevés lors de la dernière campagne Creocéan de décembre 2017.
- Le **zooplancton** est également riche et diversifié dans tout le domaine maritime guyanais (plateau et domaine profond), avec des peuplements de compositions différentes selon l'éloignement à la côte. La diversité est particulièrement élevée au large.
- La **faune benthique** révèle une forte disparité selon les secteurs avec un gradient côte/large prononcé lié aux conditions hydrosédimentaires singulières, des diversité et abondances plus élevées en limite de plateau, mais aussi des variations temporelles notables sur les fonds bathyaux, et l'existence d'habitats rares et méconnus que sont les substrats durs en limite de plateau continental.
- La présence de ces **substrats durs en bordure de plateau** (roches, plateaux carbonatés, blocs rocheux) génère une hétérogénéité du substrat qui conduit à la colonisation du milieu par une communauté d'espèces originale, avec notamment des organismes filtreurs comme des éponges et des taxons habituellement inféodés aux récifs coralliens. Ces affleurements de substrat durs sont entourés de sables coquilliers ou vaseux souvent balayés par des courants de fond importants.
- Les **ressources halieutiques** sur le plateau continental sont élevées avec également un peuplement structuré selon un gradient côte/large, la profondeur des fonds et la nature du substrat. Les dernières campagnes de pêche entre 2012 et 2015 de Créocéan et l'Ifremer recensent 169 espèces avec des effectifs et des biomasses élevées. Parmi ces espèces, un grand nombre est classé en « préoccupation mineure » et 12 sont considérées comme « vulnérables », « en danger » ou « en danger critique » selon la liste rouge mondiale de l'UICN. La diversité des espèces et des modes de vie est également élevée avec des poissons qui évoluent dans la colonne d'eau (poissons pélagiques, requins, thonidés.), près des fonds meubles (sciaenidés, poissons plats), des espèces inféodées aux fonds rocheux (vivaneaux, mérus) et même aux récifs coralliens au niveau des substrats durs mésophotiques en limite de plateau continental.  
La bordure du plateau continental et le talus continental abritent également une forte diversité de crustacés décapodes, avec deux espèces largement dominantes : la crevette orange (*Solenocera acuminata*) et la crevette impériale (*Aristaeopsis edwardsiana*).
- Cinq espèces de **tortues** peuvent être observées en Guyane et trois espèces y nidifient régulièrement : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), pour qui la Guyane constitue un des principaux sites de ponte de l'Atlantique, la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*), dont certains juvéniles se nourrissent sur les algues des zones rocheuses des îles. La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la tortue caouanne (*Careta caretta*) peuvent aussi être observées mais très occasionnellement. Toutes ces espèces sont protégées et classées dans la liste rouge de l'UICN. En 2017, 4 nouvelles observations ont été faites dans le cadre de l'analyse de l'état initial du projet : une tortue verte, une observation de tortue caouanne et deux observations de tortues à écailles indéterminées.
- La Guyane accueille une diversité spécifique de **cétacés** particulièrement importante. Une vingtaine d'espèces y sont observées. Les delphinidés sont majoritaires, avec à la fois des

petits delphinidés du genre *Stenella* et le grand dauphin, et des grands delphinidés comme le globicéphale, le pseudorque et le péponocéphale. Des baleines sont également rencontrées en domaine océanique (rorqual commun, baleine à bosse), ainsi que de nombreux cachalots. Enfin des baleines à bec ont également été observées sur le talus. L'hypothèse que les eaux guyanaises seraient une zone de mise-bas et de nurserie semble se confirmer pour plusieurs espèces (cachalot, grand dauphin et possiblement baleine à bec) (de Boer, 2013 ; RPS Energy, 2010 ; Créocéan, 2013). Les nouvelles de 2017 et 2018 ont répertorié visuellement **11 espèces de cétacés** avec une dominance forte de delphinidés, mais également des cachalots, des péponocéphales, des globicéphales et surtout **des orques pygmées et des baleines à bosse**. La présence de ces deux dernières espèces était peu documentée en Guyane, et les campagnes menées ont confirmé leur fréquentation de la zone. Des observations de couples mère/petit de baleine à bosse ont été observés en novembre et des orques pygmées ont été recensés en mars. Outre les baleines à bosse, **de jeunes individus** ont été observés au sein de plusieurs espèces (dauphins communs, grands dauphins, cachalots, globicéphales dauphins tachetés...).

- D'autre part, les enregistrements acoustiques se révèlent comme un complément essentiel aux observations visuelles. Ils permettent une caractérisation plus fine de l'utilisation de la zone d'étude par les cétacés. La présence de delphinidés durant chacune des campagnes démontre que **cette zone est fréquentée par les cétacés en toute saison même si les conditions de mer ne permettent pas de les détecter en surface**. L'enregistrement de sessions de chasse lors de chaque campagne confirme également que **la zone est bien une zone d'alimentation pour les delphinidés**. Les détections acoustiques de baleines à bec en mars peuvent être considérées comme remarquables puisqu'elles confirment la présence de ces espèces dans la zone d'étude. La présence de baleine à bosse est également un point important puisque cela atteste de leur présence dans la zone en janvier, en plus des observations réalisées en octobre-novembre.
- Une communauté importante **d'oiseaux de mer** est observée dans les eaux guyanaises, dont la frégate, les sternes, les noddis, les mouettes et les goélands sont intégralement protégés en Guyane (Arrêté Ministeriel du 15 mai 1986). 47 espèces, dont 24 occasionnelles voire communes, sont recensées. Le talus apparaît comme une zone d'intérêt pour une majorité d'oiseaux, notamment pour les laridés (qui constituent la famille la plus représentée), les océanites (entre septembre et mars), le noddin brun, les fous, la frégate, les puffins et les phaétons. Les nouvelles données acquises en 2017 et 2018 ont permis d'observer 19 espèces d'oiseaux. Les laridés, procélariidés, hydrobatidés et frégatidés ont été observés chaque mois, indiquant une présence quasi permanente sur la zone. Les taux de rencontre les plus importants ont été observés en mars et avril. Ces observations ont confirmé une large fréquentation de la zone du large et notamment du talus continental.

Au large de la Guyane, il est clair que la limite du plateau continental et le talus continental constituent un secteur de forte biodiversité (en faune benthique, espèces halieutiques, oiseaux et mammifères marins).

La plaine abyssale au pied du talus est nettement moins riche en espèces. Les fonds sont profonds, beaucoup plus monotones et très envasés : l'habitat est moins attractif pour de nombreux taxons. Toutefois, cette zone bénéficie en partie de la richesse biologique de la limite du plateau et le talus continental : en particulier, les observations réalisées sur les oiseaux et les mammifères marins montrent une fréquentation de la zone par des individus probablement attirés par le plateau et le talus continental.



## 5.2. Estimation des enjeux écologiques et de la sensibilité des habitats

### 5.2.1. Les principales composantes prises en compte

L'évaluation de la sensibilité du milieu biologique se base sur plusieurs paramètres pour prendre en compte les spécificités de chaque composante :

**Valeur patrimoniale** = concerne essentiellement le compartiment biologique. La valeur patrimoniale d'une espèce est appréciée sur la base de la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) des espèces de Guyane.

**Fréquentation** = concerne les aspects de présence d'espèces ou groupe d'espèce sur la zone élargie du projet. Elle reflète le nombre de fois où une espèce sera présente dans la zone, pendant le projet.

**Densité** = caractérise le nombre d'individus pour une espèce donnée en fonction de la fréquentation de la zone élargie du projet et de l'estimation de la population présente en Guyane. Ainsi la densité est estimée en comparant le nombre d'individus fréquentant la zone d'étude élargie par rapport à la fréquentation des eaux marines guyanaises, sans tenir compte du facteur temporel – le facteur temporel étant pris en compte dans le critère « fréquentation ».

**Importance écologique** = elle est liée à la notion de réseau trophique dans l'écosystème.

**Vulnérabilité** = c'est la faculté de la composante considérée à être altérée, atteinte par le projet, par au moins un levier d'action du projet considéré. La sensibilité d'un élément exprime le risque de perte de tout ou partie de la composante, en raison de la réalisation d'un projet donné et de ses incidences potentielles, et reflète la capacité de reconstitution de la composante du milieu s'elle est affectée.

La **sensibilité du milieu biologique** est liée à la présence d'espèces ou d'écosystèmes endémiques, ayant un statut particulier de conservation, ou à haute valeur patrimoniale, la fréquentation, la densité, l'importance écologique et la vulnérabilité des espèces.

La formule de calcul de la sensibilité sera la suivante :

$\text{Sensibilité} = \text{Moyenne non pondérée (Valeur patrimoniale} \pm \text{Fréquentation} \pm \text{Densité} \pm \text{Importance écologique} \pm \text{Vulnérabilité)}$
--

De ce fait le phytoplancton et zooplancton qui possèdent une bonne capacité de résilience, ont une plus faible sensibilité que la mégafaune. Ce dernier inclut plus d'espèces endémiques.

Pour évaluer le milieu écologique, on parle de **fonctionnalité et continuités écologiques**. En effet, l'ensemble de la zone côtière et les estuaires constituent des zones de nurseries pour les poissons et les crevettes grâce à la présence de nombreux abris, d'une concentration importante en nutriments et en matière organique. Telles que les îles rocheuses, les zones de mangroves et de marais littoraux sont importantes en tant que sites de nidification pour les oiseaux et autres organismes.

En termes de vulnérabilité, plus l'on s'éloigne de la côte et moins les pressions que subissent les écosystèmes sont importantes. La sensibilité des zones, au niveau des fonctionnalités écologiques qu'elles offrent est évaluée différemment selon l'emplacement par rapport à la côte.

### 5.2.2. Autres composantes

Concernant les autres composantes, la méthodologie proposée ci-avant pour le milieu biologique est difficilement applicable. En règle générale, il est compliqué, voire impossible, d'établir une méthodologie représentative et commune à toutes les composantes du milieu. La sensibilité de chaque composante varie de 1 à 3.

La sensibilité du milieu est définie dans ce projet comme liée à la capacité de disperser une perturbation. Ainsi pour l'eau, l'air et le bruit, la diffusion de ces éléments sont très rapide. La sensibilité sera donc

évaluée à 1. Tandis que pour les sédiments qui sont majoritairement meubles et ont une faculté moindre de renouvellement, la sensibilité est évaluée à 3. En effet, une contamination affectant le sédiment peut être persistante à l'échelle du projet.

Les facteurs régissant l'océanographie, la géologie, la géomorphologie agissent à des échelles spatiales et temporelles beaucoup plus vastes que l'emprise spatio-temporelle du projet. La sensibilité est donc évaluée à 1 pour ces thématiques.

De plus, compte tenu du relatif éloignement du projet de forage vis-à-vis des activités humaines, et le faible risque d'impacts causés par le projet sur ces activités :

- La navigation maritime a une sensibilité évaluée à faible (le risque de collision est faible, et, même si certains navires doivent se détourner de la zone du projet pour éviter l'unité mobile de forage, ce contournement ne porterait pas à conséquence pour les usagers de la mer).
- La pêche professionnelle est notée avec une sensibilité élevée, étant donné la relative proximité de la zone du projet avec certaines zones de pêche hauturière, et au regard de la relative importance économique de l'usage. Les pêches industrielles à la crevette et au vivaneau et la pêche côtière représentent la troisième force économique de la Guyane (Lampert 2012).
- Les usages du littoral sont également notés avec une faible sensibilité étant donné l'éloignement de la zone du projet.
- Les zones d'habitation, d'intérêts socio-économiques et touristiques, sont concentrées sur le littoral guyanais, hors d'atteinte des effets du projet. La sensibilité du cadre de vie et de la santé humaine est faible.

### 5.2.3. Synthèses de l'évaluation des sensibilités

Le tableau ci-dessous résume la valeur de sensibilité pour chaque composante de l'environnement selon les critères exposés :

**Tableau 149. Sensibilité des composantes environnementales au niveau de la zone du projet**

Paramètre	Composante de l'environnement de la zone concernée par le projet		Valeur de sensibilité	Note
Sensibilité des composantes environnementales et humaines	Milieu (contexte physico-chimique)	Air, Climat	Négligeable à faible	1
		Océanographie, géologie, géomorphologie		
		Eau		
		Sédiment ou substrat dur ou meuble	Moyenne à forte	3
		Contexte sonore sous-marin	Négligeable à faible	1
	Milieu Biologique	Phytoplancton	Faible à moyenne	1,4
		Zooplancton		1,6
		Benthos		1,8
		Ichtyofaune		2,0*
		Tortues marines	Moyenne à forte	2,4*
		Mammifères marins		2,6*
		Avifaune		2,8*
	Fonctionnalité et continuité écologiques	Zone côtière (hors mangrove et îles)	Négligeable à faible	1
		Plateau continental	Faible à moyenne	2
		Zone rocheuse du plateau continental	Moyenne à forte	3
		Talus continental	Faible à moyenne	2
		Plaine abyssale	Négligeable à faible	1
	Espaces naturels protégés ou inventoriés	ZNIEFF et espaces protégés côtiers	Faible à moyenne	2
	Risques majeurs	Risques naturels	Négligeable à faible	1
		Risques technologiques	Faible à moyenne	2
	Usages et contexte humain (socio-économiques)	Navigation maritime	Négligeable à faible	1
		Activités sur le littoral	Négligeable à faible	1
		Pêche professionnelle	Forte	3
		Cadre de vie	Négligeable à faible	1

