



Réaménagement du Port de la commune de Saint-Leu

Étude d'impact

TABLE DES MATIERES

1 Résumé non technique.....	22
1.1 État initial	22
1.1.1 Situation géographique et contexte du projet	22
1.1.2 Milieu physique	24
1.1.3 Milieu continental.....	24
1.1.4 Milieu marin	24
1.1.5 Milieu humain	27
1.1.6 Contexte réglementaire.....	28
1.1.7 Synthèse des enjeux environnementaux	30
1.2 Justification du choix du projet	33
1.2.1 Présentation du parti d'aménagement terrestre	33
1.2.2 Projet d'extension de la capacité portuaire.....	34
1.2.2.1 Comparaison des variantes	34
1.2.2.2 Description du projet	35
1.2.2.3 Aménagements paysagers	38
1.3 Effets du projet sur l'environnement.....	40
1.3.1 Effets du projet sur le milieu physique	40
1.3.1.1 Effet sur le niveau d'eau du lagon	40
1.3.1.2 Effet du projet sur la dynamique hydro-sédimentaire	40
1.3.1.3 Effet du projet sur le transport de sable	41
1.3.1.4 Effet du projet sur l'éventuelle création d'une nouvelle passe dans le lagon et sur la vague « Gauche de Saint Leu »	41
1.3.1.5 Effet du projet sur la qualité de l'eau	41
1.3.1.6 Effet du projet sur les sols	42
1.3.2 Effet du projet sur le milieu naturel.....	42
1.3.2.1 Effets du projet sur l'avifaune	42
1.3.2.2 Effets du projet sur le peuplement corallien	42
1.3.2.3 Effets du projet sur la faune marine.....	44
1.3.3 Effets du projet sur les paysages.....	46
1.4 Mesures réductrices, compensatoires et d'accompagnement.....	47
1.4.1 Management environnemental du chantier.....	47
1.4.2 Mesures réductrices vis-à-vis du milieu physique.....	48

1.4.2.1	Qualité des eaux	48
1.4.2.2	Eaux pluviales	48
1.4.2.3	Qualité de l'air	48
1.4.3	Mesures réductrices vis-à-vis du milieu naturel	48
1.4.3.1	Milieu marin	48
1.4.3.2	Milieu terrestre	51
1.4.4	Mesures réductrices vis-à-vis des paysages	51
1.4.5	Mesures réductrices vis-à-vis du milieu humain	51
1.4.5.1	Point propre	51
1.4.5.2	Installation de points de collecte de déchets	52
1.4.6	Mesures compensatoires	52
1.4.7	Mesures d'accompagnement	53
1.4.7.1	Eco conception portuaire	53
2	Analyse de l'état initial du site et de son environnement	56
2.1	Emplacement des aménagements	56
2.1.1	Localisation administrative	56
2.1.2	Situation géographique et contexte du projet	56
2.2	Milieu physique	60
2.2.1	Climatologie	60
2.2.2	Températures	60
2.2.3	Précipitations	61
2.2.4	Insolation	62
2.2.5	Vents	62
2.2.6	Influence des cyclones et dépressions tropicales	63
2.2.6.1	Vents extrêmes	63
2.2.6.2	Influence des houles cycloniques	65
2.3	Milieu continental	65
2.3.1	Relief et topographie	65
2.3.2	Contexte géologique et géomorphologique	67
2.3.2.1	Cadre géologique régional	67
2.3.2.2	Cadre géologique local	67
2.3.3	Contexte hydrographique, hydrologique et hydraulique	69
2.3.3.1	Eaux de surface	69
2.3.3.2	Eaux souterraines	70
2.3.3.3	Aléa inondation	73
2.3.3.4	Aléa submersion marine	79
2.3.4	Espaces naturels sensibles	80
2.3.4.1	ZNIEFF	80

2.3.4.2	Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion	80
2.3.5	Les paysages	83
2.3.5.1	Le paysage littoral	83
2.3.5.2	Le paysage urbain.....	84
2.4	Milieu marin	86
2.4.1	Bathymétrie	86
2.4.2	Hydrodynamique et courantologie	88
2.4.2.1	Niveaux de la mer.....	88
2.4.2.2	Conditions d'état de mer	90
2.4.2.3	Conditions de vent.....	99
2.4.2.4	Courantologie	103
2.4.3	Contexte sédimentaire et morpho-dynamique côtier.....	104
2.4.3.1	Typologie des systèmes côtiers réunionnais.....	104
2.4.3.2	Contexte du projet	106
2.4.3.3	Nature sédimentaire des fonds.....	107
2.4.3.4	Évolution sédimentaire de la zone.....	108
2.4.4	Qualité des eaux de baignade	110
2.4.5	Écologie du milieu marin	111
2.4.5.1	Analyses granulométriques	114
2.4.5.2	Qualité des eaux	115
2.4.5.3	Qualité des sédiments	117
2.4.5.4	Taux de recouvrement global du substrat par les organismes benthiques ...	117
2.4.5.5	Principales espèces ichthyologiques rencontrées	129
2.4.5.6	État de vitalité des peuplements, évolution et sensibilité écologique	133
2.4.5.7	Avifaune marine	137
2.4.5.8	Faune marine	138
2.5	Milieu humain	163
2.5.1	Utilisation des sols.....	163
2.5.2	Population et cadre de vie.....	163
2.5.2.1	Démographie	163
2.5.2.2	Habitat	164
2.5.3	Établissements recevant du public.....	164
2.5.4	Usages de l'eau	164
2.5.5	Tourisme et loisirs	165
2.5.5.1	Pavillon bleu.....	165
2.5.5.2	Statut de station classée de tourisme	165
2.5.5.3	Usages liés au milieu terrestre	166
2.5.5.4	Usages liés au milieu marin.....	167
2.5.6	Patrimoine culturel et historique.....	170
2.5.7	Voies de communication	171
2.5.7.1	Réseau viaire et accès au site.....	171

2.5.7.2	Pistes cyclables et cheminement piéton.....	172
2.5.7.3	Transports en commun	172
2.5.8	Réglementation et documents d'urbanisme.....	175
2.5.8.1	Le code de l'environnement et la loi sur l'eau	175
2.5.8.2	Le Schéma d'Aménagement Régional	175
2.5.8.3	Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Réunion (SDAGE).....	177
2.5.8.4	Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la micro-région Ouest (SAGE).....	181
2.5.8.5	Le Plan de Gestion des Risques Inondation de La Réunion	184
2.5.8.6	Plan Local d'Urbanisme	187
2.6	Synthèse des principaux enjeux environnementaux.....	193
3	Justification du choix du projet.....	195
3.1	Rappel du contexte	195
3.2	Objectifs généraux du projet global d'aménagement urbain de la zone portuaire.....	196
3.2.1	Emprise du projet	198
3.2.2	Description du projet	199
3.2.2.1	Bilan capacitaire et économique.....	199
3.2.2.2	Les éléments du programme.....	202
3.3	Projet d'extension du Port	206
3.3.1	Comparaison des variantes	206
3.3.2	Description des aménagements	213
3.3.2.1	Organisation fonctionnelle du plan d'eau.....	213
3.3.2.2	Eco-conception portuaire.....	216
3.3.2.3	Point propre	216
3.3.2.4	Digue de protection	217
3.3.2.5	Extension du bassin et dragage.....	219
3.3.2.6	Démolitions	224
3.3.2.7	Pontons et équipements	224
3.3.2.8	Berge Est de l'extension portuaire.....	227
3.3.2.9	Cale de mise à l'eau.....	227
3.3.2.10	Prolongement de la digue de protection existante	228
3.3.2.11	Sécurité du plan d'eau	228
3.3.3	Description des ouvrages terrestres	229
3.3.3.1	Parti architectural et urbain	230
3.3.3.2	Aménagements de surface	235
3.3.3.3	Les démolitions	236
3.3.3.4	Les terrassements	236
3.3.3.5	Les traitements de surface	237
3.3.3.6	Les réseaux humides	238
3.3.3.7	Réseau électrique.....	240

3.3.3.8	Réseau éclairage	240
3.3.3.9	Réseau Vidéo-Surveillance	243
3.3.4	Contraintes particulières d'exécution	244
3.3.5	Dispositions prévues pour l'entretien en phase d'exploitation.....	245
3.4	Phasage des travaux.....	246
4	Effets du projet sur l'environnement.....	253
4.1	Effets du projet sur le milieu physique.....	253
4.1.1	Effets du projet sur les niveaux d'eau du lagon.....	253
4.1.1.1	Conditions de simulation.....	253
4.1.1.2	Résultats	254
4.1.2	Effets du projet sur la dynamique hydro-sédimentaire.....	264
4.1.2.1	Conditions de simulation.....	264
4.1.2.2	Résultats sur l'apport en matériaux fins des ravines.....	265
4.1.3	Effets du projet sur le transport de sable	274
4.1.3.1	Préalable	274
4.1.3.2	Résultats	275
4.1.4	Effets du projet sur la barrière corallienne	282
4.1.5	Effets du projet sur la vague « Gauche de Saint Leu ».....	284
4.1.6	Effets du projet sur le gabarit hydraulique de la ravine Grand Étang	287
4.1.7	Effets du projet sur la qualité de l'eau	288
4.1.8	Effets du projet sur les sols.....	288
4.2	Effets du projet sur le milieu naturel	289
4.2.1	Effets du projet sur l'avifaune	289
4.2.2	Effets du projet sur la flore terrestre.....	291
4.2.3	Effets du projet sur le peuplement corallien	291
4.2.4	Effets du projet sur la faune marine.....	292
4.2.4.1	Effets du projet sur les cétacés	292
4.2.4.2	Effets du projet sur les tortues marines	317
4.3	Effets du projet sur les paysages	320
4.4	Effets du projet sur le milieu humain	325
4.4.1	Effets du projet sur les usages	325
4.4.2	Effets du projet sur la circulation	325
4.4.2.1	Circulation terrestre	325
4.4.2.2	Circulation maritime.....	325
4.4.3	Effets du projet sur la santé humaine et la salubrité.....	325
4.4.4	Effets du projet sur les réseaux.....	326

4.4.5	Effets du projet sur la sécurité	326
4.5	Effets cumulés du projet avec la ZAC Saint-Leu Océan.....	326
4.6	Synthèse des effets du projet sur l'environnement.....	328
5	Mesures réductrices et compensatoires	330
5.1	Management environnemental de l'opération.....	330
5.1.1	Comité de suivi du Milieu Marin	330
5.1.2	Organisation en phase chantier.....	330
5.1.3	Mesures de suivi et mesures compensatoires	332
5.1.3.1	Mammifères marins et tortues marines	333
5.1.3.2	Qualité de l'eau	335
5.1.3.3	Peuplements coralliens	338
5.1.3.4	Suivi hydro-sédimentaire.....	339
5.1.3.5	Milieu marin – Phase exploitation.....	339
5.2	Mesures réductrices	341
5.2.1	Mesures réductrices vis-à-vis du milieu physique.....	341
5.2.1.1	Qualité des eaux	341
5.2.1.2	Qualité de l'air.....	344
5.2.2	Mesures réductrices vis-à-vis du milieu naturel	344
5.2.2.1	Milieu marin	344
5.2.2.2	Milieu terrestre	352
5.2.3	Mesures réductrices vis-à-vis des paysages.....	353
5.2.3.1	Intégration paysagère	353
5.2.3.1	Intégration architecturale.....	354
5.2.4	Mesures réductrices vis-à-vis du climat	354
5.2.4.1	Améliorations thermiques	354
5.2.4.2	Améliorations énergétiques	355
5.2.5	Mesures réductrices vis-à-vis de la santé	355
5.2.5.1	Gestion des déchets de l'enceinte portuaire.....	355
5.2.5.2	Gestion des eaux grises de l'enceinte portuaire.....	355
5.2.5.3	Gestion du bruit	356
5.3	Mesures d'accompagnement	358
5.3.1	Biodiversité marine	358
5.3.1.1	Objectifs de la démarche	358
5.3.1.2	Zonation des équipements pour juvéniles.....	359
5.3.1.3	Présentation des outils	359
5.3.1.1	Organisation et mise en place des équipements	362
5.3.1.2	Béton écologique destiné à accélérer la colonisation de la faune et de la flore (corail et algues)	363
5.3.1.3	Eco-digue en éco-blocs pour juvéniles récifaux (langoustes).....	364
5.3.1.1	Coût de la mesure	365