\* : sensibilité maximale

## 6. Références bibliographiques

- AAMP (Agence des Aires Marines Protégées), (2009a). Analyse Stratégique Régionale Guyane. Synthèse des connaissances.
- AAMP (Agence des Aires Marines Protégées), (2009b). Analyse Stratégique Régionale Guyane. Enjeux et propositions de création d'aires marines protégées.
- AAMP (Agence des Aires Marines Protégées), (2009c). *Analyse Stratégique Régionale - Guyane*. Agence des Aires Marines Protégées, Brest : 154p. <http://www.aires-marines.fr/Documentation/ASR-Guyane>.
- Aizawa, M., Arai, T., Fujii, E., Inada, T., Matsuura, K., Miyake, T., Sasaki, K., Sato, Y., Shimizu, T., et Uyeno, T., (1983). In: Fishes trawled of Suriname and French Guiana – Uyeno, T., Matsuura, K., Fujii, E., (Eds) - JARMAC: 1–519.
- Alzieu, C., (2003à). Dragages et environnement marin – Etat des connaissances. *Ed. Ifremer*, 223 p.
- Amado-Filho, G. M., Moura, R. L., Bastos, A. C., Salgado, L. T., Sumida, P. Y., Guth, A. Z., et Thompson F. L., (2012). Rhodolith beds are major CaCO<sub>3</sub> BIO-factories in the tropical south West Atlantic. *PLoS ONE*, **7**, 5-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035171>
- Amado-Filho, G. M., Moura, R. L., Bastos, A. C., Francini-Filho, R. B., Pereira-Filho, G. H., Bahia, R. G., et Motta, F. S., (2016). Mesophotic ecosystems of the unique South Atlantic atoll are composed by rhodolith beds and scattered consolidated reefs. *Marine Biodiversity*, **46**, 933–936. <https://doi.org/10.1007/s12526-015-0441-6>
- ANSES, 2014; Profil toxicologique du méthyl tert-butyl éther (MTBE). Rapport d'expertise collective, 54 p.
- Arranz, P., De Ruiter, S.L., Stimpert, A.K., Neves S., Friedlaender, A.S., Goldbogen, J.A., Visser, F., Calambokidis, J., Southall, B.L., Tyack, P.L., 2016, Discrimination of fast click-series produced by tagged Risso's dolphin (*Grampus griseus*) for echolocation or communication, *Journal of Experimental Biology*, **219**, 1898-2907.
- Artigas, L.F., and Guiral, D., (2002). Seasonal dynamics of microplanktonic biomasses, along a dilution gradient, from the Kaw River to the coastal waters off French Guiana. *VI Workshop ECOLAB*, 23-29 September 2002, Belém –PA, Brazil.
- Artigas, L. F., Vendeville, P., Leopold, M., Guiral, D., et Ternon, J., (2003). Marine biodiversity in french guiana : estuarine, coastal, and shelf ecosystems under the influence of Amazonian waters. *Gayana*, **67**, 302-326.
- Baker, E., Harris, P. T., et Puglise K. A., (2016). Mesophotic Coral Ecosystems — A lifeboat for coral reefs? The United Nations Environment. Programme and GRID-Arendal, Nairobi and Arendal, 98p.
- Barnicoat, S., (2017). Analysis of Acoustic Data Recorded in French Guiana, rapport Seiche Limited for Cohabys: 9p.
- Barret, J., Blancaneaux, P., Caillé O., Charron, C., Gaucherel, C., Granville, J-J., Grenand, P., Guiral, D., Lointier, M., Mérona, B., et Polidori, L., (2001). Atlas illustré de la Guyane. Paris : IRD, 215 p. ISBN 2-7099-1471-9.
- Baumann-Pickering, S., McDonald, M.A., Simonis, A.E., Solsona Berga, A., Merckens, K.P., Oleson, E.M., Roch, M.A., Wiggins, S., Rankin, S., Yack, Tm., (2013). Species-specific beaked whale echolocation signals, *Journal of Acoustic Society of America*, **134(3)**, 293-301.
- Beaugrand, G., Reid, P. C., Ibañez, F., Lindley, J. A., et Edwards, M., (2002). Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science*, **296**, 1692-1694.
- Bellaire, P., Pomerol, C., (1977). Eléments de géologie. *U. Géologie (Paris)*, ISSN, 526 p.
- Bird Life International, (2012). Important Bird Areas Factsheet: Connétable. (Downloaded from <http://www.birdlife.org>).
- Blanchard, F., (2000). Impact de la pêche sur la dynamique de diversité des peuplements de poissons démersaux. Thèse de Doctorat, UBO.

Blanchard, F., Bagot, C., Bernard, C., et Rivierre, A., (2007). CHALOUPE – Cas d'étude Guyane. Impacts du réchauffement climatique et de la pêche sur la biodiversité marine en Guyane. Journées de l'Institut Français de la Biodiversité, novembre 2007, Tours. Poster.

Bordin, A., de Pracontal, N., Hauselmann, A., et Renaudie, A., (2012). Résultat des inventaires pélagiques 2011-2012. Traitement et analyse des données d'observation des oiseaux marins et cétacés dans la ZEE guyanaise. Rapport GEPOG/DEAL. 67 p.

BRGM, Météo France, ORA 2013. Changement climatique en Guyane : étude complémentaire sur les données hydroclimatiques et de qualité de l'air. Note de synthèse. Avril 2013. <http://www.ora-guyane.org/wp-content/uploads/2014/04/2013-Changement-climatique-en-Guyane-Hydroclimatique-et-qualite-de-lair.pdf>

Bridge, T., Fabricius, K. E., Bongaerts, P., Wallace, C. C., Muir, P. R., Done, T. J., et Webster, J. M., (2012). Diversity of Scleractinia and Octocorallia in the mesophotic zone of the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs*, **31**, 179–189. <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0828-1>

Bridge, T., et Guinotte, J., (2013). Mesophotic Coral Reef Ecosystems in the Great Barrier Reef World Heritage Area.

Briggs, J.C., (1974) Marine zoogeography. McGraw-Hill, New York.

Bruland, K.W., Lohan, M.C., (2003). Controls of trace metals in seawater. In Holland, H.D., et Turekian K. (Eds.), *The oceans and marine geochemistry*. Oxford, UK: Elsevier, 23-47.

Bruland, K.W., Lohan, M.C., (2006). Controls of Trace Metals in Seawater. *Treatise on Geochemistry*, 6

Carpenter, K.E. (ed.), (2002). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5*. Rome, FAO, 1-600.

Carpenter K.E. (ed.), (2002). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5*. Rome, FAO, 601-1374.

Carpenter, K.E. (ed.), (2002). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opisthognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5*. Rome, FAO, 1375-2127.

Cervigón, F., Capriani, F., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, Aj., Márquez, R., Poutiers, Jm., Robaina, G., and Rodriguez, B., (1993). *FAO species identification sheets for fishery purpose. Field Guide to the Commercial marine and Brackish-water Resources of the Northern Coast of South America*. Rome FAO, 513 p.

Chambault, P., de Thoisy, B., Kelle, L., Berzins, R., Bonola, M., Delvaux, H., Le Maho, Y., et Chevallier, D., (2016a). Inter-nesting behavioural adjustments of green turtles to an estuarine habitat in French Guiana. *Marine Ecology Progress Series*, **555**, 235-248.

Chambault, P., de Thoisy, B., Heerah, C., Conchon, A., Barrioz, S., Dos Reis, V., Berzins, R., Kelle, L., Picard, B., Roquet, F., Le Maho, Y., et Chevallier, D., (2016b). The influence of oceanographic features on the foraging behavior of the olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* along the Guiana coast. *Progress in Oceanography*, **142**, 58-71.

Chambault, P., Pinaud, D., Vantrepotte, V., Kelle, L., Entraygues, M., Guinet, C., Berzins, R., Bilo, K., Gaspar, P., de Thoisy, B., Le Maho, Y., et Chevallier, D., (2015). Dispersal and Diving Adjustments of the Green Turtle *Chelonia mydas* in response to Dynamic Environmental Conditions during Post-nesting Migration. *PLoS ONE*, **10**, e0137340. doi:10.1371/journal.pone.0137340

Chambault, P., Roquet, F., Benhamou, S., Baudena, A., Pauthenet, E., de Thoisy, B., Bonola, M., Dos Reis, V., Crasson, R., Brucker, M., Le Maho, Y., et Chevallier, D., (2017). The Gulf Stream frontal system: A Key oceanographic feature in the habitat selection of the leatherback turtle ? *Deep Sea Research I*, **123**, 35-47.



- Chevalier, J., Talvy, G., Lieutenant, S., Lochon, S., et Girondot, M., (2000). Study of a bimodal nesting season for leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in French Guiana, 1-309. In: Kalb, H., et Wibbels, T., eds. Proceedings of the Nineteenth Annual Symposium on Sea Turtle Conservation and Biology. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-443.
- Chevalier C. et Lerat, J., (2002). Modélisation de la circulation océanique sur le plateau continental de la Guyane. *J. Recherche Océanographique*, 27(1), 14-22.
- Choubert, B., (1974). Le Précambrien des Guyanes. Mémoires BRGM, n° 21. 204 p., cartes et annexes.
- Collette, B. B., et Rützler, K., (1977). Reef fishes over sponge bottoms off the mouth of the Amazon river. Proceedings of the 3rd International Coral Reef Symposium, Miami, FL, May.
- Cordeiro, R. T. S., Neves, B. M., Rosa-Filho, J. S., et Pérez, C. D., (2015). Mesophotic coral ecosystems occur offshore and north of the Amazon River. *Bulletin of Marine Science*, 91, 491-510. <https://doi.org/10.5343/bms.2015.1025>
- Créocéan, (2006a). Déclaration d'Ouverture de Travaux de recherche de mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux. Site de Matamata (Guyane française). Référence 1050104. Pièce n°3 : Etude d'impact. Novembre 2006.
- Créocéan, (2006b). Déclaration d'Ouverture de Travaux de recherche de mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux. Site de Kawana (Guyane française). Pièce n°3 : Etude d'impact. Référence 1050104. Novembre 2006.
- Créocéan, (2011). Appel à projets. Biodiversité Marine en Guyane Française. Année 2009. Réalisation d'une campagne d'inventaire de la faune benthique (endogée et épigée) et démersale, sur les fonds marins du plateau continental guyanais. Référence 1-09225. Novembre 2011.
- Créocéan, (2012a). Réalisation d'une campagne sismique 3D dans le cadre du Permis Exclusif de Recherche d'Hydrocarbures (permis) de Guyane Maritime. Documents d'appréciation des impacts environnementaux (DAIE) sismique. Montpellier Mars 2012.
- Créocéan, (2012b). Réalisation de forages d'exploration dans le cadre du Permis Exclusif de Recherche d'Hydrocarbures (permis) de Guyane Maritime. Document d'Appréciation des Impacts Environnementaux. Dossier: 1-12013-E. Montpellier, France
- Créocéan, (2012c). Appréciation de l'impact de l'acquisition sismique sur la ressource. Evaluation des peuplements halieutiques des zones adjacentes et éloignée du site d'exploration. Première campagne. Avant acquisition sismique. 80 p.
- Créocéan, (2012d). Appréciation de l'impact de l'acquisition sismique sur la ressource. Observation des peuplements halieutiques des zones adjacentes et éloignée du site d'exploration. Seconde campagne. Pendant acquisition sismique. 116 p.
- Créocéan, (2013a). Marine Mammal and Sea Turtle Occurrence Study, April-May 2013, Shell E&P France, 43 p.
- Créocéan, (2013b). Exploration pétrolière au large de la Guyane. Appréciation de l'impact sur la ressource de l'exploration sismique. Observation des peuplements halieutiques des zones adjacente et éloignée au site. Troisième campagne - Après l'acquisition sismique juillet/a.
- Créocéan, (2013c). Evaluation de la présence des espèces d'acoupas au large de la Guyane française Synthèse bibliographique et recommandations pour la réalisation d'une campagne de prospection de la ressource. Rapport, 46 p.
- Créocéan, (2014). Evaluation de la présence des espèces d'acoupas au large de la Guyane. Rapport final.
- Créocéan, (2015a). Programme d'Exploration Pétrolière, Guyane, État initial et suivi environnemental de la colonne d'eau et des sédiments marins. Rapport 130632. Février 2015.
- Créocéan, (2015b). Programme d'Exploration Pétrolière, Guyane, État initial et suivi des communautés de macrofaune benthique en eaux profondes. Rapport 130632. Février 2015.
- Créocéan, (2015c). Programme d'Exploration Pétrolière, Guyane. Suivi environnemental des communautés foraminifères benthiques profondes. Avril et Décembre 2013. Rapport 130632. Février 2015.

- Créocéan, (2015d). Programme d'Exploration Pétrolière, Guyane Étude spatio-temporelle des rejets de fluide de forage à base synthétique. Rapprt 130632. Février 2015.
- Créocéan, (2015e). Programme d'Exploration Pétrolière, Guyane. Résumé du suivi environnemental. Affaire 130632. Février 2015.
- De Boer, M. N., (2013). Cetaceans observed in Suriname and adjacent waters. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, **10**, 2-19. <http://dx.doi.org/10.5597/lajam00189>
- de Rijk, S., Jorissen, F.J., Rohling, E.J. and Troelstra, S.R. (2000). Organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **40(3)**, 151-166.
- Delefosse, M., Rahbek, M.L., Roesen, L., et Clause, K.T., (2017). Marine mammal sightings around oil and gas installations in the central North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-9. doi:10.1017/S0025315417000406
- Donat, J. R. and Bruland, K. W., (1995) Trace elements in the oceans. In Trace Elements in Natural Waters (eds. E. Steinnes and B. Salbu). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 247–280.
- Durand, J., (1959). Notes sur le plateau continental. Les éléments principaux de la faune et leurs relations avec le fond. *Cahier de l'ORSTOM*, **3**, 93 p.
- Duros, P., Fontanier, C., Metzger, E., Pusceddu, A., Cesbron, F., de Stigter, H. C., Bianchelli, S., (...), et Jorissen, F.J., (2011). Live (stained) benthic foraminifera in the Whittard Canyon, Celtic margin (NE Atlantic). *Deep-Sea Research Part I*, **58**, 128-146.
- Entraygues, M., (2014). Plan national d'actions en faveur des tortues Marines en Guyane. L'essentiel. ONCFS. 55 p.
- ERM, (2009). Environmental Impact Assessment. 3D Seismic survey, Licence area permis n°10/2001 Guyane Maritime. June 2009. Tullow Oil.
- Frappa M, Pujos M., (1994). Late quaternary evolution of the French Guiana continental shelf: evidence from 3.5 kHz data. *Marine Geology*, **121**, 231-245.
- Froidefond, J., Lavender, S., Laborde, P., Herbland, A., and Lafon, V., (2002). SeaWIFS data interpretation in a coastal area in the Bay of Biscay, *Int. J. Remote Sens.* **23**, 881 – 904.
- Fontanier, C., Jorissen, F. J., Lansard, B., Mouret, A., Buscail, R., Schmidt, S., Kerhervé, P., (...), et Rabouille, C., (2008). Live foraminifera from the open slope between Grand Rhône and Petit Rhône Canyons (Gulf of Lions, NW Mediterranean). *Deep-Sea Research Part I*, **55**, 1532-1553.
- Fossette, S., Georges, J. Y., Tanaka, H., Ropert-Coudert, Y., Ferrearoli, S., Arai, N., Sato, K., Naito, Y., et Le Maho, Y., (2007). Dispersal and dive patterns in gravid leatherback turtles during the nesting season in French Guiana. *Marine Ecology Progress Series*, **338**, 233-247.
- Fossette, S., Hobson, V. J., Girard, C., Calmettes, B., Gaspar, P., Georges, J. Y., Hays, G. C., (2010). Spatio-temporal patterns of a giant zooplanktivore, the leatherback turtles. *Journal of Marine Systems*, **81**, 225-234.
- Fossette, S., Kelle, L., Girondot, M., Goverse, E., Hilterman, M. L., Verhage, B., de Thoisy, B., et Georges, J-Y., (2008). The world's largest leatherback rookeries: a review of conservation-oriented research in French Guiana/Suriname and Gabon. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **356**, 69–82.
- Foster, M. S., Amado-Filho, G. M., Kamenos, N. A., Riosmena-Rodriguez, R., et Steller D. L., (2013). Rhodoliths and rhodolith beds. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, **39**, 143-155.
- Foulquier, M., (2012). Prestations d'inventaire et d'étude de zones rocheuses côtières du secteur d'Oyapock à l'îlet La Mère en Guyane. Rapport Amsntic – Seneo pour l'AAMP, 165 p.
- Fugro-Geos, (2005). French Guyana Exploration Drilling Metocean Criteria.
- Fugro Geos, (2012). C50361/3775/R1 pour Peak Group. IRISTA 2012.
- Georges, J. Y., Fossette, S., Billes, A., Ferraroli, S., Fretey, J., Grémillet, D., Le Maho, Y., Meyers, A. E., Tanaka, H., et Hays, G. C., (2007). Meta-analysis of movements in Atlantic leatherback turtles during nesting season: conservation implications. *Marine Ecology Progress Series*, **338**, 225-232.