5.3.2	Synthèse des mesures réductrices, compensatoires et d'accompagnement.....	366
6	Analyse des méthodes utilisées.....	368
6.1	Méthodes utilisées pour chacun des thèmes de l'environnement.....	368
6.1.1	Géologie et hydrogéologie.....	368
6.1.2	Hydrologie & milieu récepteur.....	368
6.1.3	Milieus naturels.....	370
6.1.3.1	Peuplements coralliens.....	370
6.1.3.2	Faune aquatique.....	370
6.1.4	Paysage.....	375
6.2	Démarche du bureau d'études.....	376
6.2.1	Prestations sous-traitées.....	376
6.2.2	Consultation de personnes ressources.....	376
6.3	Bibliographie.....	376
6.3.1	<i>Documents réglementaires</i>	376
6.3.2	Cartographie.....	377
6.3.3	Données.....	377
6.3.4	Sites internet consultés.....	377
6.4	Auteurs de l'étude.....	378

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 2.1 : Image satellite et lame d'eau radar du 22 avril 2015 (Source : Météo France)	62
Figure 2.2 : Rose des vents Pointe Trois-Bassins pour l'année 2015 (à gauche) et la période 2001-2010 (à droite) (Source : Météo France)	63
Figure 2.3 : Trajectoires de cyclones s'approchant de moins de 100 miles nautiques de la Réunion (Source : http://csc.noaa.gov/hurricanes)	64
Figure 2.4 : bathymétrie de la zone d'étude utilisée pour le modèle (maille de 10m)	87
Figure 2.5 : zoom sur la bathymétrie de la zone d'étude (état actuel)	87
Figure 2.6 : les différents régimes de houles à La Réunion (Source : Météo-France 2009)	90
Figure 2.7 : Statistiques annuelles sur des données de houle enregistrées entre 2000 et 2007 au niveau du port de Saint-Pierre (Source : Commune de Saint-Pierre)	91
Figure 2.8 : Statistiques d'avril à novembre sur des données de houle enregistrées entre 2000 et 2007 au niveau du port de Saint-Pierre (Source : Commune de Saint-Pierre)	92
Figure 2.9 : Statistiques de décembre à mars sur des données de houle enregistrées entre 2000 et 2007 au niveau du port de Saint-Pierre (Source : Commune de Saint-Pierre)	92
Figure 2.10 : cartes de Hs moyen et maximum sur la période IOWAGA (16 ans)	94
Figure 2.11 : Histogrammes Hs, Tp, dp (en haut), Roses Hs et rose max Hs (au milieu), Diagramme Hs-Tp et scatter polaire de Tp (en bas) - Point IOWAGA 21.5°S 55.0°E Période normale	95
Figure 2.12 : statistiques mensuelles Hs IOWAGA 21.5°S 55.0°E Période normale	96
Figure 2.13 : représentation polaire des extrêmes d'états de mer	97
Figure 2.14 : Cartes de vent CFSR V1hr moyen en 2009 (hors cyclone Gaël)	100
Figure 2.15 : Histogrammes V1hr, direction (en haut), roses des vents V1hr et rose max V1hr (au milieu). Point CFSR 21.4°S 55.0°E Période normale hors cyclone	101
Figure 2.16 : Statistiques mensuelles de vitesse de vent V1hr CFSR 21.4°S 55.0°E Période normale	102

Figure 2.17 : Conditions extrêmes directionnelles de vent horaire au point 21.4°S 55.0°E	103
Figure 2.18 : Morphologie de la plage corallienne de Saint-Leu (Mission 2004 du BRGM)	106
Figure 2.19 : localisation des prélèvements.....	108
Figure 2.20 : Contexte sédimentaire et évolution du trait de côte du centre de Saint-Leu (BRGM – Décembre 2004)	109
Figure 2.21 : évolution sédimentaire depuis 1950.....	110
Figure 2.22 : Plan d'échantillonnage au niveau du récif de Saint-Leu.....	113
Figure 2.23 : Caractéristiques granulométriques des sédiments au niveau de la station 1	114
Figure 2.24 : Caractéristiques granulométriques des sédiments au niveau de la station 2	114
Figure 2.25 : Pourcentage de la couverture moyenne par type de substrat sur les stations étudiées au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010).....	122
Figure 2.26 : Cartographie de la sensibilité écologique de la zone d'étude	133
Figure 2.27 : Cartographie du périmètre de la réserve naturelle nationale marine de La Réunion aux abords du projet – Implantation de la zone de protection intégrale de Saint Leu	134
Figure 2.28 : Évolution du recouvrement benthique sur la station platier de la corne du récif de Saint-Leu (1999-2009) / (Source : GIP RNMR)	135
Figure 2.29 : Évolution du recouvrement benthique sur la station pente externe de la corne du récif de Saint-Leu (1999-2009) / (Source : GIP RNMR)	136
Figure 2.30 : Couloirs de remontée des pétrels de Barau de la mer vers les sites de reproduction et localisation de ces sites. (D'après Probst, 1997) - Source : Stratégie de réduction de la mortalité des pétrels induite par les éclairages publics	138
Figure 2.31 : observations des cétacés sur le site d'étude	140
Figure 2.32 : observations des cétacés sur le site d'étude - Zoom	141
Figure 2.33 : part des observations par espèces.....	142
Figure 2.34 : proportion des individus observés par espèce	143
Figure 2.35 : Fréquence d'observation du grand dauphin de l'indo pacifique sur l'année 2012 sur l'ensemble de la Réunion	145

Figure 2.36 : observations de l'individu « Ying » à l'échelle de l'île.....	147
Figure 2.37 : observations de l'individu "Billabong" à l'échelle de l'île	148
Figure 2.38 : Fréquence d'observation de la baleine à bosse sur l'année 2012 à l'échelle de la Réunion	150
Figure 2.39 : observations à l'échelle de l'île des baleines à bosse identifiées au sein du site d'étude	152
Figure 2.40 : Fréquence d'observation du dauphin long bec en 2012 à l'échelle de la Réunion	153
Figure 2.41 : Les deux espèces de tortues marines présentes en permanence sur les côtes réunionnaises : la tortue verte (<i>Chelonia mydas</i> ; à gauche) et la tortue imbriquée (<i>Eretmochelys imbricata</i> ; à droite)	159
Figure 2.42 : observation aérienne de tortues marines sur le littoral de St Leu.....	161
Figure 2.43 : Façade maritime aménagée et port de plaisance actuel.....	163
Figure 2.44 : périmètre des monuments historiques	171
Figure 2.45 : état des lieux de la qualité de l'eau des zones de baignade de La Réunion (source : ARS OI).....	179
Figure 3.1 : situation actuelle de la zone à restructurer	197
Figure 3.2 : emprise du projet global.....	199
Figure 3.3 : Implantation générale (source TCO – Avril 2016)	202
Figure 3.4 : Schéma des aménagements terrestres prévus.....	203
Figure 3.5 : Les contraintes techniques et réglementaires liées à la Marina	208
Figure 3.6 : Synthèse des contraintes.....	208
Figure 3.7 : Synthèse des contraintes liées au Port à sec : scénario n°1	209
Figure 3.8 : Synthèse des contraintes liées au Port à sec : scénario n°2.....	210
Figure 3.9 : Exemple de port à sec.....	210
Figure 3.11 : Plan de mouillage	214
Figure 3.10 : Plan de masse de l'existant et des aménagements prévus.....	215
Figure 3.12 : Exemple de grappin de décharge et de godet pouvant être utilisés pour le dragage	220

Figure 3.13 : Pelle mécanique sur barge	220
Figure 3.14 : localisation des échantillons pour la granulométrie	223
Figure 3.15 : Clefs type DALLAS (Source : Documentation Datacomsys).....	225
Figure 3.16 : Exemple de borne de distribution d'eau et d'électricité à accès électronique (Source : documentation Depagne).....	226
Figure 3.17 : Aménagements terrestres de la zone portuaire (Source : TCO – Avril 2016)	229
Figure 3.18 : Vues 3D de la capitainerie (Source : PERRIN)	231
Figure 3.19 : Coupe transversale / profil du bâti (Source : PERRIN)	232
Figure 3.21 : Contraintes climatiques du site (Source : PERRIN)	233
Figure 3.23 : Optimisation de la ventilation naturelle du bâti (Source : PERRIN) .	234
Figure 3.26 : Exemple de bornes équipées en gestion Télé-control – Comptage – Bord Quai (Source : Documentation Depagne).....	240
Figure 3.29 : mâts qui seront équipés de vidéo surveillance	243
Figure 5.10 : Dragage suceuse.....	247
Figure 5.11 : Calendrier des travaux maritimes en fonction des contraintes environnementales	249
Figure 5.16 : Calendrier des travaux terrestres en fonction des contraintes environnementales	250
Figure 4.1 : scénarios pour l'étude des surcotes.....	254
Figure 4.2 : Localisation des points de visualisation de l'évolution du niveau d'eau (couleurs : bathymétrie m/NM)	256
Figure 4.3 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits de 10% du débit décennal	257
Figure 4.4 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour une houle de période de retour 1 an et des débits de 10% du débit décennal	257
Figure 4.5 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 10 ans et des débits de 10% du débit décennal	258
Figure 4.6 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour une houle de période de retour 10 ans et des débits de 10% du débit décennal	258

Figure 4.7 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits décennaux	259
Figure 4.8 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour le cyclone Connie et des débits décennaux	259
Figure 4.9 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour le cyclone Dina et des débits décennaux	260
Figure 4.10 : Surcote maximale simulée pour le cyclone Dina modifié et des débits centennaux	260
Figure 4.11 : Évolutions du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour le cyclone Dina modifié et des débits centennaux	261
Figure 4.12 : Position des zones 1 et 2 - différence entre les surcotes maximales en état actuel et en état projet (opération effectuée : état projet – état actuel)	262
Figure 4.13 : Dépôt après 3 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 50mg/l) – marée seule	267
Figure 4.14 : Dépôt après 3 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 50mg/l) – houle fréquente	268
Figure 4.15 : Dépôt après 3 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 50mg/l) – houle annuelle.....	269
Figure 4.16 : Dépôt après 5 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 1 g/l) – cyclone Dina.....	270
Figure 4.17 : Evolution des volumes dans les zones 1, 2 et 3 pour les conditions hors cyclone	272
Figure 4.18 : Evolution des volumes dans les zones 1, 2 et 3 pour le cyclone Dina	273
Figure 4.19 : Transport potentiel moyen sur 3 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – marée seule	277
Figure 4.20 : Transport potentiel moyen sur 3 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – houle fréquente	277
Figure 4.21 : Transport potentiel moyen sur 3 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – houle annuelle.....	278
Figure 4.22 : Transport potentiel moyen sur 5 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – cyclone Dina.....	279
Figure 4.23 : Transport potentiel moyen le long des deux radiales (fond homogène : sable 500 microns)	280

Figure 4.24 : Position des deux radiales (couleur : bathymétrie m/NM).....	281
Figure 4.25 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits de 10% du décennal	282
Figure 4.26 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits décennaux	283
Figure 4.27 : Transport potentiel moyen le long des deux radiales (fond homogène: sable 500 microns)	285
Figure 4.28 : Position des deux radiales (couleur: bathymétrie n/NM).....	286
Figure 4.29 : Schéma justifiant la cohérence du projet vis-à-vis du gabarit hydraulique de la ravine Grand Étang	287
Figure 4.30 : Niveau d'enjeu écologique pour les Pétrels de Barau (Sources : DESS Sciences et Gestion de l'Environnement Tropical - Mlle Nelly MINATCHY – juin 2004)	289
Figure 4.31 : Nombre de Pétrel de Barau recueillis en 2001 en fonction des phases de la lune	290
Figure 4.32 : Synoptique du projet urbain global	322
Figure 4.33 : Plan de circulation projeté.....	323
Figure 4.34 : Synthèse graphique du projet urbain.....	324
Figure 5.1 : Coordonnées géographiques des points centraux des stations de mesures au niveau du récif de Saint-Leu. Référentiel géodésique WGS 84	338
Figure 3.25 : Principe de fonctionnement de l'unité de traitement	342
Figure 5.3 : Illustration du principe de fonctionnement d'un rideau de bulles.....	348
Figure 5.4 : Mesures acoustiques à proximité d'un pieu battu avec ou sans utilisation du rideau de bulles (source KPFF)	349
Figure 5.18 : Zone d'installation des mangroves artificielles pour juvéniles.....	362
Figure 5.19 : Zone d'installation des micro-habitats (MH) sur les quais (en complément des MAJ) et sur les pieux et pontons pour l'accueil des juvéniles benthiques.	363
Figure 5.20 : Zone d'installation des éco-blocs sur les musoirs et épis pour l'accueil des juvéniles (notamment langoustes)	365
Figure 6.1 : Prospections menées par GLOBICE sur l'ensemble de l'année 2012 ..	374