Girondot, M., Godfrey, M.H., Ponge, L. and Rivalan, P., (2007). Modeling approaches to quantify leatherback nesting trends in French Guiana and Suriname. *Chelonian Conservation and Biology*, **6**, 37-46.

Girondot, M., (2011). Expertises environnementales. Survols effectués en septembre 2010 par Lise Demoitiez et Sophie Bédel. Guyane française. Rapport intermédiaire. Université Paris-Sud - Faculté des Sciences d'Orsay - AgroParisTech - Centre National de la Recherche Scientifique.

Girondot, M. et Fretey, J., (1996). Leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, nesting in French Guiana, 1978-1995. *Chelonian Conservation and Biology*, **2**, 204-208.

Gooday, A.J., (2003). Benthic foraminifera (protista) as tools in deep-water palaeoceanography: Environmental influences on faunal characteristics. *Advances in Marine Biology*, **46**, 1-90.

Goldberg, W. N., (2013). *The Biology of Reefs and Reef Organisms* (The University of Chicago Press, Chicago, IL, 2013).

Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux en Guyane (GEPOG), Bordin A., de Pracontal, N., et Pineau, K., (2015a). 03M000017, Plateau continental. - INPN, SPN-MNHN Paris : 12 p.

Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux en Guyane (GEPOG), Bordin, A., de Pracontal, N., et Pineau, K., 2015b. 03M000018, Est du talus continental. - INPN, SPN-MNHN Paris : 16 p.

Guéguen, F., (1995). Sur les crustacés décapodes profonds de Guyane française (Atlantique central de l'Ouest), *C. R. Acad. Sci. Paris*, **318**, 1155–1165.

Guéguen, F., (2000). Distribution et abondance des poissons démersaux et de quelques autres organismes benthiques marins du plateau continental (0 - 60 m) de Guyane française. *Scineces de la vie*, **323**, 775-791.

Guéguen, F., (2001). Distribution et abondance des crustacés décapodes du talus continental (200900) de Guyane française. *Crustaceana*, **73-6**, 685-703(19).

Guillon, E., et Rinaldi R., (2016). Marine Mammal Observation report – Survey DRADEM. Rapport Cohabys pour Ifremer, 32 p.

Guillon, E., Pusineri, C., Suardi, A., et Wittich, A., (2016). Marine Mammal Observation and Passive Acoustic Monitoring report – Seismic survey MARGATS. Rapport Cohabys pour Ifremer : 176 p.

Hess, S., et Kuhnt, W., (1996). Deep-sea benthic foraminiferal recolonization of the 1991 Mt. Piñatubo ash layer in the South China Sea. *Marine Micropaleontology*, **28**, 171-197.

Hess, S., et Jorissen, F. J., (2009). Distribution patterns of living benthic foraminifera from Cap Breton canyon, Bay of Biscay: Faunal response to sediment instability. *Deep-Sea Research Part I*, **56**, 1555-1578.

Hess, S., Jorissen, F.J., Venet, V., et Abu-Zied R., (2005). Benthic foraminiferal recovery after recent turbidite deposition in Cap Breton canyon, Bay of Biscay. *Journal of Foraminiferal Research*, **35**, 114-129.

Hilterman, M, and Goverse, E., (2007). Nesting and nest success of the Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Suriname, 1999-2005. *Chelonian Conservation and Biology*, **6(1)**, 87-100.

Hinderstein, L. M., Marr, J. C. A., Martinez, F. A., Dowgiallo, M. J., Puglise, K. A., Pyle, R. L., et Appeldoorn, R., (2010). Theme section on "Mesophotic Coral Ecosystems: Characterization, Ecology, and Management". *Coral Reefs*, **29**, 247-251. <https://doi.org/10.1007/s00338-010-0614-5>

Iboully, G., (1981). Etude sédimentologique de la rade de Marseille (Bouches du Rhône). Thèse de spécialité, *Université de Provence*, 130 p.

IFREMER, (2011). Mise en place d'un programme de surveillance pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) dans les eaux littorales de Guyane.

IRD, (2006). Herbar de Guyane. <http://www.cayenne.ird.fr/aublet2/> (INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT, IRD).

IRISTA, (2012). Compte- rendu de l'atelier du groupe Mer GIS IRISTA 5-8 NOVEMBRE 2012.

- Johnson, M., Hickmott, L.S., Aguilar Soto, N., Madsen, P.T., (2008). Echolocation behaviour adapted to prey in foraging Blanville's beaked whale (*Mesoplodon densirostris*). *Proceeding of the Royal Society B*, **275**, 133-139.
- Johnson, M., Madsen, P.T., Zimmer, W.M.X., Aguilar de Soto, N., Tyack, P.L., (2004). Beaked whale echolocate on prey. *Biology Letters*, **271**, 383-386.
- Jones, R. W., (2014). Foraminifera and their applications. *Cambridge University Press*, 391 p.
- Kahng, S., Copus, J. M., et Wagner, D., (2017). Mesophotic Coral Ecosystems. In Rossi S., Bramanti L., Gori A., et Covadonga O. (Eds.), *Marine Animal Forests: The Ecology of Benthic Biodiversity Hotspots*, 185–206. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-21012-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21012-4_4)
- Kelle, L., Gratiot, N., et de Thoisy, B., (2009). Olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* in French Guiana: back from the brink of regional extirpation ? *Oryx*, **43**, 243-246.
- Koho, K. A., García, R., de Stigter, H. C., Epping, E., Koning, E., Kouwenhoven, T. J., et van der Zwaan, G. J., (2008). Sedimentary labile organic carbon and pore water redox control on species distribution of benthic foraminifera: A case study from Lisbon-Setúbal Canyon (southern Portugal). *Progress in Oceanography*, **79**, 55-82.
- Koho, K. A., Kouwenhoven, T. J., de Stigter, H. C., et van der Zwaan, G. J., (2007). Benthic foraminifera in the Nazaré Canyon, Portuguese continental margin: Sedimentary environments and disturbance. *Marine Micropaleontology*, **66**, 27-51.
- Lahet, F., Polidori, L. et Petit, M., 2002. Apports de l'imagerie SPORT-HRV pour le suivi de la zone côtière sous l'influence de l'Amazon. In: *workshop ECOLAB, 6 : 2002, Belem. Resumos Expandidos. Belem : MPEG*, 9 p.
- Lampert L., (2012). Actualisation de connaissances du domaine marin en Guyane Française. Ifremer.
- Larsonneur, C., (1977). Le golfe Normand-Breton – Synthèse sédimentologique. *Université de Caen*, 81 p.
- Legifrance, (1986). Arrêté du 15 mai 1986 fixant sur tout ou partie du territoire national des mesures de protection des oiseaux représentés dans le département de la Guyane, 5 pp.
- Le Loeuff, P., et Von Cosel, R., (2000). Aperçus sur la macrofaune benthique du plateau continental de la Guyane française (résultats de la campagne GREEN 0, 16 au 20 avril 1999). Document Scientifique et Technique du Centre IRD de Bretagne, **86**, 1-39.
- Leopold, M., (2004). Poissons de mer de Guyane – Guide Illustré. IFREMER.
- Licari, M.L., (1998). Mise au point d'un Système d'Aide à l'Interprétation des Données benthiques en milieu marin et lagunaire." *Thèse de Doctorat, Ecole Pratique des Hautes Etudes*, 317 p.
- Lindfield, S. J., McIlwain, J. L., et Harvey E. S., (2014). Depth refuge and the impacts of SCUBA spearfishing on coral reef fishes. *PLoS ONE*, **9**, 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092628>
- Loncke, L., Droz, L., Gaullier, V., Basile, C., Patriat, M., et Roest, W., (2009). Slope instabilities from echocharacter mapping along the French Guiana transform margin and Demerara abyssal plain. *Marine and Petroleum Geology*, **26**, 711-723.
- Loya, Y., Eyal, G., Treibitz, T., Lesser, M. P., et Appeldoorn, R., (2016). Theme section on mesophotic coral ecosystems: advances in knowledge and future perspectives. *Coral Reefs*, **35**, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00338-016-1410-7>
- Luiz, O. J., Madin, J. S., Robertson, D. R., Rocha, L. A., Wirtz, P., et Floeter, S. R., (2011). Ecological traits influencing range expansion across large oceanic dispersal barriers: Insights from tropical Atlantic reef fishes. *Proc. R. Soc. B*, **279**, 1033–1040.
- Luiz, O.J., Balboni, A. P., Kodja, G., Andrade, M., et Marum, H., (2009). Seasonal occurrences of *Manta birostris* (Chondrichthyes: Mobulidae) in southeastern Brazil. *Ichthyol. Res.*, **56**, 96-99.
- Madsen, P.T., Johnson, M., Aguilar de Soto, N., Zimmer, W.M.X., Tyack, P., (2005). Biosonar performance of foraging beaked whales (*Mesoplodon densirostris*), *The Journal of Experimental Biology*, **208**, 181-194.

- Mannocci, L., Monestiez, L., Bolaños-Jiménez, J., Doremus, G., Jérémie, S., Laran, S., Rinaldi, R., Van Canneyt, O., et Ridoux, V., (2013). Megavertebrate communities from two contrasting ecosystems in the Western tropical Atlantic. *Journal of Marine Systems*, **111-112**, 208-222.
- Martinez, L., Le Gall, R., Suardi, A., Geraldès D., Marzelière, M., Leclerc, B., Wyss, V., (2018). Programme de forage d'exploration – Permis Guyane Française, Etat initial de l'environnement marin, Suivi mensuel de la mégafaune (Janvier à Mai 2018). *Rapport final, Juillet 2018, Créocéan – Cohabys*, 66p.
- McConnell, R. H., L., (1962). The fishes of the British Guiana continental shelf, Atlantic coast of South America, with notes on their natural history. *J. Linnean Soc. London, zool.*, **44**, 669-700.
- MEDDE, (2012). Energies Marines Renouvelables. Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques. Version 2012. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.
- Menza, C., Kendall, M., et Hile, S., (2008). The deeper we go the less we know. *Revista de Biologia Tropical*, **56**, 11–24.
- Miloslavich P., Klein E., Díaz J.M., Hernández C.E., Bigatti G., Campos L., Artigas, F., Castillo, J., Penchaszadeh, P.E., Neill, P.E., Carranza, A., Retana, M.V., Díaz de Astarloa, J.M., (2011). Marine Biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: Knowledge and Gaps. *PLoS ONE* 6(1): e14631.
- Moguedet, P., Nérini, D., et Guéguen, F., (1994). Évaluation du volume et cartographie des captures accessoires de la pêche de crevettes pénéides en Guyane française. Contrat d'étude C.E.E. DG XIV. 92-3504. Rapport final. Rapp. IFREMER : 100 p.
- Moura, R. L., Amado-Filho, G. M., Moraes, F. C., Brasileiro, P. S., Salomon, P. S., Mahiques, M. M., et Thompson, F. L., (2016). An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances*, **2**, e1501252–e1501252. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501252>.
- Moura, R. L., Secchin, N. A., Amado-Filho G. M., Francini-Filho, R. B., Freitas, M. O., Minte-Vera, C. V., et Bastos, A. C., (2013). Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, **70**, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.04.036>
- Murray, J.W., (2006). *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*: Cambridge University Press : 426 p.
- Nemeth, R. S., (2005). Population characteristics of a recovering US Virgin Islands red hind spawning aggregation following protection. *Marine Ecology Progress Series*, **286**, 81–97.
- Nerini, D., (1994) Elaboration d'un protocole d'analyses de données pour une typologie des peuplements demersaux du plateau continental guyanais. Mémoire D.E.A Sciences de l'environnement marin Université Aix Marseille II, IFREMER.
- Nikiéma, O., et Bourret, A., (2004). Modélisation de la circulation côtière sur une marge continentale soumise à un apport fluvial important: application au cas du plateau guyanais. *Paper given at the international ECOLAB VII congress, Cayenne, French Guiana, 2004*.
- Nunes, L., Coutinho, J., Nunes, L.F., Rego, F.C., Lopes, D., (2011). Growth, soil properties and foliage chemical analysis comparison between pure and mixed stands of *Castanea sativa* Mill. And *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, in Northern Portugal. *Forest Systems*, **20(3)**, 496-507.
- OSPAR, (2009). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment Biodiversity Series.
- Oudot et al., (1981) Hydrocarbon weathering in seashore invertebrates and sediments over a two-year period following the Amoco Cadiz oil spill: Influence of microbial metabolism. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, **26(2)**, 93-110
- Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R., et Reynolds, J. D., (2005). Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, **308**, 1912-1915.
- Pickard, A. E., Vaudo, J. J., Wetherbee, B. M., Nemeth, R. S., Blondeau, J. B., Kadison, E. A., et Shivji M. S., (2016). Comparative Use of a Caribbean Mesophotic Coral Ecosystem and Association with Fish



Spawning Aggregations by Three Species of Shark. *PloS One*, **11**, e0151221. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151221>

Plot, V., de Thoisy, B., et Georges, J-Y., (2015). Dispersal and dive patterns during the post-nesting migration of olive ridley turtles from French Guian. *Endangered Species Research*, **26**, 221-234.

Poulard, J. C., et Blanchard, F., (2005). The impact of climate change on the fish community structure of the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, **62**, 1436-1443.

Purcell, J. E., (2005). Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **85**, 461-476.

Pusineri, C., Martinez, L., Samaran, F., Ridoux, V., (2014). Activités pétrolières et cétacés en Guyane : Etats des lieux, description des impacts, évaluation et préconisations. Rapport OSL et Université de La Rochelle : 119 p.

Puyo, J., (1949). Poissons de la Guyane française. Faune de l'Empire Français, XII, 280 p.

Renaud, H., (2004). Peuplements, traits écologiques et habitats de juvéniles (Poissons et Crustacés) sur les fonds du littoral guyanais. Rapport DEA UAG, N°2004-11 : 81 p.

Risgaard-Petersen, N., Langezaal, A. M., Ingvarsdén, S., Schmid, M. C., Jetten, M. S. M., Op Den Camp, H. J. M., Derksen, J.W.M., (...), et Van Der Zwaan, G. J., (2006). Evidence for complete denitrification in a benthic foraminifer. *Nature*, **443**, 93-96.

Roger, M., Cohen-Nabeiro, A., Lopez, R., Kelle, L., (2016). Profil d'écosystème de la Guyane Française – Région Amazonie Européenne. Union européennes Régions Ultra-périphériques et Pays et Territoires d'Outre-mer. BEST, contrat de service 07.0307.2013/666363/SER/B2, Commission Européenne, 167 p + 11 annexes.

Rosario-Marinho, I., Do, Artigas, L. F., Ternon, J. F., et Guiral, D., (2004). Distribution du phytoplancton et bactérioplancton en zone littorale et côtière équatoriale sous différentes conditions trophiques. Communication lors du congrès international ECOLAB VII, Cayenne, Guyane française.

Rossignol, M., (1979). Carte du plateau continental – éléments de l'écosystème. Atlas des départements français d'Outre-mer : La Guyane / réalisé par l'atelier commun CEGET – ORSTOM. **4**, 120 p.

RPS Energy, (2010). Marine Mammal observer's report during Guyane Maritime 3D/2D seismic survey. Prepared for Hardman Petroleum France SAS, 30 p.

Sadovy, Y., Colin, P. L., et Domeier M. L., (1994). Aggregation and Spawning in the Tiger Grouper, *Mycteroperca tigris* (Pisces: Serranidae). *Copeia*, **2**, 511–516. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1447001>

Suardi, A., Geraldès, D., Wyss, V., (2017). Rapport d'activité des observateurs de mammifères marins sur la campagne Guyane, 22 octobre-23 novembre. *Rapport Cohabys*, 103p.

Szarek, R., Nomaki, H., Shimanag, M., Kitazato, H., (2007). Living deep-sea benthic foraminifera from the warm and oxygen-depleted environment of the Sulu Sea. *Deep-Sea Research II*, **54**, 145-176.

Schuler, L., Lis, A., et Smith, T., (2012). Surveillance des Mammifères Marins, Tortues et Condrychtiens – Rapport Zone Est Guyane Française, 22p.

Shannon, C.E., (1948). A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, **27**, 379–423.

Slattery, M., et Lesser, M. P., (2012). Mesophotic coral reefs: a global model of community structure and function. In Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium: p. 5. Cairns, Australia: James Cook University, Queensland.

Stramma, L., et Schott, F., (1999). The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean. *Deep Sea Res Part II Top Stud Oceanogr* **46**, 279–303.

Suardi, A., Geraldès, D., Wyss, V., (2017). Rapport d'activité des Observateurs de Mammifères marins sur la campagne Guyane, Cohabys – ADERA – ULR, pour Créocéan – Total E&P Guyane Française : 106p.

- Takeda, M. et Okutani, T., (1983). Crustaceans and molluscs trawled of Suriname and French Guiana - JAMARC, Tokyo. 354 p.
- Ternon, J.F., Lefebvre, J.P., Guiral, D., (2001). Physical and chemical characterization of the French Guiana continental shelf: spatial distribution and temporal variability – Joint IAPSO/IABO Assembly: 2001 An Ocean Odyssey – 21-28 October 2001 – Mar del Plata – Argentina.
- Ternon, J.F., Lefebvre, J.P., Guiral, D., (2002). The influence of the Amazonian waters over the French Guiana continental shelf: the CHICO program. VI Workshop ECOLAB, 23-29 September 2002, Belém –PA, Brazil.
- Ternon, J.F., Baklouti, M., Astor, Y., Guiral, D., Marec, C., Fuda, J.L., and Nikiema, O., (2004). Observation of the distribution of physical and biogeochemical properties over the French Guiana continental shelf at two opposite seasons - 7ème workshop ECOLAB, décembre 2004, Cayenne (Guyane)
- Ternon, J.F., Baklouti, M., Astor, Y., Guiral, D., Marec, C., Fuda, J.L. & Nikiéma O., (2004). Observation of the distribution of physical and biogeochemical properties over the French Guianan continental shelf at two opposite seasons. *Paper given at the international ECOLAB VII congress, Cayenne, French Guiana, 2004.*
- Thurber AR, Sweetman AK, Narayanaswamy BE, Jones DOB, Ingels J, Hansman RL (2014) Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences* 11:3941–3963
- Ton, C., Magraoui, A., Blanchard, F., Baulier, L., Andre, H., Grigoletto, F., et Mansuy, E., (2016). Structure et dynamique de la biodiversité halieutique dans les eaux guyanaises - Projet STUDY - Rapport Final. R.INT.RBE/BIODIVHAL/2016-1 - Ref : 572/2014/BSF/CJ, Feder Présage n° 32042. <http://doi.org/10.13155/42239>
- Travers, M., Shin, Y. J., Jennings, S., et Cury, P., (2007). Towards end-to-end models for investigating the effects of climate and fishing in marine ecosystems. *Progress in Oceanography*, **75**, 751-770.
- Tronczynski, J., Munsch, C. and Mpoisan, K., (1999). Les contaminants qui laissent des traces : Sources, transport et devenir. *Programme scientifique Seine-Aval, Ah=gence de l'Eau Seine Normandie.*
- Turner, J. A., Babcock, R. C., Hovey, R., et Kendrick, G. A., (2017). Review Article Deep thinking: a systematic review of mesophotic coral ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx085>
- UICN France, MNHN, GEPOG, Kwata, Biotope, Hydreco et OSL, (2017). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitres de la Faune vertébrée de Guyane. Paris, France.
- UICN/MNHN, 2017. La liste rouge des espèces menacées en France – Faune vertébrée de Guyane, édition 2017, 36 p. [http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fascicule\\_liste-rouge-faune-verteebree-de-guyane.pdf](http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fascicule_liste-rouge-faune-verteebree-de-guyane.pdf)
- Van Canneyt, O., Certain, G., Doremus, G., et Ridoux, V., (2009). Distribution et abondance des Cétacés dans la zone économique exclusive de Guyane française par Observation aérienne, rapport CRMM- Agence des Aires Marines Protégées, 37 p.
- Vendeville, P., (1995). Reconnaissance des fonds de la bande littorale du plateau continental guyanais. Campagne de chalutage "Epaulard 94". Rapport Orstom., 111 p.
- Veron, J. E. N., (1995). Corals in space and time: the biogeography and evolution of the Scleractinia. Ithaca and London: Cornell University Press.
- Verneyre, L., Ho-Jean-Choy, M., Pons, S., Courtiade, P., Le Bigot, Y., Lecurieux, L., et Blum A., (2015). Le changement climatique en Guyane. 9pp. <http://www.guyane.ademe.fr/pdf/changement-climatique-guyane.pdf>
- Weimerskirch, H., Le Corre, M., Marsac, F., Barbraud, C., Tostain, O., et Chastel, O., (2006). Postbreeding movements of frigatebirds tracked with satellite telemetry. *Condor*, **108**, 220–225.
- Word, J.Q., (1990). The infaunal trophic index, a functional approach to benthic community analyses. PhD Thesis. *University of Washington*. 297p.

Yanko, V., Arnold, A., et Parker, W., (1999). Effects of marine pollution on benthic foraminifera. In: Sen Gupta, B.K. (Ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 217–235.

Zimmer, W.M.X., Johnson, MP., Madsen, P.T., Tyack, P.L., (2005). Echolocation clicks of free ranging Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*), *Journal of acoustic Society of America*, **117(6)**, 3918-3627

## 7. Annexes

### 7.1. Annexe 4.1 – le plancton

#### Annexe 4.1.1

**Liste des taxons du phytoplancton observés dans les échantillons de filet et d'eau avec indication de leur abondance relative ou absolue.**

- Les taxons en italique n'ont été observés que dans les échantillons d'eau.
- Les abondances relatives sont exprimées selon une cotation d'abondance de 1 à 5 : 1 = espèce observée une fois ; 2 = espèce présente, c'est-à-dire espèce observée plus d'une fois, mais moins de 10 fois; 3 = espèce fréquente, observée plus de 10 fois dans l'échantillon; 4 = espèce abondante, rencontrée dans une majorité des champs d'observation du microscope; 5 = espèce très abondante, observée dans tous les champs du microscope.
- Les abondances absolues (chiffres en italique) sont exprimées en nombre de cellules par litre.

#### Annexe 4.1.2

**Liste des taxons du zooplancton observés dans les échantillons de filet avec indication de leur abondance relative ou absolue.**

- Les abondances relatives ont été évaluées par un examen des traits de filets en chambre à plaque. Elles sont exprimées selon une cotation d'abondance de 1 à 5 : 1 = espèce observée une fois; 2 = espèce présente, c'est-à-dire espèce observée plus d'une fois, mais moins de 10 fois; 3 = espèce fréquente, observée plus de 10 fois dans l'échantillon; 4 = espèce abondante, rencontrée dans une majorité des champs d'observation du microscope; 5 = espèce très abondante, observée dans tous les champs du microscope.
- Les abondances absolues (chiffres en italique) ont été estimées par des comptages en cuve de Dolfus. Elles sont exprimées en nombre d'individus par m<sup>3</sup>

#### Annexe 4.1.3

**Résultats des dénombrements du phytoplancton (cellules par litre) dans les échantillons d'eau**

### 7.2. Annexe 4.2 – le sédiment

#### Annexe 4.2.1

**Description de l'aspect du sédiment.**

#### Annexe 4.2.2

**Granulométrie du sédiment**

#### Annexe 4.2.3

**Enrichissement du sédiment**

#### Annexe 4.2.4

**Contamination du sédiment**

### ANNEXE 4.1.1 - LISTE DES TAXONS DU PHYOPLANCTON

	S04		S39	S04	S04	S39	S39	2SE005		2SE005	3RSE005	3RSE005	PK1	PK2	PK3	PK4
	oct-17		oct-17	S1 oct-17	S2 oct-17	S1 oct-17	S2 oct-17	S1 oct-17		S2 oct-17	S1 oct-17	S2 oct-17	déc-17	déc-17	déc-17	déc-17
<b>DIATOMÉES</b>																
Asterionellopsis glacialis							251			183						
Bacillaria paradoxa													1			
Bacteriastrium delicatulum					247	329							1			
Cerataulina dentata															1	
Chaetoceros atlanticus	2		2										3	2	2	2
Chaetoceros coarctatus																
Chaetoceros decipiens				859			1315									
Chaetoceros elegans				307	495	263										
Chaetoceros lorenzianus	2		2		186	66	125									
Chaetoceros peruvianus				123	62								1	2		2
Chaetoceros sp.				736	1546	855	1754									
Climacodium frauenfeldianum	2												2	3	3	3
Corethron criophilum						66										
Coscinodiscus centralis																
Coscinodiscus cf concinnus	3												2	2	3	2
Coscinodiscus radiatus				61	62	263										
Coscinodiscus sp.	1			61												
Diploneis bombus														1		
Ditylum brightwelli	3		2		62	263	313									
Ethmodiscus appendiculatus						66							2	1		
Eucampia cornuta														2		
Guinardia cylindrus						263	2004			413			2	3		
Guinardia delicatula				2330	618											
Guinardia flaccida						329	251									
Guinardia striata				368	371		251			118						
Hemiaulus hauckii	2					461	188	61					2		2	2
Hemiaulus sinensis					309								2	2	2	
Lauderia annulata	5		5	7727	6370	10330	12904	787		366						
Leptocylindrus danicus					1484	1119	438									
Licmophora sp																
Lioloma sp							125	61		295	217			1		
Lithodesmium undulatum					247	132	313									
cf Minidiscus														1		
Mastogloia bigibba	1													1		
Mastogloia tenuis														2		
Mastogloia sp														1		
Nitzschia bicipitata							125	242		549	59	217		1		
Nitzschia seriata	3		3	1840	3711	3027	4009	242			295	2060				
Nitzschia ventricosa				61	62	66	125									
Nitzschia sp.				61												
Odontella cf aurita	1															
Odontella mobiliensis					62		63									
Odontella sinensis	5		5	123		395	188	61		61	59	54				
Pleurosigma sp	2													1		
Proboscia alata	2		2				313			61	177	108		4	4	3
Pseudosolenia calcar-avis														3	4	4
Rhizosolenia acuminata														1		
Rhizosolenia castracanei														1		
Rhizosolenia imbricata	1							121			59	54	3	3	3	3
Rhizosolenia setigera	1		2	61	62		63	121				54	2	3	2	3
Skeletonema costatum	3		2		309	3224								2	2	1
Stephanopyxis turis				61	186											
Thlassionema nitzschoides	4		4	2698	2721	1448	2255	2119		853		54				
Thalassiosira sp				429	309	395	1629									
Thalassiothrix frauenfeldii	4		4		186	724								2	2	2
<b>DINOFLAGELLÉS</b>																
Amphisolenia astragalus														1		
Amphisolenia bidentata														3	3	2
Amphisolenia globifera														1	1	
Amphisolenia palaeotheroides														3		
Amphisolenia schauinslandii															1	
Blepharocysta sp																1
Centrodinium biconicum														1		
Ceratocorys armata														1	1	



TOTAL E&P GUYANE FRANÇAISE  
PROGRAMME DE FORAGE D'EXPLORATION OFFSHORE, PERMIS GUYANE MARITIME, GUYANE FRANÇAISE  
ÉTAT INITIAL ENVIRONNEMENTAL