Figure 6.2 : Prospections menées par GLOBICE sur la saison de présence des baleines à bosse, entre juin et octobre 2012..... 374

TABLE DES CARTES

Carte 1 : Situation du secteur d'étude	58
Carte 2 : Détail de la localisation du projet	59
Carte 3 : Relief et topographie de la zone de projet.....	66
Carte 4 : Géologie du secteur d'étude.....	68
Carte 5 : Réseau hydrographique.....	72
Carte 6 : Zonage du Plan de Prévention du Risque Inondation	77
Carte 7 : Extrait de la carte d'aléa moyen établie dans le cadre d'une étude hydraulique spécifique à la zone du centre-ville de Saint Leu	78
Carte 8 : Carte d'aléa submersion marine.....	79
Carte 9 : Exploitation des sites naturels.....	173
Carte 10 : Activités humaines du territoire	174
Carte 11 : Contraintes réglementaires : SAR et PLU	192

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Liste des stations météorologiques à proximité de la zone d'étude.....	60
Tableau 2.2 : Superficies des bassins versants et débits de crue décennale, trentennale et centennale des ravines concernant le Port de Saint Leu	70
Tableau 2.3 : Hauteur de la marée astronomique à la Pointe des Galets	88
Tableau 2.4 : Niveaux d'eau associés aux houles cycloniques.....	89
Tableau 2.5 : Vagues extrêmes (Hs) et périodes pics associés (Tp) pour différents secteurs de provenance des vagues et pour différentes périodes de retour.....	97
Tableau 2.6 : Périodes de retour des houles cycloniques	98
Tableau 2.7 : Conditions de houles cycloniques au large.....	99
Tableau 2.8 : Conditions extrêmes directionnelles de vent horaire au point 21.4°S 55.0°E	103
Tableau 2.9 : résultats des prélèvements d'eau et de sédiments (source : CTSI)....	107
Tableau 2.10 : Classement réglementaire des eaux de baignade sur la commune de Saint Leu (directive européenne de 1976 puis 2006)	111
Tableau 2.11 : Concentrations en sels nutritifs obtenus lors des prélèvements dans le lagon de Saint-Leu	116
<i>Tableau 2.12 : Concentrations en sels nutritifs obtenus lors des campagnes du RNO entre 2002 et 2010</i>	<i>117</i>
Tableau 2.13 : Couverture moyenne et erreurs-standards (ES) par type de substrat enregistré sur les stations étudiées au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (N=Nombre de réplikat par station).....	120
Tableau 2.14 : Couverture moyenne et erreurs-standards (ES) par type de substrat observés sur les stations étudiées au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (N=Nombre de réplikat par station).....	121
Tableau 2.15 : Nombre d'individus moyen par m ² et erreurs-standards (ES) par station de mesures au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (N=Nombre de réplikats par station).....	122
Tableau 2.16 : Nombre d'individus total moyen et erreurs-standards (ES) par station de mesures au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (Nombre de réplikats par station N=3).	131

Tableau 2.17 : nombre d'observations par espèce sur le site d'étude	142
Tableau 2.18 : nombre d'individus observés par espèce sur le site d'étude	143
Tableau 2.19 : caractéristiques acoustiques connues des vocalises émises par les espèces concernées par le projet (Richardson, et al., 1995)	155
Tableau 2.20 : statut UICN de conservation des cétacés de La Réunion	157
Tableau 2.21 : Compatibilité du projet avec les objectifs du SDAGE Réunion.....	181
Tableau 2.22 : Compatibilité du projet avec les objectifs du SAGE Ouest.....	183
Tableau 3.1 : Estimation du besoin réel (GINGER, 2012).....	200
Tableau 3.2 : Comparaison des variantes analysées pour le projet d'extension du Port de la commune de Saint leu	212
Tableau 3.3 : Organisation du futur port.....	216
Tableau 3.4 : Granulométrie réalisée sur l'ensemble des prélèvements (source : annexe 13 - Prélèvements de sédiments – rapport d'intervention – CITS – 2011) .	222
Tableau 4.1 : Résultats des surcotes en zone 1	263
Tableau 4.2 : Résultats des surcotes en zone 2	263
Tableau 4.3 : Scénarios pour l'étude hydro-sédimentaire	265
Tableau 4.4 : Sensibilité acoustique des cétacés concernés dans le cadre de la présente étude (selon Southall et al. 2007)	292
Tableau 4.5 : Synthèse des effets du projet sur l'environnement.....	328
Tableau 5.1 : Valeurs admissibles de puissances acoustiques (Arrêté du 18 mars 2002)	357
Tableau 5.2 : Synthèse des mesures réductrices et compensatoires	366

TABLE DES PHOTOS

Photo 1 : Absence de recouvrement corallien	118
Photo 2 : Débris et galets enalgués	118
Photo 3 : Substrat enalgué	118
Photo 4 : Substrat enalgué et cyanophycées	118
Photo 5 : Présence d'oursins <i>Echinothrix diadema</i> au niveau de zones rocheuses .	118
Photo 6 : Présence d'oursin <i>Tripneustes gratilla</i>	118
Photo 7 : vue d'ensemble du recouvrement corallien (<i>Acropora abrotanoides</i>).....	123
Photo 8 : vue d'ensemble du recouvrement corallien (<i>Acropora spp.</i>)	123
Photo 9 : massif d'Acropores branchus (ACB)	123
Photo 10 : débris coralliens recouvert d'un feutrage algal	123
Photo 11 : massif d' <i>Acropora muricata</i>	123
Photo 12 : repousses d' <i>Acropora muricata</i> sur des débris coralliens.....	123
Photo 13 : Ophiure <i>Ophiocoma erinaceus</i>	123
Photo 14 : Oursin <i>Echinothrix diadema</i>	123
Photo 15 : roche enalguée	124
Photo 16 : <i>Acropora abrotanoides</i> (ACS) et <i>Acropora hemprichii</i> (ACB)	124
Photo 17 & Photo 18 : oursin <i>Echinostrephus sp.</i> creusant dans le corail	125
Photo 19 : vue d'ensemble du recouvrement corallien de la station 4 nord	127
Photo 20 : vue d'ensemble du recouvrement corallien de la station 4 nord	127
Photo 21 : massif d' <i>Acropora abrotanoides</i> (ACS), station 4 nord	127
Photo 22 : corail massif (CM) de <i>Porites lutea</i> station 4 nord	127
Photo 23 : corail massif (CM) du genre <i>Porites sp.</i> station 4 nord.....	128
Photo 24 : corail encroûtant (CE) <i>Turbinaria mesenterina</i>	128
Photo 25 : Acanthuridae, <i>Acanthurus triostegus</i> et <i>Acanthurus nigrofuscus</i>	130

Photo 26 : Baliste Picasso, <i>Rhinecantus aculeatus</i>	130
Photo 27 : Acanthuridae, <i>Naso unicornis</i>	130
Photo 28 : Chaetodontidae, <i>Chaetodon lunula et Chaetodon vagabondus</i>	130
Photo 29 : <i>Chaetodon trifasciatus</i>	131
Photo 30 : <i>Epinephelus hexagonatus</i>	131
Photo 31 : Éclairage du bassin portuaire actuel	241

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1	Expertise écologique du milieu marin pour le projet d'extension du port de Saint-leu – Platier et pente externe du récif de Saint-Leu (Juillet 2010)
Annexe 2	Réaménagement et extension du Port de Saint Leu – Étude urbaine et de développement touristique de Saint-Leu (BRED AMO – groupe GINGER, Janvier 2012)
Annexe 3	Avant-projet du projet d'extension du Port de Saint-Leu (EGIS, AVP, 2010)
Annexe 4	Étude d'agitation sur le modèle numérique (EGIS EAU – 2010)
Annexe 5	Étude préliminaire pour l'éco – conception portuaire (EGIS EAU – 2010)
Annexe 6	Pré-cadrage réglementaire (DEAL – Mai 2011)
Annexe 7	Description de l'état de référence de la distribution des cétacés et étude d'impact sur les mammifères marins – Projet d'extension du Port de Saint-Leu, (GLOBICE, Juillet 2012 et Février 2013)
Annexe 8	Étude d'impact de l'extension du Port de Saint-Leu sur les tortues marines, Kélonia, Juillet 2012
Annexe 9	Étude Hydrosédimentaire, (ACTIMAR / SAFEGE 2011)
Annexe 10	Pièces graphiques de l'AVP du projet d'extension du Port de Saint Leu (EGIS – 2010), réseaux humides, à mettre à jour en phase PRO
Annexe 11	Barrage travaux maritimes – jupe en tissu géotextile haute résistance et rideaux à bulles d'air
Annexe 12	Fiche technique de l'unité de traitement des eaux de carénage et l'accord de principe de la CISE pour déverser les eaux usées dans le réseau EU existant
Annexe 13	Relevés topo-bathymétriques / Prélèvements de sédiments (CTSI, Octobre 2011)



RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

1**Résumé non technique****1.1 État initial****1.1.1 Situation géographique et contexte du projet**

Suite au transfert de maîtrise d'ouvrage du 1er janvier 2014, le T.C.O est compétent sur le projet de réaménagement et d'extension du Port de Saint-Leu initié par la mairie.

Les principaux objectifs du TCO sur ce projet sont les suivants :

- Contribuer au développement économique de la micro région Ouest
- Valoriser le front de mer de Saint-Leu : développement du centre de vie urbaine associé aux activités maritimes et de loisirs (pêche, plaisance, plongée, promenade, détente...)
- Répondre à la demande d'anneaux supplémentaires
- Réaménager et moderniser le port de plaisance par la mise en place de services aux usagers
- Améliorer l'intégration paysagère et urbaine
- Améliorer les conditions d'agitation : sécurité des personnes et des biens et confort d'utilisation

Ce projet prévoit ainsi dans son programme d'équipements :

La réalisation d'équipements portuaires bâtis :

- La construction de la capitainerie (bureau du capitaine, bureau d'information, locaux d'activité orienté vers les fonctions maritimes et commerciales et de restauration)
- La criée: 2 points de vente poisson au grand public
- La maison des pêcheurs (local club, espaces de stockage individuel, sanitaires douches)

La réalisation d'infrastructures maritimes :

- La construction d'une nouvelle digue et le confortement des digues existantes
- Le dragage des bassins
- La réalisation des pontons, quais
- La réalisation d'une nouvelle cale de mise à l'eau

La réalisation d'infrastructures terrestres :

- L'amélioration du front de mer, promenade piétonne et aménagements paysagers
- L'aire de stationnement et zone technique de carénage clôturée, éclairée avec récupérations des eaux souillées
- L'amélioration des réseaux et desserte des quais
- La création d'une zone de récupération des déchets
- La signalétique des usagers et du grand public du projet global

Ce projet s'inscrit dans une démarche globale qui est de renforcer la cohérence et l'identité touristique et balnéaire du centre-ville de Saint-Leu tout en préservant son patrimoine historique et en tournant le pôle attractif de la ville vers le front de mer.

Le secteur d'étude intègre la partie urbanisée du centre-ville et la zone récifale du lagon au large de celui-ci. Cette zone présente des enjeux importants, tant du point de vue environnemental que socio-économique.

Les travaux seront ainsi exécutés sur le territoire de la commune de Saint-Leu, dans le périmètre du bassin portuaire actuel et de la zone d'extension envisagée au sud. Cette zone est délimitée :

- à l'ouest, par la digue du bassin actuel ;
- au nord, par l'entrée du port et le chenal d'accès ;
- au sud, par l'exutoire de la Ravine Grand-Étang ;
- à l'est, par la rue de la Compagnie des Indes.