Ceratocorys horrida												2	3	2	2
Cladopyxis brachiolata													1		
Corythodinium tessellatum													2		1
Dinophysis argus													2	3	
Dinophysis cuneus												3	1	3	3
Dinophysis doryphorum												1	2	2	2
Dinophysis hastata												1	3	1	3
Dinophysis favus												3	3	1	
Dinophysis lineus												1			
Dinophysis cf porodyction												2			1
Dinophysis rapa												1			
Dinophysis schuettii												1			
Dinophysis sp				62	66		61					1			
Dissodinium elegans												1	1	2	2
Goniodoma sphaericum													1		
Gonyaulax birostris												1	2		
Gonyaulax brevisulcatum												1		2	
Gonyaulax brunii			123			63									
Gonyaulax diegensis												2	2		
Gonyaulax fusiformis												1	2	2	2
Gonyaulax kofoidii												2	3	2	
Gonyaulax polygramma												1			2
Gonyaulax sp.		1				63				59					
Gyrodinium sp.					132	188				354	108				
Heterocapsa triquetra		1	1778	1423	2040	1315	908	61		354					2
Heterodinium rigdenae												1			
Histioneis hippoperoides												2	4	3	3
Lingulodinium polyedra													2		3
Noctiluca scintillans						125				54					
Ornithocercus quadratus												3	4	5	3
Ornithocercus steinii												4	4	5	3
Ornithocercus thumii															2
Oxytoxum scolopax												1	2		1
Oxytoxum sp1										54				1	1
Oxytoxum sp2			61			63									1
Parahistioneis para													2		
Podolampas bipes				62								2	2	2	2
Podolampas elegans													2		
Podolampas palmipes													1	2	
Podolampas spinifera												2	3	2	2
Pronoctiluca sp		1													
Prorocentrum micans	2	2	61	186	66	63									
Prorocentrum rostratum		1													
Prorocentrum sp.					132										
Protoceratium spinulosum													1		1
Protoperidinium acutipes												2	3	3	3
Protoperidinium bispinum				186	132										
Protoperidinium conicum														3	
Protoperidinium corniculum			61									1	1	2	1
Protoperidinium elegans													1		
Protoperidinium grande														1	3
Protoperidinium heteracanthus															3
Protoperidinium nipponicum													1		3
Protoperidinium cf pacificum														1	
Protoperidinium solidicorne												1	2		
Protoperidinium subpyriforme													2		
Protoperidinium tenuissimum												1		2	1
Protoperidinium sp.							182								
Pyrocystis hamula												1	2		
Pyrocystis fusiformis													2	1	
Pyrocystis noctiluca	1	2										3	3		2
Pyrocystis robusta												2	2		
Pyrophacus horologium	1			66								3	4		3
Spiraulax jollifei												1			1
Triadinium polyedricum												3	5	5	4
Tripos azoricum												1	1		
Tripos belone													1		
Tripos biceps		1				125						2	2	3	2
Tripos breve												1		3	2
Tripos candelabrum												2	2	1	

TOTAL E&P GUYANE FRANÇAISE  
PROGRAMME DE FORAGE D'EXPLORATION OFFSHORE, PERMIS GUYANE MARITIME, GUYANE FRANÇAISE  
ÉTAT INITIAL ENVIRONNEMENTAL

Tripes carriense	1		2									1	2	2	1
Tripes cephalotus															1
Tripes contortum												4		3	1
Tripes contrarium													1		
Tripes declinatum												1			
Tripes declinatum var. angustifolium												1			
Tripes digitatum												1	1	1	
Tripes ehrenbergii														2	
Tripes euarquatum												1	2		1
Tripes falcatum												1			
Tripes falcatiforme												1			
Tripes furca				61									2		
Tripes fusus	2							61				2	4	4	2
Tripes geniculatum													2	1	
Tripes gravidum													1	1	
Tripes hexacanthus												1			
Tripes horridum												3			
Tripes humilis												1	2	1	
Tripes incisum													2		
Tripes limulus												2			
Tripes lineatum				61											
Tripes longissimus					132	63						2	1		
Tripes lunula													1		1
Tripes macroceros	2		2									2	3		
Tripes massiliense	1		2									3		2	
Tripes obesum														1	
Tripes paradoxides												2			
Tripes pentagonum												3	3	3	3
Tripes ranipes												2	1		
Tripes reflexum													2		
Tripes cf schrankii												1			
Tripes schroeteri													1		
Tripes symetricum												1			
Tripes teres												3	3	3	2
Tripes tripes												1	1	4	2
Tripes tripes var atlanticus												1	1		
Tripes tripes var pulchellum												1	2		3
Tripes vultur			2									3	2	3	3
<b>COCCOLITHOPHORACEES</b>															
Anoplosolenia brasiliensis						63						54			
Calciosolenia murrayi				123											
Coccolithus sp										590	108	1		1	
Discosphaera tubifera									61	118					
Emiliania huxleyi	2			491	495	1119	752	3693		3901	1710		1627		2
Gephyrocapsa oceanica	2		1	3434	3464	1579	2506	3874		3231	2594		1789		3
Syracosphaera sp						197	125	61		61	118			1	
<b>PRASINOPHYCEES</b>															
Pyramimonas sp.								121							
<b>CRYPTOPHYCEES</b>															
Cryptophycées indét.											59				
<b>CYANOBACTERIES</b>															
Oscillatoria sp			2									5	5	5	5
Richelia intracellularis	2									177		3	2	2	1
<b>EUGLENOPHYCEES</b>															
Euglena sp. 1				61							59				
<b>DICTYOCOPHYCEES</b>															
Dictyocha sp												1			

### ANNEXE 4.1.2 – LISTE DES TAXONS DU ZOOPLANCTON

	S04 28/10 ind./m <sup>3</sup>	S04 28/10 Abond. relative	S39 28/10 ind./m <sup>3</sup>	S39 28/10 Abond. relative	PK1 8/12 ind./m <sup>3</sup>	PK1 8/12 Abond. relative	PK2 8/12 ind./m <sup>3</sup>	PK2 8/12 Abond. relative	PK3 8/12 ind./m <sup>3</sup>	PK3 8/12 Abond. relative	PK4 8/12 ind./m <sup>3</sup>	PK4 8/12 Abond. relative
<b>Holoplancton</b>												
Foraminifères												
Globigerinoides						3		4		4		5
Tintinnides												
Amphorella								2		3		
Amphorellopsis								5				1
Codonella						3		2		3		2
Codonellopsis								3				1
Dictyocysta						2				5		2
Epiplocylis						2		5		5		1
Eutintinnus						3		1		3		1
Proplectella												1
Protorhabdonella						3						
Rhabdonella						4				3		3
Rhabdonellopsis						4						2
Salpingella										2		
Tintinnopsis												1
Undella						3						
Radiolaires												
Nassellaires								2				
Spumellaires						2						
Cnidaires												
Méduse			2			1			8			
Siphonophore (loge)	8	2	2		2				8			
Mollusques Thécosomes	5	1		3								
Creseis clava								1		1		
Chaetognathes	119	5	41	5			3	1	25	3	59	
Crustacés												
Copépodes	341	5	235	5	337	5	355		935	5	1031	
Calanidés						4						
Coryceidés						4						
Oncéidés						4						
Saphirinidés						3		2				
Sétellidés						4						
Cladocères												
Mysidacées		1			2							
Décapodes Sergestidés												
Belzebug chacei	30	4	19	3								
Prochordés												
Appendiculaires	3		29	2						4	15	
Salpes							3		58	2	119	
Doliolés	13	4	22	3	2	1						
<b>Méropplancton</b>												
Larves d'annélides												
Oligochètes								3				
Polychètes	3	1	2									1
Larves Gastéropodes					2	3		2		2		4
Larves Mollusques												
Larves D												
Larves Umbo										1		
Larves de crustacés												
Nauplius de Cirripèdes	55	3	2	2						1		
Zoé Brachyours	5	2	2	3						1		
Mégaloïpe Brachyours	3											
Larve Stomatopodes	3											
Larves Décapodes	20		36	1		1						
Œufs et larves de poissons	8	2	2	3								









### ANNEXE 4.1.3 – DENOMBREMENT DU PHYTOPLANCTON











<b>Comptages Phytoplancton Guyane</b>	S04 S1 28/10/17 Cel./l	S04 S2 28/10/17 Cel./l	S39 S1 28/10/17 Cel./l	S39 S2 28/10/17 Cel./l	2SE005 S1 31/10/17 Cel./l	2SE005 S2 31/10/17 Cel./l	3RSE005 S1 31/10/17 Cel./l	3RSE005 S2 31/10/17 Cel./l
<b>1. DIATOMÉES</b>								
Asterionellopsis glacialis				251		183		
Bacteriastrium delicatulum		247	329					
Chaetoceros decipiens	859			1315				
Chaetoceros elegans	307	495	263					
Chaetoceros lorenzianus		186	66	125				
Chateoceros peruvianus	123	62						
Chaetoceros sp.	736	1546	855	1754				
Corethron criophilum			66					
Coscinodiscus radiatus	61	62	263					
Coscinodiscus sp.	61							
Dytilum brightwelli		62	263	313				
cf Ethmodiscus			66					
Guinardia cylindrus			263	2004			413	
Guinardia delicatula	2330	618						
Guinardia flaccida			329	251				
Guinardia striata	368	371		251			118	
Hemiaulus hauckii			461	188	61			
Hemiaulus sinensis		309						
Lauderia annulata	7727	6370	10330	12904	787	366		
Leptocylindrus danicus		1484	1119	438				
Lioloma sp.				125	61		295	217
Lithodesmium undulatum		247	132	313				
Nitzschia bicapitata				125	242	549	59	217
Nitzschia seriata	1840	3711	3027	4009	242		295	2060
Nitzschia ventricosa	61	62	66	125				
Nitzschia sp.	61							
Odontella mobiliensis		62		63				
Odontella sinensis	123		395	188	61	61	59	54
Proboscia alata				313		61	177	108
Rhizosolenia imbricata					121		59	54
Rhizosolenia setigera	61	62		63	121			54
Skeletonema costatum		309	3224					
Stephanopyxis turis	61	186						
Thalassionema nitzschooides	2698	2721	1448	2255	2119	853		54
Thalassiosira sp.	429	309	395	1629				
Thalassiothrix frauenfeldii		186	724					
Diatomées indéterminées	245	1175	329	752	484	366	59	54
<b>2. DINOFLAGELLES</b>								
Ceratium biceps				125				
Ceratium furca	61							
Ceratium fusus						61		
Ceratium lineatum	61							
Ceratium macroceros			132	63				
Dinophysis sp		62	66		61			
Gonyaulax brunii	123			63				
Gonyaulax sp				63			59	
Gyrodinium sp.			132	188			354	108
Heterocapsa sp.	1778	1423	2040	1315	908	61	354	




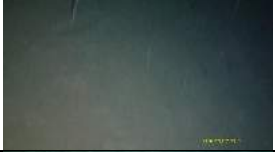









Comptages Guyane	S04 S1	S04 S2	S39 S1	S39 S2	2SE005 S1	2SE005 S2	3RSE005 S1	3RSE005 S2
	28/10/17 Cel./l	28/10/17 Cel./l	28/10/17 Cel./l	28/10/17 Cel./l	31/10/17 Cel./l	31/10/17 Cel./l	31/10/17 Cel./l	31/10/17 Cel./l
Oxytoxum sp1								54
Oxytoxum sp2	61			63				
Podolampas bipes		62						
Pronoctiluca scintillans				125				54
Prorocentrum micans	61	186	66	63				
Prorocentrum sp.			132					
Protoperidinium bispinum		186	132					
Protoperidinium cf corniculum	61							
Protoperidinium sp.					182			
Pyrophacus horologium			66					
Dinoflagellés indéterminées	3189	1546	2632	4761	3935	2987	2889	1247
<b>3. COCCOLITHOPHORACEES</b>								
Anoplosolenia brasiliensis				63				54
Calciosolenia murrayi	123							
Coccolithus sp.							590	108
Discosphaera tubifera						61	118	
Emiliania huxleyi	491	495	1119	752	3693	3901	1710	1627
Gephyrocapsa oceanica	3434	3464	1579	2506	3874	3231	2594	1789
Umbellosphaera tenuis			197	125	61	61	118	
Coccolithophoracées indet	184	186	132	125		61	118	54
<b>4. PRASINOPHYCEES</b>								
Pyramimons sp.					121			
<b>5. CRYPTOPHYCEES</b>								
Cryptophycées indéterminées							59	
<b>6. CYANOBACTÉRIES</b>								
Richelia intracellularis							177	
<b>7. EUGLENOPHYCEES</b>								
Euglena sp. 1	61						59	































### ANNEXE 4.2.1 - CARACTERISTIQUES VISUELLES DU SEDIMENT

Station	Prof. (USBL m)	Vue du sédiment dans le carottier	Vue du sédiment au fond	Cohésion / Compacité	Nature du sédiment superficiel	Odeur	Trace de fermentation	Trace d'huile	Déchet anthropique	Couleur du sédiment superficiel	Couleur du sédiment en profondeur	Stratification
S01	2082			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
S02	2063			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
S03	2056			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
S04	2047			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
S05	2074			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/1 Gris	2.5Y 5/1 Gris sombre	Non
S06	2052			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
S07	2067			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non




<b>S08</b>	2050			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/1 Gris	2.5Y 5/1 Gris sombre	Non
<b>S09</b>	2087			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/1 Gris	2.5Y 5/1 Gris sombre	Non
<b>S10</b>	1975			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S11</b>	2010			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S12</b>	2044			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/1 Gris	2.5Y 5/1 Gris sombre	Non
<b>S13</b>	2108			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/1 Gris	2.5Y 5/1 Gris sombre	Non
<b>S14</b>	2012			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non

<b>S15</b>	1918			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S16</b>	1957			Elevée	Fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/1 Gris	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S17</b>	2092			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S18</b>	2076			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S19</b>	1737			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/6 Lt. Brun-olive	5Y 3/2 Dk Gris olive	Non
<b>S20</b>	1974			Elevée	Fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S21</b>	1742			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/3 Brun-jaune	2.5Y 5/1 Gris	Non







<b>S22</b>	2124			Elevée	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S23</b>	1828			Elevée	Très fin	Non	Non	Non	Non	5Y 3/2 Dk Gris olive	5Y 3/2 Dk Gris olive	Non
<b>S24</b>	1740			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/6 Lt. Brun-olive	5Y 3/2 Dk Gris olive	Non
<b>S25</b>	1737			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/6 Lt. Brun-olive	5Y 3/2 Dk Gris olive	Non
<b>S26</b>	2237			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S27</b>	2239			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S28</b>	2104			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non