1.1.2 Milieu physique

Le site d'étude est fortement exposé aux vents avec une direction dominante de secteur est à sud-est (alizés). Les brises maritimes diurnes (ouest à sud-ouest) sont assez fréquentes de même que les vents estivaux de faible intensité (nord à nord-est).

La zone jouit d'un ensoleillement abondant avec des températures très douces atteignant les 25°C quasiment tous les jours de l'année (station de la Pointe de Trois-Bassins).

La pluviométrie moyenne journalière est faible, mais l'intensité des pluies peut être très forte lors de dépressions tropicales ou épisodes cycloniques. Cette irrégularité pluviométrique régit la dynamique des ravines et a de multiples conséquences sur le milieu océanique : turbidité des eaux marines, état de santé des communautés biologiques, morphologie du cordon littoral, apports de matières polluantes.

Enfin, l'exposition de la zone aux événements cycloniques est une contrainte majeure en termes de résistance des infrastructures projetées aux houles et aux vents violents.

1.1.3 Milieu continental

Le projet est situé sur un terrain relativement plat depuis la voirie d'accès au port actuel (rue de la Compagnie des Indes) jusqu'à la mer. La profondeur du bassin portuaire actuel est comprise entre 70 cm et 2,30 m.

Les formations géologiques sont superficielles : elles correspondent à des dépôts littoraux et marins d'alluvions fluvio-marines et aux récifs coralliens de la barrière récifale.

La zone d'étude est concernée par l'exutoire commun des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang qui jouxte la digue sud de l'extension prévue. Les sillons de ces ravines sont concernés par un aléa inondation fort. L'étude du comportement hydro-sédimentaire de ces ravines doit permettre de prendre en compte l'interaction des écoulements naturels avec les aménagements projetés. Les aménagements prévus en partie terrestre sont eux concernés par un aléa moyen couvrant l'ensemble du centre-ville de Saint-Leu.

La présence de la « nappe aquifère stratégique de la côte ouest » sous-jacente au projet nécessite la prise en compte de précautions spécifiques pour la conception des aménagements terrestres et maritimes.

Le projet d'aménagement doit inclure une intégration paysagère soignée de façon à préserver le paysage remarquable du littoral de Saint Leu.

1.1.4 Milieu marin

La bathymétrie du modèle d'étude (qui repose sur un maillage de 10m) est présentée sur les figures 2 et 3 du présent rapport. Elle est comprise entre -2 m et 0 m.

Le niveau de la mer résulte d'une combinaison de forçages incluant : la marée, les phénomènes atmosphériques (pression, vent) et la houle (set-up, run-up, ensachage du lagon).

Les marées réunionnaises sont semi-diurnes et présentent une inégalité diurne. Les amplitudes de marées varient entre 10 et 90 cm.

Les hypothèses de surcotes cycloniques retenues sont comprises entre 30 et 90 cm.

L'ensachage correspond à une élévation du niveau moyen de l'eau d'un lagon, sous l'effet de la houle ; il est de l'ordre de 10 à 20 cm et peut atteindre 50 cm pour une houle australe très forte.

Les courants au droit du port de Saint-Leu sont principalement dus à la marée et à la houle. Le vent et le débit des ravines peuvent également intervenir, notamment lors des événements extrêmes (cyclones).

Le littoral de Saint-Leu représente un système côtier corallien majoritairement artificialisé dont la morpho-dynamique et la sédimentologie sont à intégrer dans la conception du projet. L'étude du comportement hydro-sédimentaire des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang doit permettre de prendre en compte l'interaction des écoulements naturels avec les aménagements projetés. Le contexte sédimentaire et l'évolution du trait de côte sur la commune de Saint-Leu sont par ailleurs intimement liés aux aménagements côtiers mis en œuvre ces dernières décennies.

Les eaux de baignade sont de bonne qualité. La plage Saint-Leu MNS a obtenu le classement « Pavillon Bleu » en 2015.

Les sédiments du récif de Saint-Leu sont majoritairement constitués de sables avec une faible part de particules fines montrant une absence de contamination des sédiments concernant les métaux lourds et les composés organiques présents à l'état de traces.

Le nord de la corne du récif possède un très bon état de vitalité des peuplements récifaux avec un recouvrement corallien et une diversité spécifique en faune benthique sessile très importants. Cette zone doit être considérée comme étant à très forte sensibilité écologique. De manière générale, la zone de platier possède un bon état de vitalité des peuplements récifaux. La dynamique des populations d'Acropores y est remarquable.

Par contre, l'absence de recouvrement corallien ainsi que de zone de sédiment meuble et la présence d'un substrat dur de galets enalgués au sud du port actuel montre la présence d'une zone dégradée sous l'influence d'apports d'eau douce et sédimentaires à l'exutoire des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang.

En ce qui concerne les grands mammifères marins, trois espèces de cétacés ont été recensées au sein de la zone d'étude :

- La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) ;

- Le grand dauphin de l'Indo-pacifique (*Tursiops aduncus*) ;
- Le dauphin long bec (*Stenella longirostris*).

Concernant le grand dauphin de l'Indo-pacifique et la baleine à bosse, les eaux jouxtant le port de St-Leu semblent moins favorables que certains secteurs du Nord-Ouest de l'île, mais sont fréquentées par ces espèces de manière conséquente. Ce secteur fait ainsi partie intégrante de leur habitat.

Concernant le dauphin long bec, le niveau de fréquentation des eaux situées au large du projet est similaire à celui relevé pour le secteur St-Leu – St-Gilles. Si les eaux au large de St-Gilles semblent particulièrement attractives, St-Leu constitue un secteur fréquenté de manière régulière par l'espèce.

Le secteur jouxtant le port de St-Leu présente ainsi des enjeux certains pour les cétacés et les tortues. S'il ne représente pas le secteur le plus fréquenté de l'île, cette fréquentation peut être qualifiée d'élevée à l'échelle de La Réunion.

Vis-à-vis des cétacés, la zone d'étude semble ainsi se situer sur un corridor assurant un rôle de connexion entre les différents secteurs de La Réunion. Elle est utilisée notamment à des fins de déplacement entre ces différents secteurs, utilisés pour l'exercice d'activités vitales pour l'espèce.

Étant donnée sa localisation, au sein de la bande bathymétrique comprise entre 0 et 50m de fond, la zone d'étude :

- joue ainsi un rôle de corridor écologique, utilisé par le grand dauphin de l'Indo-pacifique pour ses déplacements vitaux (connexion des différents sites de l'île) ;
- est située au sein de l'habitat préférentiel de la baleine à bosse, utilisé par l'espèce pour l'exercice d'activités vitales, notamment la reproduction, l'élevage des jeunes, le repos et le transit. Cette zone présente ainsi un intérêt majeur pour l'espèce ;
- est susceptible d'être utilisée principalement à des fins de repos et de socialisation par le dauphin à long bec.

L'arrêté national du 1^{er} juillet 2011 couvre toutes les espèces de cétacés, les siréniens et plusieurs espèces de pinnipèdes. Il s'applique aux trois espèces identifiées dans le cadre du projet d'extension du port de St-Leu.

En résumé, les 3 espèces potentiellement concernées par le projet constituent des enjeux forts, particulièrement en ce qui concerne le grand dauphin de l'Indo-pacifique et la baleine à bosse. Leur prise en compte de ces espèces dans le cadre du projet est donc fondamentale.

Le littoral de St Leu regroupe deux habitats importants pour 2 espèces de tortues marines, la tortue verte *Chelonia mydas* et la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata* :

- des habitats de développement pour les juvéniles sur les récifs frangeants depuis la Pointe des Châteaux jusqu'à la Pointe au sel ;
- des plages de ponte, plus de 90% des pontes observées à La Réunion le sont sur les Plages du Nord de St Leu.

Ces deux espèces sont classées comme « Menacée » pour la tortue verte, et « en Danger Critique d'Extinction » pour la tortue imbriquée par l'UICN dans la liste rouge de La Réunion.

Par ailleurs la tortue de mer est l'emblème de la ville de St Leu, qui l'a intégrée dans son logo et en a fait sa mascotte. Kélonia l'observatoire des tortues marines de La Réunion implanté à l'entrée Nord de St Leu, est le site touristique le plus visité de la commune avec 122 000 visiteurs en 2011, et un des premiers sites touristiques de La Réunion.

Entre 2003 et 2011, 34 tortues marines ont été observées dans le périmètre de la zone d'étude, et 209 dans le périmètre de la Baie de Saint Leu.

Les tortues vertes femelles viennent pondre entre juillet et octobre sur les plages.

La zone d'extension du port de St Leu se situe sur une zone du récif frangeant peu favorable à la présence des tortues marines en raison de la nature des fonds et de sa profondeur.

L'impact du projet concerne par contre les jeunes tortues sur leurs habitats de développement : aux abords de la digue, le long du chenal d'accès au port et à proximité du club nautique. Sont également concernées, les femelles en reproduction durant les accouplements et les phases de recherche de zone calme et de plage sombre pour déposer leurs œufs.

Les espèces de tortues marines concernées par le projet constituent des enjeux forts, particulièrement en ce qui concerne la tortue verte et la tortue imbriquée. La prise en compte de ces espèces dans le cadre du projet est donc fondamentale.

Enfin, la prise en compte du problème des échouages des jeunes pétrels et puffins induits par les éclairages artificiels est intégrée au projet par le choix d'un éclairage adapté.

1.1.5 Milieu humain

Le port de pêche et de plaisance actuel est un équipement public situé à proximité du centre-ville.

La zone d'étude est actuellement vouée à un usage de plaisance, loisirs, promenades et de pratiques sportives, notamment le long de la façade maritime aménagée.

La commune de Saint-Leu connaît une attractivité touristique importante pour les activités de baignade, surf, plongée, plaisance et pêche. Les activités de pêche professionnelle ou de loisirs sont toutefois réglementées par les dispositions du décret n°2007-236 de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion.

Le projet prévoit la mise en place d'un réseau d'assainissement collectif qui reprendra les eaux usées des bâtiments et sanitaires projetés. Toutes les eaux de toiture des bâtiments existants et projetés seront récupérées dans un réseau collectif.

1.1.6 Contexte réglementaire

Le SAR en vigueur (approuvé par décret interministériel n°2011-1609 du 22 novembre 2011) mentionne l'extension du port de Saint Leu et la considère comme un élément structurant du développement raisonné des activités nautiques et balnéaires dans l'Ouest de La Réunion sous réserve de respecter les dispositions du Plan de Gestion de la RNMR.

Il définit des prescriptions destinées aux projets de port de plaisance qui concernent principalement l'adéquation besoins – ressources et la réduction des rejets issus du ruissellement.

Par ailleurs, les zones de protection forte telles que définies par les prescriptions du Schéma de Mise en Valeur de la Mer (chapitre du SAR dédié aux orientations fondamentales de la protection, de l'aménagement et de l'exploitation du littoral) sont multiples sur le littoral de Saint Leu :

- Les espaces naturels remarquables du littoral au titre de l'article L 146-6 du code de l'environnement qui sont relativement distants du projet et ne sont pas impactés par celui-ci
- Le périmètre de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion.

Le décret n°2007-236 du 21 février 2007 de création de la RNMR prévoit que les travaux permettant une extension du port de Saint-Leu sont compatibles avec les objectifs de la réserve.

Cependant, l'opération fait l'objet d'une demande d'autorisation de modification de l'état ou de l'aspect de la réserve, conformément aux dispositions de l'article L332-9 du code de l'environnement.

Le projet ne présente pas non plus d'incompatibilité avec les objectifs du SDAGE Réunion et du SAGE de la micro-région Ouest.

Ce projet est par ailleurs directement compatible avec le règlement de la zone UP du PLU de la commune de Saint-Leu, dès lors qu'il s'insère dans le milieu environnant.

Il est enfin en cohérence avec les zonages des espaces voisins tels que le centre-ville de Saint-Leu classé au PLU en zone UA et UAt, le front de mer inscrit en tant que zone NI ou encore la partie classée en zone naturelle N correspondant à l'exutoire commun des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang.

1.1.7 Synthèse des enjeux environnementaux

PARAMÈTRES PRINCIPAUX	CARACTÉRISTIQUES	CONTRAINTES ET ENJEUX
INFLUENCE DES CYCLONES ET DÉPRESSIONS TROPICALES		
Exposition de la zone aux événements cycloniques	Résistance des ouvrages vis-à-vis des houles et vents cycloniques mais également en cas de crue au niveau de l'exutoire commun des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang.	Fréquence de formation des cyclones (1 cyclone tous les 4 ans à moins de 70 km de l'île en moyenne) impliquant une prise en considération sérieuse des risques liés à la houle, aux épisodes pluvieux et éoliens extrêmes lors de la conception des aménagements.
CONTEXTE HYDROSÉDIMENTAIRE		
Hydrologie / Hydraulique	Exutoire commun des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang jouxtant la digue sud de la zone envisagée pour l'extension du port actuel. Sillons de ces ravines concernés par un aléa inondation fort.	Prise en compte de l'interaction des écoulements naturels avec les aménagements projetés.
Bathymétrie	Zone d'étude comprise entre -2 m et 0 m	Prise en compte des caractéristiques bathymétriques de la zone d'étude pour la conception des aménagements projetés et l'incidence hydro-sédimentaire du projet
Hydrodynamique / Courantologie	Les courants au droit du port de Saint-Leu sont principalement dus à la marée et à la houle. Le vent et le débit des ravines peuvent également intervenir, notamment lors des événements extrêmes (cyclones).	Prise en compte des différents phénomènes (marée, houles, vents) dans la conception des aménagements
Contexte sédimentaire et morpho-dynamique côtier	Contexte sédimentaire et évolution du trait de côte du centre de la commune de Saint-Leu intimement liés aux aménagements côtiers mis en œuvre ces dernières décennies. « Grignotage » du littoral par l'urbanisation, privant les plages du lagon d'une grande partie du stock de sable et modifiant le schéma fonctionnel. Modification du contexte sédimentologique de la partie nord du lagon suite à la création du port, puis l'endiguement du littoral entre le port et la passe. Modification des courants suite au creusement du chenal d'accès au port.	Système côtier corallien majoritairement artificialisé dont la morpho-dynamique et la sédimentologie sont à intégrer dans la conception du projet. Prise en compte du comportement hydro-sédimentaire des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang pour intégration de l'interaction des écoulements naturels avec les aménagements projetés.

PARAMÈTRES PRINCIPAUX	CARACTÉRISTIQUES	CONTRAINTES ET ENJEUX
ÉCOLOGIE DU MILIEU MARIN		
Granulométrie et qualité des sédiments	Sédiments du récif de Saint-Leu majoritairement constitués de sables avec une faible part de particules fines montrant une absence de contamination des sédiments concernant les métaux lourds et les composés organiques présents à l'état de traces.	Maintien de la qualité des sédiments.
Qualité de l'eau	Eaux de baignade de bonne qualité et plage Saint-Leu MNS classés « Pavillon Bleu » en 2015.	Maintien de la qualité des eaux littorales.
Faune et flore marines	<p>Très bon état de vitalité des peuplements récifaux au nord de la corne du récif avec un recouvrement corallien et une diversité spécifique en faune benthique sessile remarquable. Zone à très forte sensibilité écologique.</p> <p>Bon état de vitalité des peuplements récifaux de la zone de platier ; Dynamique des populations d'Acropores remarquable.</p> <p>Absence de recouvrement corallien ainsi que de zone de sédiment meuble / Présence d'un substrat dur de galets enalgués au sud du port actuel : présence d'une zone dégradée sous l'influence d'apports d'eau douce et sédimentaires à l'exutoire des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang.</p> <p>Trois espèces de cétacés ont été recensées au sein de la zone d'étude : la baleine à bosse (<i>Megaptera novaeangliae</i>) - le grand dauphin de l'Indo-pacifique (<i>Tursiops aduncus</i>) - le dauphin long bec (<i>Stenella longirostris</i>).</p> <p>Ainsi que deux habitats importants pour 2 espèces de tortues marines : la tortue verte <i>Chelonia mydas</i> et la tortue imbriquée <i>Eretmochelys imbricata</i>.</p>	<p>Protection et préservation des récifs coralliens à proximité du bassin portuaire notamment vis-à-vis d'effets indirects sur ces milieux.</p> <p>Le secteur jouxtant le port de St-Leu représente des enjeux certains pour les cétacés et les tortues. Les 3 espèces de cétacés et les 2 espèces de tortues potentiellement concernées par le projet constituent des enjeux forts. La prise en compte de ces espèces dans le cadre du projet d'extension du port de St-Leu est donc fondamentale</p>
Avifaune marine	<p>La zone aménagée du port actuel participe à la pollution lumineuse générale du littoral de Saint-Leu.</p> <p>Risque d'accroissement du nombre de luminaires dans le cadre du projet.</p>	Prise en compte du problème des échouages des jeunes pétrels et puffins induits par les éclairages artificiels par le choix d'un éclairage adapté.

PARAMÈTRES PRINCIPAUX	CARACTÉRISTIQUES	CONTRAINTES ET ENJEUX
USAGES		
Fréquentation et attractivité touristique	<p>Usage de plaisance, loisirs, promenades et de pratiques sportives le long de la façade maritime aménagée.</p> <p>Attractivité touristique importante de la commune pour les activités de baignade, surf, plongée, plaisance et pêche.</p>	<p>Respect de la réglementation applicable dans le cadre de la RNMR, notamment pour les activités de pêche professionnelle ou de loisirs.</p>
Réseaux d'assainissement et réseaux d'eaux pluviales	<p>Risque de dégradation de la qualité des eaux et des sédiments marins par rejet dans le milieu naturel.</p>	<p>Mise en place d'un réseau d'assainissement collectif pour reprise des eaux usées des bâtiments et sanitaires projetés.</p> <p>Traitement des eaux de carénage refoulées dans le réseau EU existant.</p> <p>Récupérations des eaux de toiture des bâtiments existants et projetés dans un réseau collectif.</p>
DOCUMENTS D'URBANISME ET REGLEMENTAIRES		
SAR 2011	<p>Projet mentionné dans le SAR comme élément structurant du développement raisonné des activités nautiques et balnéaires</p> <p>Le périmètre de la RNMR constitue un espace de protection forte du SAR</p>	<p>Compatibilité du projet avec le SAR et le Plan de Gestion de la RNMR</p> <p>Modification de l'état ou de l'aspect de la Réserve soumise à autorisation</p> <p>Justification de l'adéquation besoins-ressources et réduction des rejets issus du ruissellement</p>
Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion	<p>Partie maritime du projet inscrite dans la zone de Protection renforcée de niveau 2a de la RNMR.</p> <p>Extension du port de Saint-Leu considérée comme compatible avec les objectifs de la Réserve</p>	<p>Gestion des usages en zone de protection renforcée. Respect de la réglementation applicable notamment pour la phase de travaux.</p> <p>Protection et préservation des récifs coralliens à proximité du bassin portuaire notamment vis-à-vis d'effets indirects sur ces milieux.</p>
SDAGE 2010 et SAGE Ouest	<p>Conservation de la qualité des eaux littorales.</p> <p>Préservation et protection des écosystèmes marins à proximité du projet.</p> <p>Maintien des usages baignade, pêche, plongée, surf.</p>	<p>Maintien de la qualité des eaux littorales.</p> <p>Protection et préservation des récifs coralliens à proximité du bassin portuaire notamment vis-à-vis d'effets indirects sur ces milieux.</p> <p>Respect de la réglementation applicable dans le cadre de la RNMR, notamment pour les activités de pêche professionnelle ou de loisirs.</p>
PLU 2007	<p>Bassin portuaire actuel et emprise d'extension inscrits en zone UP destinée aux activités portuaires.</p>	<p>Comptabilité du projet avec les documents d'urbanisme.</p>

1.2 Justification du choix du projet

Le premier objectif du projet de réaménagement du port de Saint Leu est d'apporter une réponse à la situation actuelle de cet équipement public, à savoir :

- Saturation de l'offre d'emplacements au regard de la demande des plaisanciers et des acteurs économiques

Le port actuel compte 150 emplacements, ce qui en fait un des bassins portuaires les plus petits de La Réunion

- Vieillesse et inadaptation des ouvrages et des équipements portuaires (insuffisance du tirant d'eau, offre de service de qualité insuffisante...).

Toutefois, le projet d'extension de la capacité d'accueil et de modernisation du port de pêche et de plaisance de Saint Leu participe d'une démarche plus globale d'aménagement du front de mer du centre-ville afin d'en renforcer la cohérence et l'identité touristique et balnéaire tout en préservant son patrimoine historique et en tournant le pôle attractif de la commune de Saint Leu vers la mer.

En ce sens, le projet présenté conjugue tout à la fois :

- Une opportunité rare de valorisation du front de mer par le développement des activités de pêche et de plaisance ;
- Mais également la mise en œuvre d'une dynamique de développement économique et touristique afin d'offrir des activités de détente et de loisirs accessibles à tous.

Ce projet aura un impact économique et touristique fort pour la commune (augmentation des activités touristiques et de la fréquentation) et permettra à la population de Saint Leu de se réapproprier le front de mer.

Dans une dynamique de promouvoir un développement économique et touristique respectueux de son environnement, le Territoire de la Côte Ouest (TCO) et la ville de Saint Leu ont orienté le projet vers une démarche d'éco conception et d'adaptation aux besoins et aux contraintes environnementales du site.

1.2.1 Présentation du parti d'aménagement terrestre

L'extension du bassin portuaire et l'augmentation de la capacité d'accueil requièrent une restructuration globale des espaces techniques et des équipements associés du port (stationnement, abris des pêcheurs).

Dans le cadre du projet présenté, les emprises terrestres du port seront dédiées aux services aux plaisanciers, aux cheminements doux et aux activités événementielles, voire à de la restauration.

Il est également prévu d'aménager des équipements complémentaires sur les terrains communaux situés face au port existant, de l'autre côté de la rue de la Compagnie des Indes. Ces deux terrains sont occupés, l'un par une école qu'il est prévu de démolir, l'autre par un parc de stationnement avec des locaux associatifs en structure légère, planté de grands filaos.

Cet aménagement est envisagé dans le cadre d'une deuxième tranche.

La zone libérée de l'autre côté de la rue de la Compagnie des Indes pourrait permettre d'accueillir des locaux commerciaux liés au nautisme ou au tourisme, des activités de restauration et un parc de stationnement relativement important.

Il est donc proposé de positionner les parkings en retrait de la zone portuaire et à proximité des voies d'accès, ce qui permet de reporter le flux automobile de la rue de la Compagnie des Indes et de libérer un vaste espace piétons paysager entre le port et les activités commerciales.

La liaison ville – port peut ainsi s'effectuer par le prolongement de la rue du Commandant Legros.

1.2.2 Projet d'extension de la capacité portuaire

1.2.2.1 Comparaison des variantes

Dans le cadre de la réflexion préalable sur l'aménagement, plusieurs scénarios ont été envisagés :

- création d'un port à l'intérieur des terres sous la forme d'une marina accessible par la ravine du Petit Étang ;
- création d'un port à sec ;
- extension du port en mer ;
- extension du port en mer avec éco-conception.

Les deux premiers scénarios ont progressivement été écartés car ils présentent des contraintes très lourdes :

- marina accessible depuis la ravine : foncier non disponible, délocalisation d'installations sportives, réhaussement du tablier des ponts, dragages réguliers de la ravine, impact environnemental sur la ravine

- port à sec : foncier non disponible, conflits d'usage dans un contexte de front de mer très fréquenté par le public, réponse insuffisante aux objectifs de création d'un centre d'intérêt touristique et patrimonial pour la commune.