<b>S29</b>	1927			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/6 Lt. Brun-olive	5Y 3/2 Dk Gris olive	Non
<b>S30</b>	2379			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	5Y 4/1 Dk Gris sombre	Non
<b>S31</b>	2134			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-olive	2.5Y 5/1 Gris	Non
<b>S32</b>	2089			Faible	Fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-jaune	5Y 4/1 Dk Gris sombre	Non
<b>S33</b>	1752			Faible	Fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-jaune	5Y 4/1 Dk Gris sombre	Non
<b>S34</b>	1545			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/6 Lt. Brun-olive	5Y 3/2 Dk Gris olive	Non
<b>S35</b>	2259			Faible	Fin	Non	Oui	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-jaune	5Y 4/1 Dk Gris sombre	Non



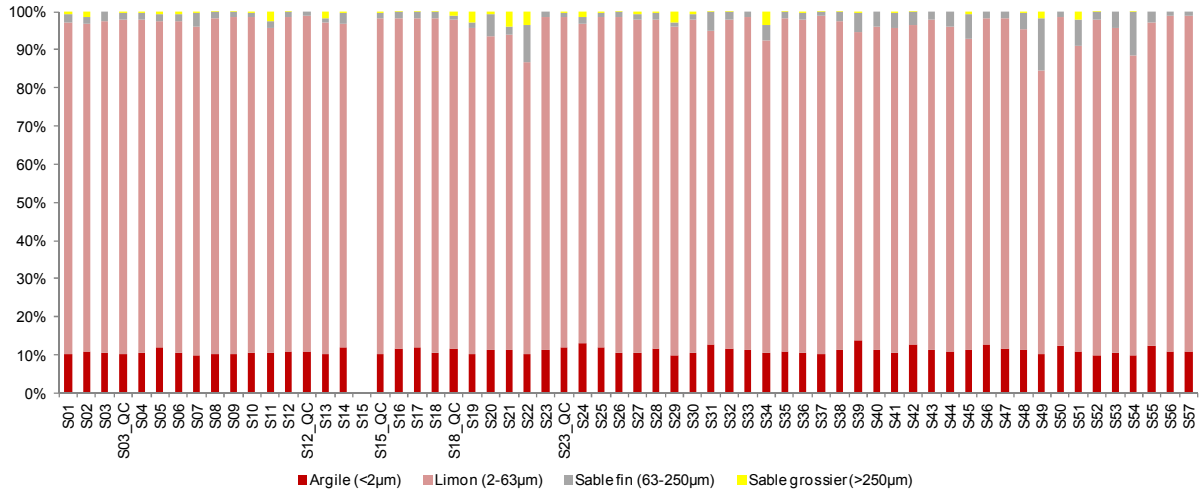
<b>S36</b>	2102			Faible	Fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-jaune	5Y 4/1 Dk Gris sombre	Non
<b>S37</b>	1927			Faible	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 6/4 Lt. Brun-jaune	5Y 4/1 Dk Gris sombre	Non
<b>S38</b>	2193			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 4/3 Brun-olive	5Y 4/2 Gris olive	Non
<b>S39</b>	2146			Moyenne	Très fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 4/3 Brun-olive	5Y 4/2 Gris olive	Non

Station	Profondeur (USBL m)	Vue du sédiment dans le carottier	Vue du sédiment au fond	Cohésion / Compacité	Nature du sédiment	Odeur	Trace de fermentation	Traces d'huile	Déchet anthropique	Couleur du sédiment superficiel	Couleur du sédiment en profondeur
2NW-005	1894			Faible	Vase	Non	Non	Non	Non	Gris brun 2.5Y 4/3	Gris brun 2.5Y 4/3
2NW-025	1871			Faible	Vase	Non	Non	Non	Non	Brun olive 2.5Y 5/3	Gris olive 5Y 5/2
2NW-200	1739			Moyenne	Vase/argile	Non	Non	Non	Non	Brun olive 2.5Y 5/3	Gris olive 5Y 5/2
2SE-025	1925			Faible	Vase	Non	Non	Non	Non	Gris brun 2.5Y 4/3	Gris brun 2.5Y 4/3
2SE-200	1893			Faible	Vase	Non	Non	Non	Non	Gris brun 2.5Y 4/3	Gris brun 2.5Y 4/3
3RNW-005	1755			Faible	Vase	Non	Non	Non	Oui	Brun olive 2.5Y 5/3	Gris olive 5Y 5/2

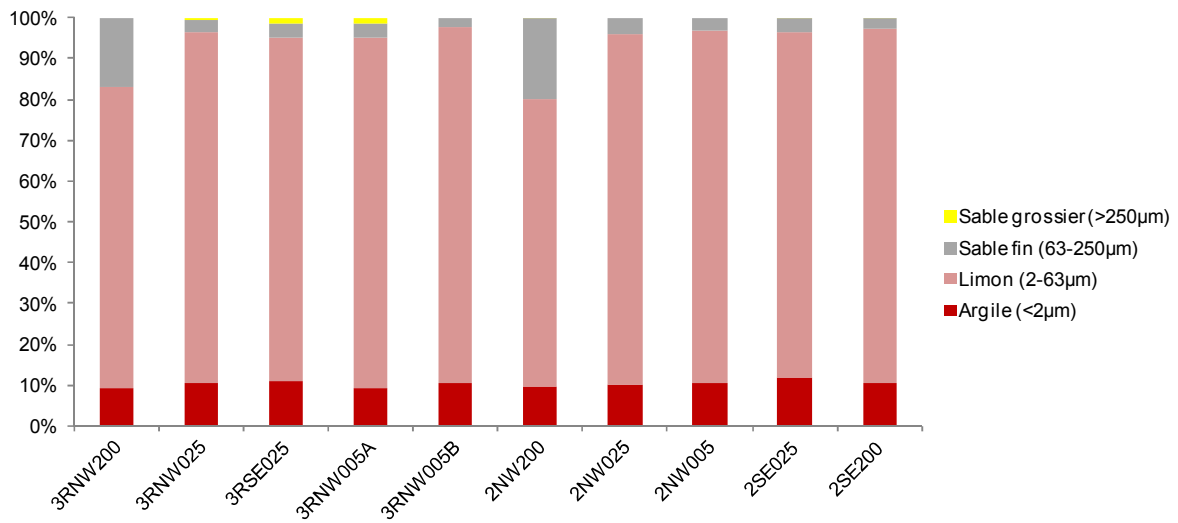
<b>3RNW-025</b>	1759			Faible	Fin	Oui	Oui	Non	Non	2.5Y 4.2 Dk. Gy. Brown	2.5Y 4/1 Gris sombre
<b>3RNW-200</b>	1661			Elevée	Fin	Non	Non	Non	Non	2.5Y 5/3 Lt. Brun olive	N5/ Gris
<b>3RSE-025</b>	1777			Faible	Vase	Non	Non	Non	Oui	Brun olive 2.5Y 5/3	Gris olive 5Y 5/2
<b>3RNE-005</b>	1777										

## ANNEXE 4.2.2 – COMPOSITION GRANULOMETRIQUE DES SEDIMENTS

### Nasua



### GMES



## ANNEXE 4.2.3 – TENEURS EN ELEMENTS NUTRITIFS ET ENRICHISSEMENT ORGANIQUE

### Nasua

	Carbone organique	Matières organiques	Azote Kjeldahl	Phosphore	Indice synthétique
	%	%	%	mg/kg	
S01	1,49	8,5	0,14	446	1
S02	1,51	9,3	0,32	418	1
S03	1,39	8,0	0,30	437	1
S04	1,44	8,2	0,15	438	1
S05	1,49	8,9	0,28	458	1
S06	1,41	8,5	0,26	418	1
S07	1,48	8,1	0,29	445	1
S08	1,31	7,7	0,34	423	1
S09	1,48	9,5	0,26	376	1
S10	2,07	7,8	0,26	430	1
S11	1,97	8,8	0,27	459	1
S12	1,50	8,4	0,16	373	1
S13	2,26	9,1	0,14	416	1
S14	1,17	7,5	0,29	437	1
S15	1,97	8,3	0,19	399	1
S16	1,17	8,4	0,21	390	1
S17	1,39	11,6	0,24	449	1
S18	1,36	8,7	0,25	403	1
S19	1,19	8,4	0,21	393	1
S20	1,09	8,0	0,19	387	1
S21	1,39	8,0	0,22	396	1
S22	1,75	9,1	0,15	322	1
S23	1,82	7,6	0,21	388	1
S24	1,51	6,4	0,21	362	1
S25	1,35	8,0	0,23	452	1
S26	1,55	9,0	0,28	443	1
S27	1,35	7,7	0,29	416	1
S28	1,53	9,4	0,20	439	1
S29	2,01	9,3	0,25	410	1
S30	1,01	7,5	0,27	418	1
S31	0,90	6,4	0,17	358	1
S32	1,75	7,7	0,25	390	1
S33	1,61	8,4	0,25	433	1
S34	1,76	8,3	0,27	365	1
S35	1,32	8,3	0,25	405	1
S36	1,43	8,2	1,27	405	3
S37	2,13	8,6	0,35	372	1
S38	1,20	7,0	0,22	388	1
S39	1,24	8,8	0,20	364	1
S40	1,03	9	0,17	357	1
S41	1,07	8,1	0,21	350	1
S42	0,88	7,6	0,15	364	1
S43	1,1	8,3	0,19	398	1
S44	1,05	7,4	0,17	347	1
S45	0,87	7,7	0,16	339	1
S46	0,91	9,3	0,18	356	1
S47	1,08	9,4	0,20	358	1
S48	0,72	7	0,12	318	1
S49	0,72	7	0,10	370	1
S50	1,17	8,5	0,20	365	1
S51	0,89	8,6	0,15	326	1
S52	1,22	8,7	0,20	407	1
S53	1,33	8,1	0,23	437	1
S54	0,96	6,5	0,33	350	1
S55	1,28	7,9	0,22	437	1
S56	1,37	8,7	0,26	382	1
S57	1,47	8,7	0,24	430	1

Indice	Valeurs de référence (Alzieu, 2003)				Enrichissement	Indice synthétique
0	<0,6		<0,6	<500	Nul	0
1	0,6 – 2,3		0,6 – 1,2	500 – 800	Faible	1-3
2	2,4 – 4,0		1,2 – 2,4	800 – 1200	Moyen	4-6
3	4,1 – 5,8		2,4 – 3,6	>1200	Fort	>6
4	>5,8		>3,6			



**GMES**

	Carbone organique %	Matières organiques %	Azote Kjeldahl %	Phosphore mg/kg	Indice synthétique
3RNW200	0,70	5,5	0,14	318	1
3RNW025	1,44	7,5	0,23	375	1
3RSE025	1,65	7,6	0,23	409	1
3RNW005A	1,65	7,8	<0,05	357	1
3RNW005B	1,42	7,8	0,23	453	1
2NW200	0,69	4,3	0,11	285	1
2NW025	0,32	6,9	0,26	409	0
2NW005	1,15	6,8	0,18	398	1
2SE025	1,52	6,9	0,23	429	1
2SE200	1,42	7,4	0,24	413	1

Indice	Valeurs de référence (Alzieu, 2003)			
0	<0,6		<0,6	<500
1	0,6 – 2,3		0,6 – 1,2	500 – 800
2	2,4 – 4,0		1,2 – 2,4	800 – 1200
3	4,1 – 5,8		2,4 – 3,6	>1200
4	>5,8		>3,6	

Enrichissement	Indice synthétique
Nul	0
Faible	1-3
Moyen	4-6
Fort	>6

### ANNEXE 4.2.4 – CONTAMINATION DES SEDIMENTS

Teneurs en éléments traces métalliques mesurées sur la zone NASUA. En gras : valeurs maximales. N1 et N2 : seuils définis par l'arrêté du 9 août 2006. BDF : bruit de fond défini par GEODE (1993) (ou OSPAR (2009) pour le vanadium).