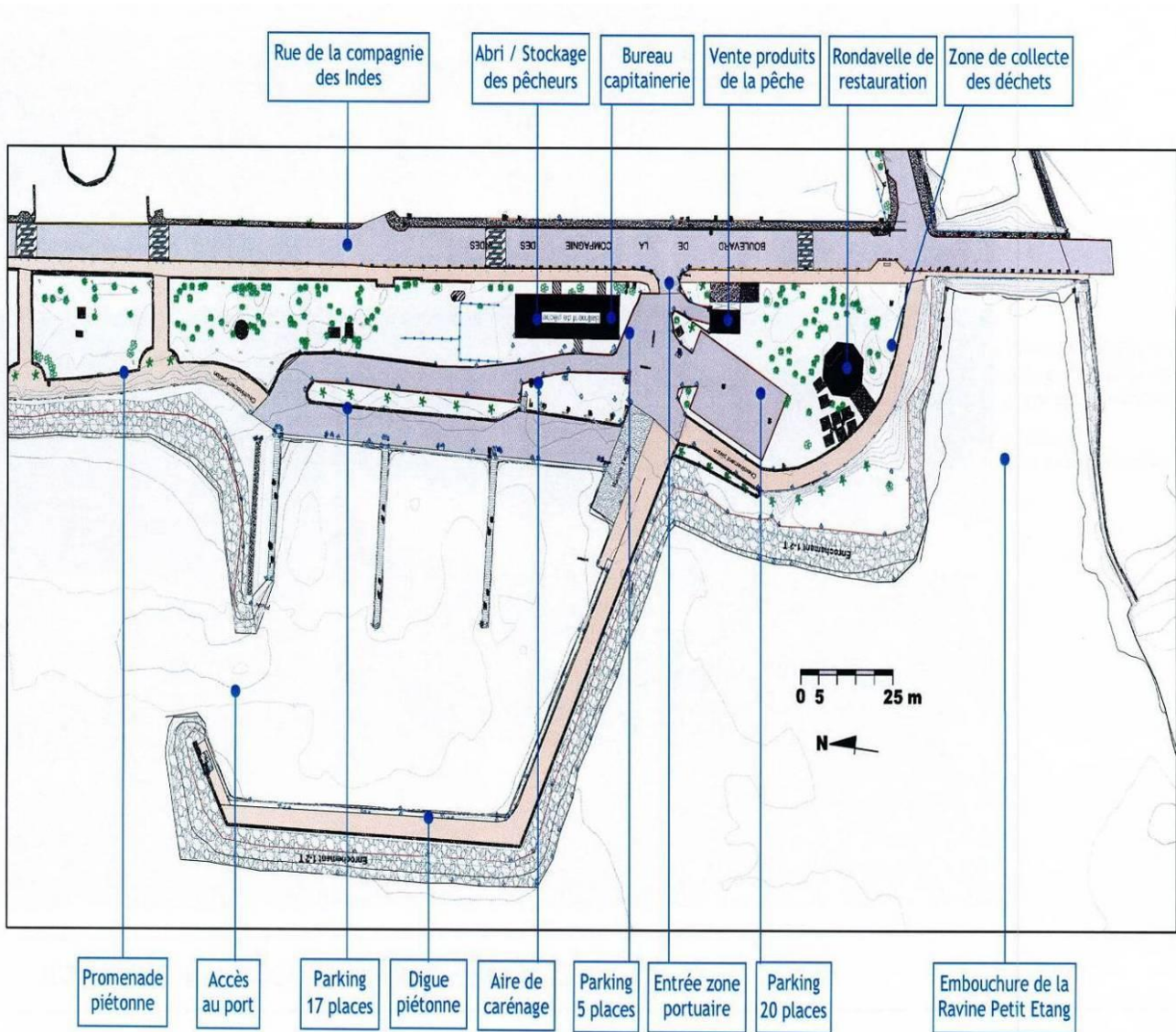
Le projet d'extension en mer s'est donc imposé comme la solution à privilégier. Au regard des enjeux environnementaux très forts et de la politique de développement touristique durable impulsée par la commune de Saint Leu et le T.C.O, un 4^{ème} scénario incluant l'intégration de solutions techniques d'éco-conception adaptées aux ouvrages portuaires (voir chapitre 3.3.1) a été retenu.

1.2.2.2 Description du projet

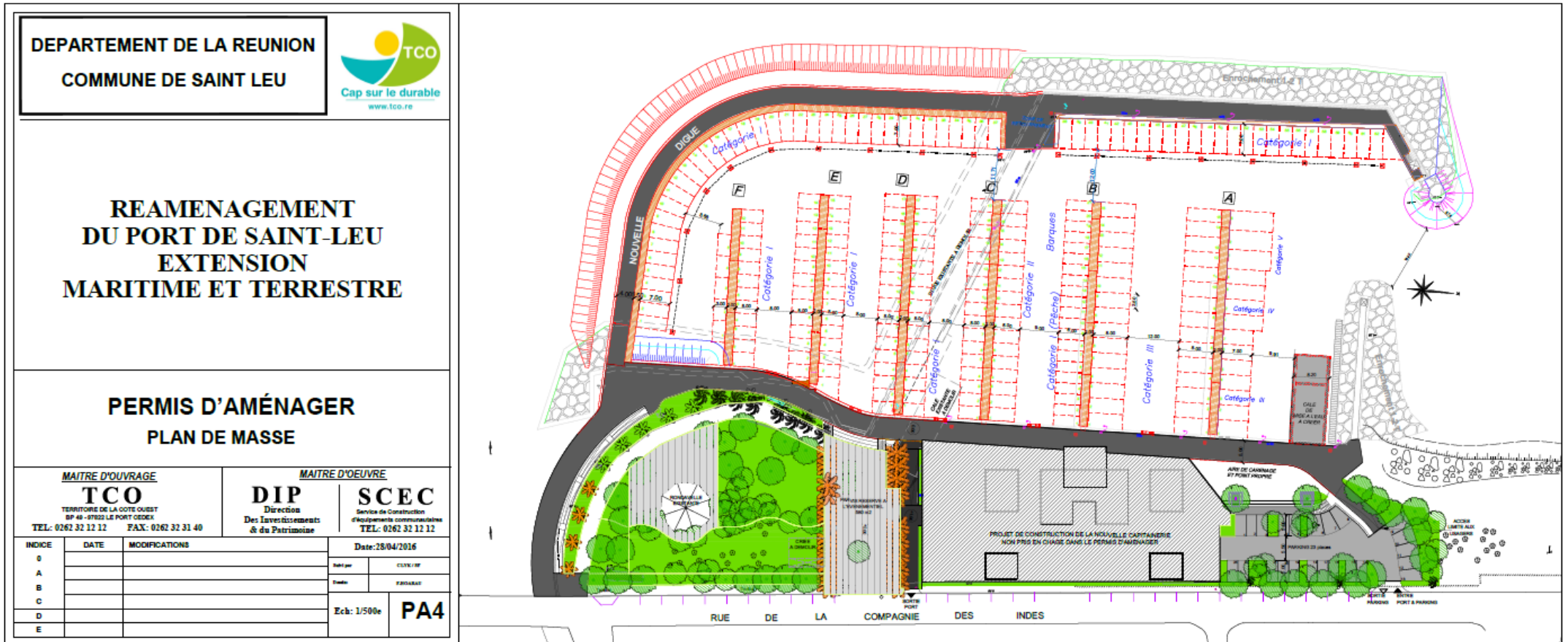
Les principes généraux de la nouvelle organisation portuaire reposent sur :

- Une extension du plan d'eau portuaire vers la ravine (zone à faible sensibilité écologique) sans empiéter dans son lit, avec le déplacement de la digue existante ;
- Une réorganisation globale du plan d'eau visant une meilleure fonctionnalité avec :
 - le déplacement de la rampe de mise à l'eau à l'entrée du port (afin d'éviter tout sur-traffic à l'intérieur du port lié aux utilisateurs de la cale) ;
 - un regroupement des bateaux par catégorie (afin de disposer d'une organisation plus harmonieuse et d'optimiser la circulation sur le plan d'eau) ;
 - une adaptation des dimensions des postes aux différentes catégories de bateaux (afin de faciliter les manœuvres) ;
- Une extension d'environ 5 m de la digue principale afin d'améliorer les conditions d'agitation du plan d'eau ;
- Le dragage du bassin actuel afin de disposer sur l'ensemble du bassin d'un tirant d'eau adapté aux attentes des plaisanciers et en adéquation avec les catégories de bateaux présentes (entre -1,4 et -1,8 m selon le zonage retenu) ;
- La mise en place de nouveaux appontements flottants qui offrent un confort d'utilisation supérieur, une meilleure intégration paysagère et une souplesse accrue dans la gestion de l'espace portuaire ;
- Un amarrage sur catways qui permettent un meilleur maintien à poste des embarcations et une adaptation de la largeur des postes aux bateaux.

État actuel



État projet



1.2.2.3 Aménagements paysagers

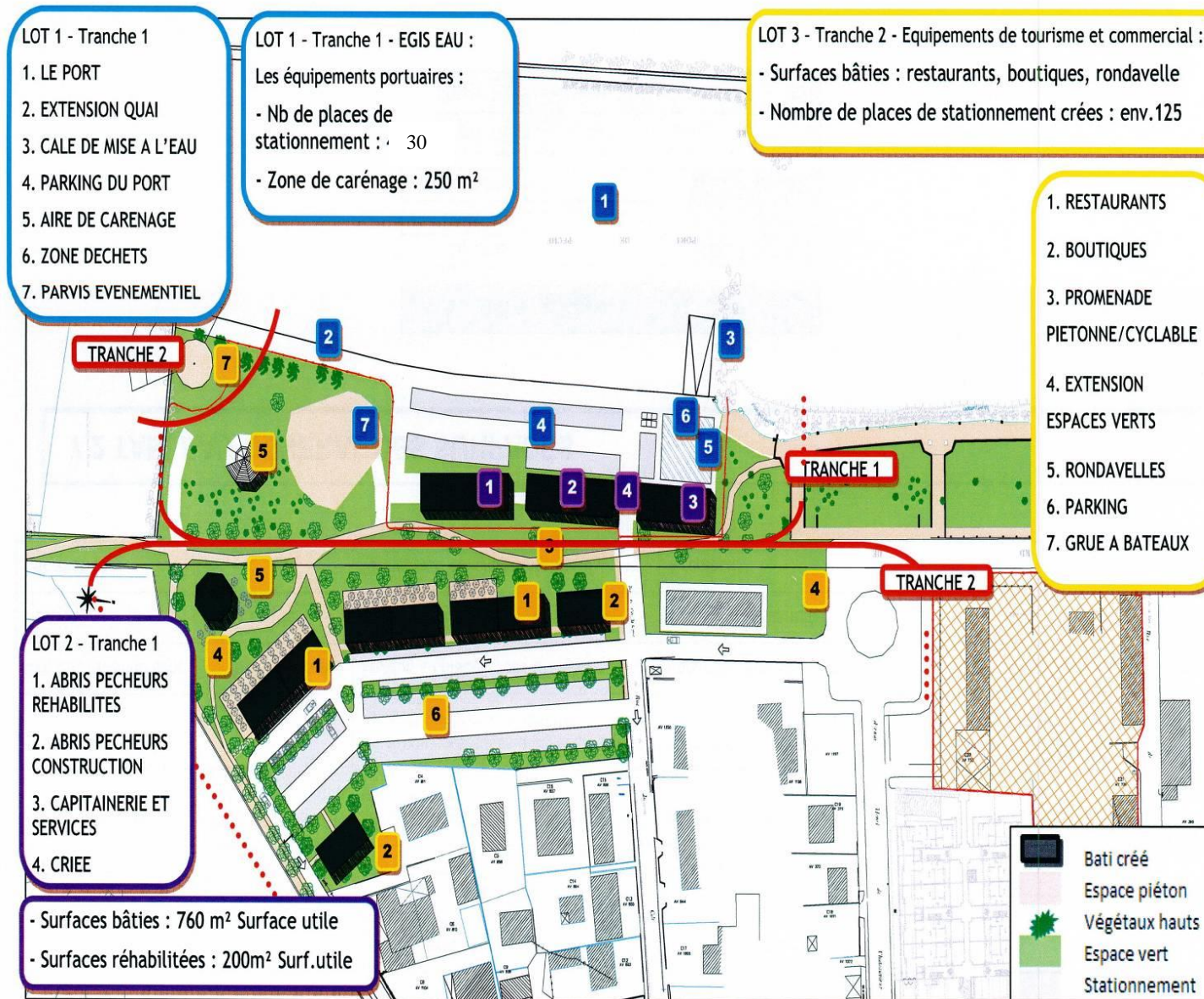
La végétation existante est principalement constituée de filaos et de badamiers et sera conservée dans la mesure du possible.

Le traitement paysager des espaces publics terrestres prévoit :

- La suppression des aires de stationnement et des voiries inutiles

Les espaces de stationnement seront reportés de l'autre côté de la rue de la Compagnie des Indes (à l'exception d'un parking de 23 places attenant à la capitainerie et dédié aux usagers du port) qui sera elle-même, à terme, intégrée à cette promenade, y compris le pont enjambant la ravine qui est situé dans son prolongement ;

- La création d'un large mail piétonnier de front de mer planté ;
- La revalorisation de l'ensemble des espaces privilégiant les végétaux endémiques.



1.3 Effets du projet sur l'environnement

1.3.1 Effets du projet sur le milieu physique

Les outils de modélisation et les méthodologies qui ont été mis en œuvre pour évaluer les effets du projet sur le milieu physique correspondent à l'état de l'art en la matière. Une maille de résolution de 10 mètres a été utilisée pour les modèles hydro-sédimentaires, ce qui correspond au meilleur compromis pour tenir compte de tous les processus intervenant dans l'élévation du niveau de la mer (étude des surcotes) et la dynamique sédimentaire (transport de sable, envasement), mais également de la précision des données d'entrée disponibles (nature des fonds, apports des ravines, bathymétrie) qui ne permettraient pas d'appréhender ces processus à des échelles métriques.

Toutefois, le rédacteur précise que les conclusions des simulations mathématiques effectuées dans le cadre de la présente étude doivent être appréhendées avec précaution en raison des caractéristiques de la zone d'étude qui comprend des récifs frangeants de faible emprise et des phénomènes de forçage dans le lagon complexes difficilement modélisables.

1.3.1.1 Effet sur le niveau d'eau du lagon

Les modèles Seamer et Swan ont été mis en œuvre pour chaque configuration du port sur 6 conditions météo-océaniques différentes faisant intervenir des conditions variées en termes de houles et de cyclones.

Les résultats ont mis en évidence que le projet n'a aucun effet significatif sur les surcotes dans le lagon de Saint Leu quelles que soient les conditions simulées (y compris pour une situation extrême correspondant à un cyclone passant sur l'île avec un débit de la ravine d'occurrence centennale).

L'impact du projet est limité à la zone de l'embouchure de la ravine pour laquelle la nouvelle digue conduit à canaliser l'écoulement, ce qui entraîne une légère augmentation du niveau moyen pour des valeurs de débit de la ravine d'occurrence élevée (décennal ou centennal). Cette augmentation est de l'ordre de quelques centimètres (8cm pour le cyclone Connie) sur la moyenne des surcotes maximales dans la zone.

1.3.1.2 Effet du projet sur la dynamique hydro-sédimentaire

Les modèles Seamer et Swan ont été mis en œuvre pour chaque configuration du port sur 4 conditions météo-océaniques faisant intervenir des conditions variées en termes de forçages (débits, marée, houle, cyclone). L'apport solide en particules fines est considéré par des flux solides introduits dans les ravines.

Les résultats ont mis en évidence que le projet d'aménagement du port augmente d'un facteur 2 à 2.8 l'envasement de la zone située au nord de la digue nord du port en conditions de houle australe ou de cyclone.

Cet envasement concerne toutefois une zone d'emprise réduite et ne devrait pas générer d'impact significatif ni sur la zone à enjeux de la Corne située un peu plus au nord, ni sur la zone de protection intégrale de la RNMR située au sud (entre la ravine du Grand Etang et la ravine des Poux).

L'envasement du bassin du port est très faible en état actuel, il reste faible en état projet et diminue même en conditions cycloniques.

On relève en situation de marée seule un très léger déplacement vers le sud du cône de dépôt du débouché de la ravine qui n'apparaît pas significatif. Le projet n'induit donc pas de modification des dépôts des particules fines apportées par la ravine dans le lagon et en particulier dans la zone de protection intégrale de la RNMR.

1.3.1.3 Effet du projet sur le transport de sable

Les modèles Seamer et Swan ont été mis en œuvre pour chaque configuration du port sur 4 conditions météo-océaniques en considérant des sables de 500 microns sur le fond.

Les résultats ont mis en évidence que le projet d'aménagement du port augmente légèrement le transport au niveau de l'embouchure de la ravine mais ne modifie pas les schémas actuels de circulation des sables.

Grâce à sa position excentrée de l'axe de dérive littorale situé sur la limite du platier récifal, le projet n'a aucun effet significatif dans le reste du lagon et sur l'ensablement du bassin.

1.3.1.4 Effet du projet sur l'éventuelle création d'une nouvelle passe dans le lagon et sur la vague « Gauche de Saint Leu »

L'effet du projet sur la barrière corallienne et notamment l'éventuelle création d'une nouvelle passe paraît peu probable en l'état des connaissances.

Il en va de même des effets possibles du projet sur le spot de surf dit de la Gauche de Saint Leu pour lequel aucune perturbation hydro-dynamique n'est envisagée.

1.3.1.5 Effet du projet sur la qualité de l'eau

En phase travaux, les risques de pollutions seront dus aux démolitions, terrassements et également aux fuites des engins de chantier. Afin de s'affranchir de ce risque, l'entreprise de travaux sera tenue de mettre en œuvre des moyens d'intervention spécifique pour confiner les rejets et pollutions pouvant altérer la qualité du cours d'eau.

Les travaux ainsi que les aménagements n'influenceront pas la qualité des eaux souterraines.

En phase de fonctionnement, la qualité des eaux ne sera pas non plus altérée.

Le projet d'aménagement intègre la collecte et le traitement par séparateur à hydrocarbure des eaux de ruissellement sur voiries et parking. Les effluents de l'aire de carénage seront confinés et ne seront pas mélangés avec les autres eaux de ruissellement afin de faire l'objet d'un traitement spécifique.

Ces dispositions ont vocation à améliorer la qualité de l'eau par rapport à l'état initial.

1.3.1.6 Effet du projet sur les sols

Il n'y a aucun effet notable du projet sur les sols en l'absence de travaux de reconstitution ou d'excavation.

1.3.2 Effet du projet sur le milieu naturel

1.3.2.1 Effets du projet sur l'avifaune

Les lumières artificielles sont extrêmement attractives pour les jeunes pétrels et puffins qui s'échouent dans les villes. Le réseau d'éclairage mis en place devra respecter les recommandations de la SEOR pour limiter l'impact sur l'avifaune.

1.3.2.2 Effets du projet sur le peuplement corallien

A- Effets indirects

Le projet n'a pas d'effet direct sur les peuplements coralliens qui ne sont pas situés dans l'emprise des ouvrages projetés.

Néanmoins, le projet pourrait avoir un effet indirect temporaire sur des zones coralliennes à forts enjeux situées sur le platier et sur les pentes externes. Au regard des observations et des sensibilités écologiques mises en évidence, une attention particulière devra être portée lors de la réalisation des travaux d'extension de la zone portuaire existante.

En effet, les apports sédimentaires liés aux travaux d'aménagement devront être confinés et surveillés en continu pour ne pas risquer de dégrader les zones récifales sensibles situées sur le platier de la Corne nord et sur la pente externe associée, ainsi que sur la zone de protection renforcée située au sud de l'embouchure de la ravine du Grand Etang.

B- Evocation de la coulée de boue de 2012

La coulée de boue qui a affecté le littoral de Saint Leu du 5 au 6 Février 2012 mérite d'être évoquée dans le cadre de l'étude d'impact compte tenu du retour d'expérience qu'elle permet de constituer en matière d'effet d'un panache de pollution de très grande ampleur sur les récifs coralliens.

Cette catastrophe est intervenue à la suite de fortes intempéries qui, si elles ne sont pas liées à une occurrence pluviométrique très significative, ont donné lieu à une déclaration de catastrophe naturelle par arrêté ministériel du 11 juillet 2012.

Le ruissellement des eaux a généré des dégâts matériels conséquents dans le centre-ville de Saint Leu, mais également un lessivage des terrains et un déversement massif d'eaux chargées de boue (avec une très forte charge bactériologique) dans le lagon qui, faute de brassage suffisant, ont stagné et constitué un panache de pollution très sombre pendant plus de 3 semaines.

La matière organique piégée autour des matières en suspension s'est progressivement dégradée conduisant à des dégagements d'odeurs nauséabondes. Les récifs coralliens ont été enveloppés dans une gangue de boue pendant plusieurs jours.

La biodiversité du lagon a rapidement été asphyxiée par l'appauvrissement des fonds en oxygène et en luminosité et l'intrusion de molécules toxiques, ce qui a généré des niveaux de mortalité très significatifs (mortalité des poissons des fonds, des oursins et de la faune corallienne, blanchiment puis mortalité corallienne).

La conjonction d'un panache de pollution issu d'une coulée de boue et d'une absence de houle cyclonique durant plusieurs jours a donc été à l'origine d'une perturbation durable de l'écosystème récifal de Saint Leu qui a fait l'objet d'études qui à ce jour n'ont pas été exploitées mais peuvent faire l'objet d'une analyse plus approfondie (en particulier les photos aériennes permettant de rendre compte de la couverture spatiale du panache).

On pourra relever que :

- d'une part, les vases susceptibles d'être remises en suspension à l'occasion des travaux de dragage ou d'aménagement des digues de protection du port ne présentent pas de charges organiques ou polluantes aussi importantes
- d'autre part que des dispositions constructives spécifiques et des mesures de confinement adaptées par rideau filtrant seront mises en œuvre pour limiter de façon drastique la divagation des panaches de pollution.

1.3.2.3 Effets du projet sur la faune marine

A- Cétacés

Le tableau suivant récapitule les effets du projet sur les cétacés :

Espèce	Habitat	Fonctionnalité du site d'étude	Présence	Sensibilité	Niveau d'impact
Grand dauphin de l'Indo-pacifique	Côtier restreint (0-60m de fond)	Connexion de la population Accueille potentiellement l'ensemble des activités vitales de l'espèce	Toute l'année	Forte : Population résidente Effectif faible Habitat linéaire restreint Observé en proportion conséquente au sein du site d'étude	Fort en phase de travaux Moyen en phase d'exploitation
Dauphin long bec	Côtier et pélagique	Indéterminée	Toute l'année	Moyenne : Large répartition Mouvement entre le large et les eaux côtières	Faible en phase de travaux Faible en phase d'exploitation
Baleine à bosse	Côtier restreint (5-100m de fond)	Corridor de déplacement Zone de reproduction Zone de repos	De juin à novembre	Forte (si la période de présence des baleines est concomitante aux travaux) : Observée en proportion conséquente au sein du site d'étude Présence de couples mères / baleineaux Période de reproduction	A l'échelle de la Réunion : Moyen en phase de travaux Moyen en phase d'exploitation A l'échelle de la population globale du stock C : Faible

B- Tortues

Au niveau de la zone d'étude, les travaux de dragage et de battage risquent d'engendrer la production d'ondes sonores dérangeantes pour les tortues marines. Elles devraient donc se déplacer et s'éloigner des zones bruyantes. En tout état de cause, les nuisances sonores produites par les opérations de dragage et de battage ne seront pas d'une intensité mortelle pour ces espèces.

En revanche, des travaux de type brise roche pourraient produire des sons plus nuisibles s'ils viennent à dépasser 220 à 240 dba et impacter directement les individus en occasionnant des blessures de gravité variable. Des prescriptions de niveaux sonores à respecter seront imposées aux entreprises en charge des travaux et feront l'objet d'une surveillance.

Les matières en suspension liées à la phase de chantier limitent la pénétration de la lumière et freinent ou stoppent la croissance des algues et plantes marines dont se nourrissent les tortues marines. En outre, ces matières en se déposant sur les fonds peuvent être à l'origine de mortalité par recouvrement des espèces fixées (coraux, algues,...).

Or, les tortues comme les oiseaux marins sont très sensibles aux éclairages artificiels. Les femelles recherchent pour pondre les zones sombres du littoral. A contrario, les nouveaux-nés se dirigent vers la zone de l'horizon la plus lumineuse.

Les matières en suspensions générées par le chantier devront être confinées en permanence par des rideaux filtrants couvrant toute la colonne d'eau et un suivi en continu des paramètres sédimentologiques permettra d'en vérifier l'efficacité et de prendre toute mesure supplémentaire utile en temps réel (réduction des cadences voire arrêt du chantier).