	Aluminium	Antimoine	Argent	Arsenic	Baryum	Béryllium	Cadmium	Chrome	Cobalt	Cuivre	Etain	Fer	Manganèse	Molybdène	Nickel	Phosphore	Plomb	Sélénium	Thallium	Vanadium	Zinc	Mercur
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>N1</b>	-	-	-	25	-	-	1,2	90	-	45	-	-	-	-	37	-	100	-	-	-	276	0,4
<b>N2</b>	-	-	-	50	-	-	2,4	180	-	90	-	-	-	-	74	-	200	-	-	-	552	0,8
<b>BDF</b>	-	-	-	4,4	-	-	0,5	45	-	35	-	-	-	-	20	-	47	-	-	150	115	0,2
S01	19800	<1,00	<5,00	5,4	107	<1,00	<0,40	24,8	12	21,1	<5,00	31300	252	<1,00	24,2	446	19,8	<5,00	<4,95	40,1	65,6	<0,10
S02	20400	<1,16	<5,78	6,3	114	<1,16	<0,46	25,5	12,7	21,9	<5,78	33900	202	<1,16	25,7	418	19,1	<5,78	<5,78	41,7	70,3	<0,12
S03	17100	<1,00	<5,00	5,02	101	<1,00	<0,40	21	9,45	18,1	<5,00	29500	288	<1,00	20,7	437	18,2	<5,00	<4,96	35,1	61,3	<0,10
S03_QC	23100	<1,00	<5,00	6,12	126	<1,00	<0,40	25,1	12,3	21,1	<5,00	36700	291	<1,00	24,4	<b>472</b>	18,8	<5,00	<4,53	43,4	73,5	<0,10
S04	17200	<1,12	<5,60	5,92	103	<1,12	<0,45	23,1	11,5	19,6	<5,60	30000	276	<1,12	23	438	20,3	<5,60	<5,60	38	66,9	<0,11
S05	22800	<1,17	<5,84	6,57	126	<1,17	<0,47	<b>29,6</b>	13,9	24,4	<5,84	34400	262	<1,17	27,5	458	21,3	<5,84	<5,84	47,4	77,9	<0,12
S06	17500	<1,08	<5,42	5,31	110	<1,08	<0,43	21,7	10,1	18,9	<5,42	30900	259	<1,08	21,2	418	17,8	<5,42	<5,42	36,9	63,7	<0,11
S07	18400	<1,07	<5,34	6,1	110	<1,07	<0,43	24,5	12,3	21,2	<5,34	31800	232	<1,07	24,9	445	20,1	<5,34	<5,34	41,9	74	<0,11
S08	18100	<1,06	<5,30	5,16	111	<1,06	<0,42	22,3	10,3	19	6,95	30800	214	<1,06	21,3	423	17,4	<5,30	<5,30	36,4	63,8	<0,11
S09	18200	<1,02	<5,12	5,24	116	<1,02	<0,41	27,5	10,5	18,1	<b>142</b>	31200	213	<1,02	26,5	376	16,4	<5,12	<5,12	37,4	59,8	<0,10
S10	18100	<1,00	<5,00	5,03	110	<1,00	<0,40	22,4	10,2	19	<5,00	32600	317	<1,00	21,5	430	18,4	<5,00	<4,37	38,9	65	<0,10
S11	18600	<1,01	<5,03	5,26	122	<1,01	<0,40	22,3	12,2	17,9	<5,03	30200	221	<1,01	19,7	459	16,7	<5,03	<5,03	36,4	62,4	0,12
S12	16900	<1,00	<5,00	6,44	97,1	<1,00	<0,40	20,7	11,6	20,1	<5,00	32300	190	<b>1,11</b>	21,4	373	15	<5,00	<4,59	34,2	55,7	<0,10
S12_QC	17600	<1,00	<5,00	6,41	108	<1,00	<0,40	21,8	10	18,2	<5,00	30600	192	1,05	20,6	361	16,9	<5,00	<4,85	36,2	62,7	<0,10
S13	20100	<1,11	<5,53	5,46	102	<1,11	<0,44	21,7	12	20,8	<5,53	34300	243	<1,11	21,3	416	17,4	<5,53	<5,53	37	58,7	<0,11
S14	21400	<1,04	<5,21	6,42	106	<1,04	<0,42	23,7	15	20,5	<5,21	32800	247	<1,04	23,8	437	18,3	<5,21	<5,21	41,7	68	<0,10
S15																						
S15_QC	17600	<1,05	<5,23	5,71	104	<1,05	<0,42	22,1	9,84	17,9	<5,23	30900	241	<1,05	21,1	399	17	<5,23	<5,23	37,5	63,8	<0,10
S16	21100	<1,00	<5,00	7,57	111	<1,00	<0,40	27,4	<b>18,7</b>	<b>43</b>	<5,00	34200	211	<1,00	25,5	390	17,1	<5,00	<4,94	42,8	72,7	<0,10
S17	19000	<1,12	<5,61	5,34	112	<1,12	<0,45	23,7	12,8	22,5	<5,61	32500	309	<1,12	24,9	449	<b>22,2</b>	<5,61	<5,61	41,9	78,3	0,12
S18	17700	<1,04	<5,19	6,13	110	<1,04	<0,42	22,6	10,4	18,8	<5,19	31000	196	1,07	21,5	403	16,8	<5,19	<5,19	36,7	65,9	<0,10
S18_QC	18200	<1,04	<5,18	6,34	111	<1,04	<0,41	22,8	10,6	18,5	<5,18	32400	194	<1,04	21,3	341	16,4	<5,18	<5,18	38,2	66,6	<0,10
S19	17700	<1,02	<5,08	5,96	94	<1,02	<0,41	22,4	10,2	17,3	<5,08	32100	278	<1,02	21	393	17,4	<5,08	<5,08	40,1	64,4	<0,10
S20	17000	<1,00	<5,00	5,75	95,1	<1,00	<0,40	23,1	10,5	15,5	<5,00	34700	242	<1,00	18,5	387	15,1	<5,00	<4,93	39	61,2	<b>0,17</b>
S21	18000	<1,00	<5,00	6,33	98,1	<1,00	<0,40	23	10,2	16,9	<5,00	32500	220	<1,00	20,8	396	17,4	<5,00	<4,98	40,1	63,9	<0,10
S22	15900	<1,06	<5,28	6,46	66,8	<1,06	<0,42	24	15,4	15,5	<5,28	37600	189	<1,06	<b>31</b>	322	15,9	<5,28	<5,28	45	58	<0,11
S23	18700	<1,09	<5,44	6,92	101	<1,09	<0,44	24,9	12,3	20	<5,44	31100	189	<1,09	24,5	388	19	<5,44	<5,44	43,9	74	<0,11

TOTAL E&P GUYANE FRANÇAISE  
PROGRAMME DE FORAGE D'EXPLORATION OFFSHORE, PERMIS GUYANE MARITIME, GUYANE FRANÇAISE  
ÉTAT INITIAL ENVIRONNEMENTAL

S23_QC	18400	<1,09	<5,44	6,57	104	<1,09	<0,44	23,1	10,6	18,4	<5,44	31800	179	<1,09	21,7	372	17,6	<5,44	<5,44	40,7	69,5	<0,11
S24	18900	<1,11	<5,57	7,76	101	<1,11	<0,45	27,3	12,9	20,1	<5,57	33200	208	<1,11	25,2	362	17,8	<5,57	<5,57	45,4	76	<0,11
S25	23400	<1,12	<5,59	7,26	115	<1,12	<0,45	28,8	14,5	23,3	<5,59	36300	231	<1,12	27,9	452	21,4	<5,59	<5,59	<b>52,4</b>	<b>81,1</b>	<0,11
S26	23300	<1,00	<5,00	5,91	132	<1,00	<0,40	25,7	12	22,1	<5,00	37600	247	<1,00	25,3	443	19,3	<5,00	<4,95	46,8	78,8	<0,10
S27	23200	<1,00	<5,00	5,65	130	<1,00	<0,40	25,6	12	21,2	<5,00	36200	224	<1,00	24,8	416	19	<5,00	<4,66	45,1	73,7	<0,10
S28	20700	<1,00	<5,00	5,53	112	<1,00	<0,40	26	13,9	21,8	<5,00	32500	216	<1,00	25,2	439	19,3	<5,00	<4,82	43,1	70,2	<0,10
S29	18100	<1,04	<5,20	6,05	110	<1,04	<0,42	22,8	10,2	19,7	<5,20	31300	201	<1,04	21,7	410	17,6	<5,20	<5,20	39,2	66,9	<0,10
S30	20900	<1,09	<5,43	5,82	117	<1,09	<0,43	25,1	13,5	22,7	<5,43	35600	241	<1,09	23,5	418	18,4	<5,43	<5,43	41,6	67,8	<0,11
S31	20600	<1,00	<5,00	5,61	97,3	<1,00	<0,40	24,8	11,2	17,6	<5,00	37500	217	<1,00	21,2	358	16,9	<5,00	<4,92	43,9	67,1	<0,10
S32	16700	<1,05	<5,25	5,4	107	<1,05	<0,42	22,9	11,9	20,4	<5,25	30800	201	<1,05	23,8	390	20,1	<5,25	<5,25	38	70,6	<0,11
S33	22200	<1,08	<5,42	7,2	135	<1,08	<0,43	27,1	11,4	18,2	<5,42	35800	235	<1,08	24,3	433	18,1	<5,42	<5,42	44,3	71,4	<0,11
S34	16700	<1,00	<5,00	5,87	80,3	<1,00	<0,40	22,8	9,86	15,7	<5,00	32100	180	<1,00	20	365	15,9	<5,00	<4,95	38,7	62,2	<0,10
S35	20300	<1,03	<5,15	5,96	114	<1,03	<0,41	24,9	13,2	22,1	<5,15	34500	229	<1,03	23	405	18,4	<5,15	<5,15	43	66,6	<0,10
S36	18400	<1,00	<5,00	5,52	114	<1,00	<0,40	23,1	10,5	18	8,14	30400	231	<1,00	20,7	405	16,4	<5,00	<4,66	38,4	59,7	<0,10
S37	17700	<1,03	<5,17	6,51	106	<1,03	<0,41	22,3	9,98	18,1	<5,17	31300	182	<1,03	21,1	372	16,3	<5,17	<5,17	36,7	63,9	<0,10
S38	17800	<1,03	<5,17	4,98	100	<1,03	<0,41	23,6	12	19,9	<5,17	31100	273	<1,03	23,5	388	19,3	<5,17	<5,17	42,2	69,9	<0,10
S39	16600	<1,06	<5,28	4,56	90,1	<1,06	<0,42	23,4	11,4	17,9	<5,28	31300	225	<1,06	21,6	364	17,3	<5,28	<5,28	40,1	66,2	<0,11
S40	15600	<1,00	<5,01	5,28	81	<1,00	0,49	21,1	13,1	17,8	<5,01	30400	237	<1,00	18,9	357	18,7	<5,01	<5,01	38,4	62,3	0,12
S41	14200	<1,05	<5,23	5,09	79,2	<1,05	<0,42	19,3	9,54	15,5	<5,23	31800	308	<1,05	18,1	350	16	<5,23	<5,23	33,5	54,7	0,11
S42	17600	<1,00	<5,00	5,97	89,6	<1,00	<0,40	22,9	11,5	14,8	<5,00	30300	<b>387</b>	<1,00	20	364	16,2	<5,00	<4,94	39	63,6	<0,10
S43	17000	<1,00	<5,00	6,01	103	<1,00	<0,40	22	13,8	18,9	<5,00	31900	301	<1,00	21,4	398	19,1	<5,00	<4,77	39,7	64,6	<0,10
S44	15700	<1,03	<5,17	4,92	<b>200</b>	<1,03	<0,41	22,3	13,5	16,8	<5,17	31600	205	<1,03	19,3	347	17	<5,17	<5,17	37	60,7	<0,10
S45	15600	<1,00	<5,00	6,83	71,8	<1,00	0,44	22,2	13,7	16,6	<5,00	34300	209	<1,00	17,9	339	16,9	<5,00	<4,56	44,1	58,3	<0,10
S46	17100	<1,11	<5,56	5,49	88,1	<1,11	<0,44	20,9	9,3	16	<5,56	28300	231	<1,11	19,9	356	15,9	<5,56	<5,56	37,9	60,4	<0,11
S47	18700	<1,02	<5,10	4,39	108	<1,02	<0,41	22,4	11,9	19,1	<5,10	30600	244	<1,02	19,9	358	17,7	<5,10	<5,10	40	67	<0,10
S48	15500	<1,04	<5,18	5,13	71,1	<1,04	<0,41	18,4	7,86	13,5	<5,18	26600	220	<1,04	17,1	318	11,4	<5,18	<5,18	35,3	52,1	<0,10
S49	17000	<1,00	<5,00	<b>12,4</b>	81,3	<1,00	<0,40	26,8	16,4	14	<5,00	<b>51400</b>	223	<1,00	18,5	370	17	<5,00	<4,45	<b>56,1</b>	64,1	<0,10
S50	<b>24100</b>	<1,00	<5,00	8,47	118	<1,00	0,42	24,7	15,1	21,7	<5,00	33800	223	<1,00	23,7	365	17,8	<5,00	<4,72	45,5	72,6	<0,10
S51	14500	<1,00	<5,00	6,87	76,4	<1,00	<0,40	22	14,3	14,8	<5,00	37400	196	<1,00	17,9	326	14,7	<5,00	<4,40	45,3	56,9	<0,10
S52	19800	<1,00	<5,00	5,56	107	<1,00	<0,40	29	14,3	22	<5,00	31400	272	<1,00	22,2	407	19,4	<5,00	<4,87	41,7	69,8	<0,10
S53	19700	<1,13	<5,67	5,36	90,2	<1,13	<0,45	24,3	11,1	20,3	<5,67	29600	224	<1,13	21,1	437	18,5	<5,67	<5,67	38,8	70,9	<0,11
S54	14100	<1,00	<5,00	7,25	49,4	<1,00	<0,40	19,2	7,91	11,1	<5,00	24800	167	<1,00	16,7	350	10,8	<5,00	<4,97	29,5	54,8	<0,10
S55	18200	<1,07	<5,33	6,94	169	<1,07	<0,43	25,4	11,3	15,3	<5,33	30400	220	<1,07	21,9	437	15,3	<5,33	<5,33	40,1	69,1	<0,11
S56	17100	<1,00	<5,00	6,99	95,6	<1,00	<0,40	23,9	13,7	18,4	<5,00	31100	184	<1,00	21,4	382	18	<5,00	<4,54	41,8	65,1	<0,10
S57	18100	<1,00	<5,02	7,39	98,1	<1,00	<0,40	24,4	14,6	19,5	<5,02	31300	213	<1,00	23,5	430	19,8	<5,02	<5,02	43,5	71,2	0,15



**Teneurs en éléments traces métalliques mesurées sur la zone GM-ES. En gras : valeurs maximales. N1 et N2 : seuils définis par l'arrêté du 9 août 2006.**

	Aluminium	Antimoine	Argent	Arsenic	Baryum	Béryllium	Cadmium	Chrome	Cobalt	Cuivre	Etain	Fer	Manganèse	Molybdène	Nickel	Phosphore	Plomb	Sélénium	Thallium	Vanadium	Zinc	Mercur
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>N1</b>	-	-	-	25	-	-	1,2	90	-	45	-	-	-	-	37	-	100	-	-	-	276	0,4
<b>N2</b>	-	-	-	50	-	-	2,4	180	-	90	-	-	-	-	74	-	200	-	-	-	552	0,8
<b>BDF</b>	-	-	-	4,4	-	-	0,5	45	-	35	-	-	-	-	20	-	47	-	-	-	115	0,2
3RNW200	12900	<1,00	<5,00	4,43	414	<1,00	<0,40	19,6	9,65	11,8	<5,00	24800	156	<1,00	17,3	318	12,9	<5,00	<4,56	32,9	58	<0,10
3RNW025	17200	<1,00	<5,00	5,83	717	<1,00	<0,40	22,4	9,75	17,3	<5,00	30500	161	<1,00	20,5	375	15,9	<5,00	<4,97	38,1	63,8	<0,10
3RSE025	<b>20500</b>	<1,03	<5,17	7,54	660	<1,03	<0,41	28,3	10,6	17,9	<5,17	<b>33600</b>	174	<1,03	24	409	15,8	<5,17	<5,17	<b>42</b>	69,4	<0,10
3RNW005A	12800	<1,00	<5,00	<b>8,19</b>	459	<1,00	<0,40	17,8	8,3	16,7	<5,00	24300	140	<b>4,7</b>	17,1	357	14,7	<5,00	<4,42	32,3	55,7	<0,10
3RNW005B	19000	<1,05	<5,26	7,56	780	<1,05	<0,42	25,4	<b>14,5</b>	18,8	<5,26	30200	<b>255</b>	1,58	21,8	<b>453</b>	17,2	<5,26	<5,26	41,9	67,9	<0,11
2NW200	11800	<1,00	<5,00	4,75	176	<1,00	<0,40	19,8	11,2	10,7	<5,00	27500	149	<1,00	14,7	285	12,3	<5,00	<4,56	33,3	54,1	<0,10
2NW025	16600	<1,00	<5,00	6,69	837	<1,00	<0,40	<b>28,7</b>	12,1	17,4	<5,00	29500	192	<1,00	21,8	409	16,6	<5,00	<4,60	38	67	<0,10
2NW005	16100	<1,00	<5,00	6,31	<b>1470</b>	<1,00	<0,40	21,4	11,4	14,9	<5,00	27300	207	<1,00	19,7	398	13,7	<5,00	<4,81	34,6	62,4	<0,10
2SE025	16800	<1,01	<5,04	6,63	790	<1,01	<b>0,47</b>	24,7	14,3	<b>20,8</b>	<5,04	29300	194	<1,01	21,8	429	<b>56,4</b>	<5,04	<5,04	38,9	<b>121</b>	<0,10
2SE200	17300	<1,00	<5,01	5,91	130	<1,00	<0,40	23,9	14,2	20,1	<5,01	30900	192	<1,00	<b>22,4</b>	413	18,8	<5,01	<5,01	40,1	71,1	<0,10



**Teneurs en HAP mesurées sur la zone NASUA. En gras : valeurs maximales. N1 et N2 : seuils définis par l'arrêté du 9 août 2006.**

	Naphtalène	Acénaphtylène	Acénaphène	Fluorène	Phénanthrène	Anthracène	Fluoranthène	Pyrène	Benzo (a) anthracène	Chrysène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Dibenzo (a,h) anthracène	Benzo (g,h,i) périlène	Indéno (1,2,3-cd) pyrène
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
<b>N1</b>	160	40	15	20	240	85	600	500	260	380	400	200	430	60	1700	1700
<b>N2</b>	1130	340	260	280	870	590	2850	1500	930	1590	900	400	1015	160	5650	5650
S01	7,2	<3	<b>4,9</b>	11	18	<3	7,5	6,3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
S02	5,7	<3	<3	4	9,2	<3	5,4	6,5	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
S03	5,6	<2,7	<2,7	3,3	8,8	<2,7	4,3	4	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S03_QC	3,8	<2,5	<2,5	<2,5	5,3	<2,5	2,9	<2,5	3	3,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S04	7,6	<2,8	<2,8	5,5	12	<2,8	7,2	6,9	<2,8	<2,8	3,3	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8
S05	6,2	<3,3	<3,3	3,3	10	<3,3	7,1	5,9	3,3	3,6	3,3	<3,3	<3,3	<3,3	<3,3	<3,3
S06	4,1	<2,8	<2,8	<2,8	4,3	<2,8	3	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8
S07	9,3	<2,4	3	6,6	10	<2,4	4,5	3,8	<2,4	<2,4	<2,8	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
S08	3,6	<2,7	<2,7	<2,7	3,3	<2,7	<2,7	<2,7	3,8	3,3	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S09	3,7	<2,5	<2,5	5,3	9	<2,5	4,4	3,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S10	5,8	<2,4	4,5	11	21	<b>4,6</b>	12	11	4,6	4	7	<2,4	3,1	<2,4	3,6	<2,4
S11	6,7	5,6	<2,7	6,1	40	<2,7	25	16	8,4	10	12	3,7	9,7	<2,7	8,2	6,3
S12	3,7	<2,5	<2,5	3,3	7,6	<2,5	3,4	2,7	6,3	4,4	3	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S12_QC	5,2	<2,6	<2,6	5,2	9,7	<2,6	3,8	3,3	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S13	3,3	<2,7	<2,7	<2,7	7,5	<2,7	7,9	6,4	<2,7	<2,7	5,2	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S14	11	<2,9	2,9	6,4	13	<2,9	6,7	5,1	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9
S15																
S15_QC	5,5	<2,5	2,9	8	17	4,2	7,2	5,1	3,4	4	2,9	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S16	3,5	<2,6	<2,6	2,6	5,4	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S17	7,4	<2,7	<2,7	5,6	15	<2,7	11	9	2,7	6,6	5,6	<2,7	2,8	<2,7	4,4	3
S18	6,8	<2,7	<b>5,7</b>	<b>14</b>	26	4,4	6,2	5,2	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S18_QC	5,7	<2,7	<2,7	3,4	7,9	<2,7	4	3,5	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S19	7	<2,6	2,7	6,5	12	<2,6	4,1	3,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S20	6,5	3,9	<2,6	6	35	<2,6	12	8,1	3,6	4,8	6,6	<2,6	4	<2,6	3,9	3,4
S21	4,6	<2,5	<2,5	6,2	12	<2,5	3,7	2,9	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S22	6,9	<2,8	4,8	12	26	3,7	7,9	8,1	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8
S23	5,2	<2,5	<2,5	3,2	6,6	3,6	3,2	3,2	<2,5	<2,5	3,1	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S24	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	4,3	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S25	7,7	<3	3	4,8	18	<3	15	<b>12</b>	5,3	4,5	7,4	<3	3,3	<3	<3	<3
S26	3,9	<2,4	<2,4	4,8	9,4	<2,4	4,5	3,6	<2,4	<2,4	6,3	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
S27	3,8	<2,7	<2,7	<2,7	4,3	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	4,3	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S28	9,9	<2,8	<2,8	3,9	8,5	<2,8	3,8	3,2	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8	<2,8
S29	6,3	<2,6	4	10	17	3,7	6,8	5,5	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S30	3,1	<2,6	<2,6	<2,6	4,7	<2,6	3,9	3,5	<2,6	<2,6	3,1	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S31	3,9	<2,5	<2,5	<2,5	5,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S32	5,8	<2,9	<2,9	<2,9	5	<2,9	3,1	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9

TOTAL E&P GUYANE FRANÇAISE  
PROGRAMME DE FORAGE D'EXPLORATION OFFSHORE, PERMIS GUYANE MARITIME, GUYANE FRANÇAISE  
ÉTAT INITIAL ENVIRONNEMENTAL

S33	12	<2,6	2,8	5	8,8	<2,6	3,4	3,1	4,4	3,7	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S34	4,7	<2,4	<2,4	5,1	8,6	<2,4	3,1	2,6	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
S35	3,5	<2,7	<2,7	3,1	5,1	<2,7	6,9	4,7	<2,7	<2,7	9	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S36	5,4	<2,4	<2,4	2,6	5,5	<2,4	3,2	3	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
S37	4,8	<2,6	3,2	7,9	13	<2,6	4,2	3,2	3,6	3,1	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S38	<2,6	<2,6	4,7	11	16	2,6	4,4	4	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S39	5,5	<2,9	<2,9	3,2	6,7	<2,9	4,1	3,2	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9
S40	6	3,5	<2,6	3,3	17	<2,6	11	9,2	3,6	4	6,6	<2,6	4,2	<2,6	4,3	3,5
S41	6,8	<2,5	<2,5	3,4	12	<2,5	4,8	4,6	<2,5	<2,5	3,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S42	5,2	3,2	<2,6	2,6	8,7	<2,6	8,3	6,9	4	5,2	6,4	<2,6	4,5	<2,6	5,3	3,4
S43	8	<2,7	<2,7	2,8	5,3	<2,7	<2,7	3,2	<2,7	<2,7	3,4	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S44	5,4	3,6	<2,5	3,9	18	<2,5	8,9	6,2	<2,5	<2,5	4	<2,5	2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S45	8,6	<2,4	<2,4	2,9	7,8	<2,4	11	14	8	10	8,8	6,2	7	<2,4	9,2	4,3
S46	5,6	3,1	<2,7	<2,7	6,1	<2,7	3,9	3,3	<2,7	<2,7	3,1	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7
S47	5,1	<2,6	<2,6	<2,6	6,2	<2,6	3,5	3	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S48	7,5	<2,6	<2,6	<2,6	4,5	<2,6	<2,6	2,9	<2,6	<2,6	3,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S49	7,2	3,6	<2,5	4,3	10	<2,5	9,6	8,4	4,7	5,3	7	<2,5	5,6	<2,5	5,3	3,8
S50	8,4	<2,5	<2,5	2,8	6	<2,5	7,9	11	5,1	6,6	9,8	4,1	6,5	<2,5	8,4	3,9
S51	5,4	<2,5	<2,5	3,4	6,9	<2,5	3	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S52	4,4	<2,5	<2,5	<2,5	3,6	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
S53	6,3	3,1	<2,7	4,2	11	<2,7	12	9,4	6,1	7,6	8,2	<2,7	5,2	<2,7	4,6	4,4
S54	7,2	<2,6	<2,6	4,2	4	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	2,8	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S55	5,1	<2,6	<2,6	2,7	4,8	<2,6	2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S56	6	<2,6	<2,6	3,3	9,8	<2,6	6,1	3,7	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
S57	6,4	<2,5	<2,5	5,4	39	<2,5	16	8	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5

**Teneurs en HAP mesurées sur la zone GM-ES. En gras : valeurs maximales. N1 et N2 : seuils définis par l'arrêté du 9 août 2006.**

	Naphtalène	Acénaphthylène	Acénaphthène	Fluorène	Phénanthrène	Anthracène	Fluoranthène	Pyrène	Benzo (a) anthracène	Chrysène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Dibenzo (a,h) anthracène	Benzo (g,h,i) périlène	Indéno (1,2,3-cd) pyrène
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
<b>N1</b>	<b>160</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>240</b>	<b>85</b>	<b>600</b>	<b>500</b>	<b>260</b>	<b>380</b>	<b>400</b>	<b>200</b>	<b>430</b>	<b>60</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>
<b>N2</b>	<b>1130</b>	<b>340</b>	<b>260</b>	<b>280</b>	<b>870</b>	<b>590</b>	<b>2850</b>	<b>1500</b>	<b>930</b>	<b>1590</b>	<b>900</b>	<b>400</b>	<b>1015</b>	<b>160</b>	<b>5650</b>	<b>5650</b>
3RNW200	5,9	<2,4	<2,4	4,5	7	<2,4	2,7	2,5	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
3RNW025	4,6	<2,4	2,9	6,6	12	2,4	4,1	3,5	3,9	3,8	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
3RSE025	6,9	<2,6	2,6	5,5	8,3	<2,6	4	3,3	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
3RNW005A	<b>14</b>	2,5	<2,3	4,3	9	<b>7,4</b>	8,4	7,9	4,1	5,4	5,7	<b>5,9</b>	<b>4,9</b>	<2,3	<b>5,2</b>	<b>3,5</b>
3RNW005B	8,8	<2,6	<2,6	3,9	7,4	<2,6	6,2	4,4	<2,6	<2,6	3,5	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
2NW200	6,2	2,8	<2,3	3,1	6,3	<2,3	2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3
2NW025	7,4	<2,3	<2,3	3,4	15	<2,3	12	7,7	<2,3	2,8	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3
2NW005	8,5	<2,5	<2,5	3,4	6	<2,5	3,1	3,6	<2,5	<2,5	3,1	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
2SE025	8,5	3,4	2,7	<b>10</b>	<b>220</b>	<2,5	<b>290</b>	<b>130</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>8,2</b>	2,8	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
2SE200	6,6	<2,5	<2,5	2,9	24	<2,5	12	7,5	3,5	4,7	3	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5

**Teneurs en hydrocarbures totaux (aromatiques + aliphatiques) mesurées sur la zone NASUA.**

	Aliphatiques & Aromatiques
	mg/kg
S01	<20,0
S02	<20,0
S03	<20,0
S03_QC	<20,0
S04	<20,0
S05	<20,0
S06	<11,6
S07	<20,0
S08	<10,5
S09	<20,0
S10	<10,0
S11	<10,0
S12	<20,0
S12_QC	<20,0
S13	<12,6
S14	<10,8
S15	
S15_QC	<12,7
S16	<10,0
S17	<10,2
S18	<10,3
S18_QC	<10,0
S19	<12,6
S20	<10,0
S21	<10,0
S22	<10,0
S23	<10,0
S23_QC	<20,0
S24	<10,0
S25	<10,0
S26	<11,3

	Aliphatiques & Aromatiques
	mg/kg
S27	<10,2
S28	<10,6
S29	<10,0
S30	<10,7
S31	<10,0
S32	<10,0
S33	<10,0
S34	<10,0
S35	<10,7
S36	<55,9
S37	<20,0
S38	<10,0
S39	<10,0
S40	<10,0
S41	<10,0
S42	<10,0
S43	<10,0
S44	<10,9
S45	<10,7
S46	<10,0
S47	<10,0
S48	<10,0
S49	<10,0
S50	<10,0
S51	<10,0
S52	<10,0
S53	<10,0
S54	<10,0
S55	<10,0
S56	<10,0
S57	<10,0

**Teneurs en hydrocarbures totaux (aromatiques + aliphatiques) mesurées sur la zone GM-ES.**

	Aliphatiques & Aromatiques
	mg/kg
3RNW200	<10,0
3RNW025	24,3
3RSE025	199
3RNW005A	2070
3RNW005B	102
2NW200	<10,0
2NW025	<10,0
2NW005	<10,0
2SE025	<10,0
2SE200	<10,0

**Teneurs en hydrocarbures totaux (aromatiques + aliphatiques) mesurées sur la zone NASUA**

	Aliphatiques & Aromatiques
	mg/kg
S01	<20,0
S02	<20,0
S03	<20,0
S03_QC	<20,0
S04	<20,0
S05	<20,0
S06	<11,6
S07	<20,0
S08	<10,5
S09	<20,0
S10	<10,0
S11	<10,0
S12	<20,0
S12_QC	<20,0
S13	<12,6
S14	<10,8
S15	
S15_QC	<12,7
S16	<10,0
S17	<10,2
S18	<10,3
S18_QC	<10,0
S19	<12,6
S20	<10,0
S21	<10,0
S22	<10,0
S23	<10,0
S23_QC	<20,0
S24	<10,0
S25	<10,0
S26	<11,3

	Aliphatiques & Aromatiques
	mg/kg
S27	<10,2
S28	<10,6
S29	<10,0
S30	<10,7
S31	<10,0
S32	<10,0
S33	<10,0
S34	<10,0
S35	<10,7
S36	<55,9
S37	<20,0
S38	<10,0
S39	<10,0
S40	<10,0
S41	<10,0
S42	<10,0
S43	<10,0
S44	<10,9
S45	<10,7
S46	<10,0
S47	<10,0
S48	<10,0
S49	<10,0
S50	<10,0
S51	<10,0
S52	<10,0
S53	<10,0
S54	<10,0
S55	<10,0
S56	<10,0
S57	<10,0

**Teneurs en hydrocarbures totaux (aromatiques + aliphatiques) mesurées sur la zone GM-ES.**

	Aliphatiques & Aromatiques
	mg/kg
3RNW200	<10,0
3RNW025	24,3
3RSE025	199
3RNW005A	2070
3RNW005B	102
2NW200	<10,0
2NW025	<10,0
2NW005	<10,0
2SE025	<10,0
2SE200	<10,0