L'extension de la capacité du port devrait par ailleurs entraîner une augmentation du trafic sur le littoral de St Leu et en particulier au niveau du chenal d'accès au port. Les risques de collision entre les embarcations et les tortues marines seront donc accrus.

Enfin, les déchets plastiques représentent une des principales menaces pour la faune marine et les tortues marines en particulier. Le projet de réaménagement du port inclut la mise en œuvre d'une gestion raisonnée des déchets par le renforcement des points de collecte et de tri sélectif dans l'emprise portuaire.

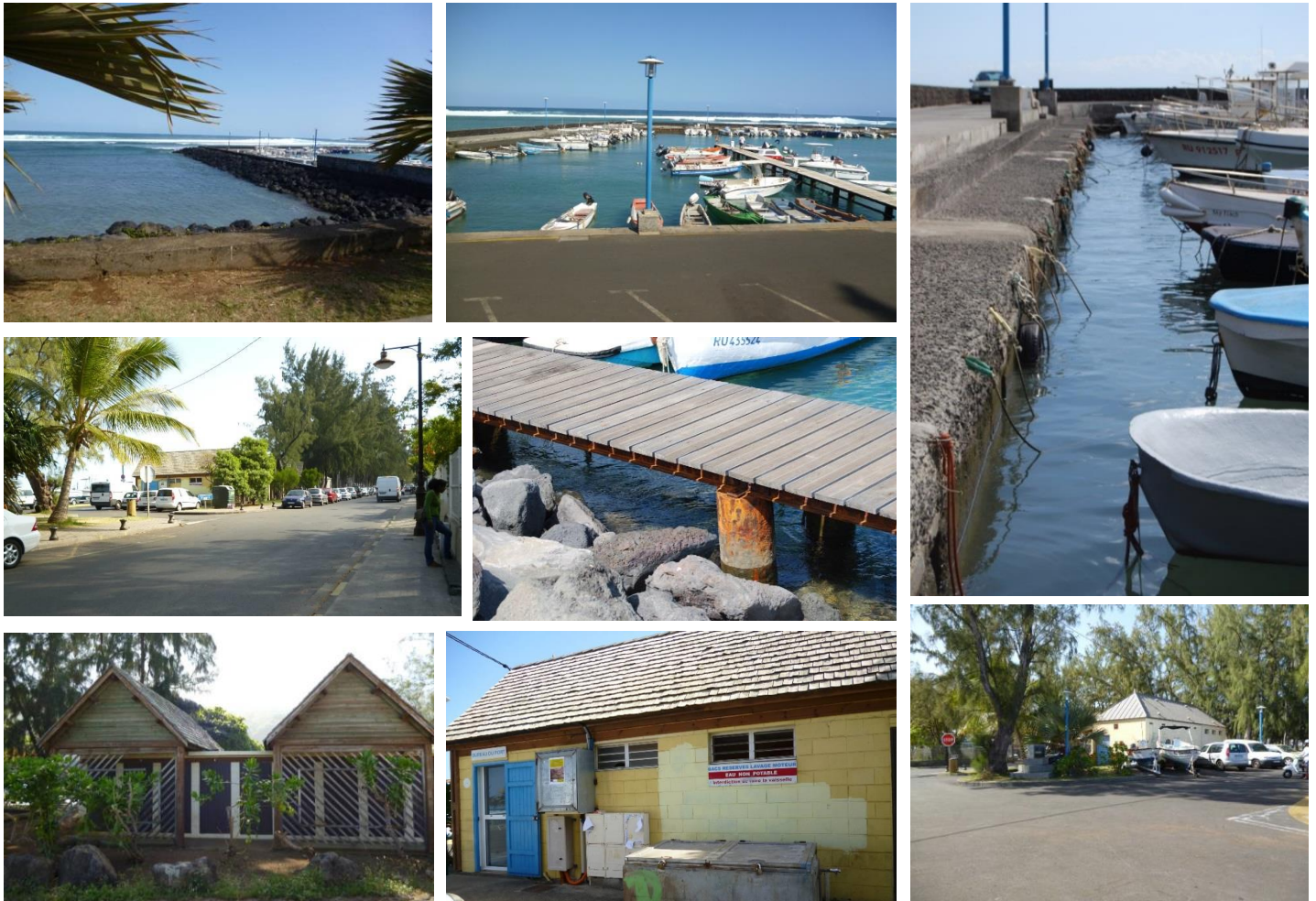
1.3.3 Effets du projet sur les paysages

L'objectif du projet est de :

- Requalifier le front de mer du centre-ville de Saint-Leu avec un aménagement dédié aux modes de circulation doux (piétons, vélos) et la mise en retrait des espaces de stationnement et des voiries ;
- Valoriser la qualité paysagère du mail ainsi créé ;
- Moderniser des infrastructures portuaires (pontons, bornes de services...) anciennes et dégradées afin d'en renforcer l'image et l'attractivité ;
- Aménager une capitainerie à l'architecture innovante et fonctionnelle, adaptée aux besoins et aux attentes des pêcheurs et des plaisanciers, avec maintien et amélioration de l'activité de la criée ;
- Servir d'accroche à l'ouverture de la ville sur la mer.

Concernant l'extension du bassin portuaire, la digue créée sera construite à la même cote d'arase que la digue existante afin de minimiser l'impact visuel.

Les bâtiments actuels, qui sont dans un état vétuste, seront démolis et regroupés en une capitainerie composée de différents modules en bardages bois, espacés de 5 m, laissant ainsi de larges percées visuelles, mettant en évidence le principe de transparence entre le front de mer piéton paysager et le port.



1.4 Mesures réductrices, compensatoires et d'accompagnement

1.4.1 Management environnemental du chantier

Le management environnemental proposé fixe plusieurs objectifs dont la ligne directrice générale est de maîtriser les impacts environnementaux et réduire les nuisances sur l'environnement.

A ce titre, il est prévu de mettre en place dans le cadre de cette opération un Comité de Suivi du Milieu Marin qui sera chargé de statuer sur les modalités du suivi environnemental du chantier, de s'assurer de la qualité et de la pertinence du protocole de suivi et des mesures d'accompagnement mises en œuvre, et de contrôler l'efficacité des mesures réductrices adoptées.

Ce Comité sera animé par un coordonnateur environnement spécifiquement mandaté et regroupera le Maître d'ouvrage TCO, la ville de Saint Leu, les services de l'Etat (DEAL, ARS), la RNMR, des scientifiques et des usagers de la mer.

1.4.2 Mesures réductrices vis-à-vis du milieu physique

1.4.2.1 Qualité des eaux

Les mesures retenues comprennent :

- Mise en place de rétentions, pour prévenir tout épandage de produits polluants ;
- Mise à disposition de kits absorbants, en cas d'épandage accidentel ;
- Stockage des terres polluées pour en assurer le traitement en centre agréé ;
- Récupération des eaux grises de chantier pour éviter leur rejet au milieu naturel (stockage, récupération, décantation des eaux, dont les eaux de rinçage des toupies) ;
- Confinement des travaux maritimes par des rideaux filtrants pour éviter toute dégradation de la qualité des eaux du lagon (MES).

1.4.2.2 Eaux pluviales

Les eaux de ruissellement sur voiries et parking seront collectées et pré-traitées dans un séparateur à hydrocarbure avant rejet dans le réseau pluvial urbain.

Les effluents de l'aire de carénage seront confinés afin de faire l'objet d'une unité de traitement spécifique.

1.4.2.3 Qualité de l'air

Les mesures retenues comprennent :

- Arrosage des aires de chantier lors des périodes de terrassement important.
Il sera préférentiellement effectué avec les eaux météoriques, pour limiter la consommation d'eau potable, ce qui nécessite des équipements de récupération ;
- Bâchage des camions et des bennes transportant les déblais / remblais et tous matériaux fins ;
- Limitation de la vitesse des véhicules sur le chantier à 20 km/h.

1.4.3 Mesures réductrices vis-à-vis du milieu naturel

1.4.3.1 Milieu marin

Les effets potentiels du projet sur le milieu marin sont essentiellement de deux ordres :

- Augmentation de la turbidité (diffusion MES) ;
- Emissions sonores.

A- Turbidité

La définition de la méthodologie de dragage du bassin existant et de son extension nécessite des études techniques approfondies non disponibles à ce stade.

Les modalités de dragage devront toutefois respecter un cahier des charges rigoureux dans le but de réduire au maximum :

- les émissions turbides dans le lagon et donc l'impact du dragage sur l'écosystème marin ;
- la teneur en eau des matériaux à transporter.

Pour réduire cet impact un rideau flottant de confinement des fines sur toute la colonne d'eau sera mis en place autour des engins de dragage afin de contenir les panaches de turbidité dans la zone de chantier.

La jupe du rideau est constituée de plusieurs couches de géotextiles ce qui permet d'obtenir des performances de filtration élevées de l'ordre de quelques microns selon les modèles du marché.

B- Nuisances sonores

Les mesures retenues comprennent :

- Mise en place de rideaux de bulles d'air pour isoler la zone de travaux ;

Ils permettent une diminution du bruit d'environ 10db et ont montré leur efficacité dans les eaux peu profondes

(Würsig, B. et. al., 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. Mar. Enir. Res., 49 : 79-93) ;
- Montée en puissance progressive des nuisances sonores (ramp-up) afin d'effaroucher les espèces sensibles et de ne pas les exposer à un niveau sonore susceptible de causer des dommages physiques ;

(Richardson, W.J, et. al., 1995. Marine Mammals and Noise. - Academic Press, San Diego, 576 pp.) ;
- Surveillance acoustique et visuelle du site en préalable aux phases de chantier les plus bruyantes, afin de s'assurer de l'absence de cétacés dans la zone d'impact potentiel ;

- Élaboration d'un code de conduite à diffuser auprès des opérateurs en charge des travaux, visant à les sensibiliser sur la conduite à tenir en cas de présence de mammifères marins dans la zone de travaux.

C- Phasage des travaux

Les opérations générant les nuisances sonores les plus importantes correspondent aux travaux de battage de pieux et de dragage.

Le phasage de chantier devra être organisé de telle façon que ces travaux soient réalisés impérativement en dehors des périodes sensibles pour les espèces marines concernées, c'est-à-dire hors période de migration des baleines à bosse et de reproduction des tortues vertes (juillet à octobre).

D- Sensibilisation du public vis-à-vis des déchets et des risques de collisions

Il est proposé d'installer des panneaux d'information pédagogiques ayant pour objectif de sensibiliser la population en général et les usagers de la mer en particulier sur les habitats et espèces présents sur la zone d'étude et sur les dangers inhérents aux déchets plastiques.

Ils auront également pour but de sensibiliser les usagers sur le risque de collision avec les tortues et les règles de navigation limitant ces risques : vitesse réduite aux abords des récifs et vigilance durant toute la navigation.

3 panneaux seront réalisés :

- un panneau de sensibilisation sur les espèces marines (cétacées et tortues) présentes dans la baie de Saint Leu ;
- un panneau de sensibilisation sur les risques de collision avec les tortues ;
- un panneau d'information sur les risques inhérents aux déchets plastiques.

Ces panneaux seront placés à l'entrée piétonne du Port de façon à être visibles de tous.

Par ailleurs, il est reconnu que les populations de baleines à bosse se montrent plus tolérantes à l'approche des navires si ceux-ci respectent des lignes de conduites cadrant l'approche et l'observation des cétacés. A La Réunion, la « charte d'approche des baleines » récapitule ces bonnes pratiques. Une large diffusion de cette charte parmi les usagers du port permettra de limiter les impacts potentiels liés aux approches inadaptées.

1.4.3.2 Milieu terrestre

A- Avifaune - Mesure d'atténuation de l'impact lumineux

En cas d'activité nocturne du chantier, le choix de l'équipement d'éclairage se portera sur des modèles ayant un impact neutre sur l'avifaune et plus particulièrement sur les oiseaux marins très sensibles aux fortes émissions lumineuses. L'éclairage sera exclusivement dirigé vers le sol sur des surfaces non réfléchissantes pour éviter les échouages observés chez les Pétrels et les Puffins attirés par les signaux lumineux forts.

Il est précisé que les travaux nocturnes feront l'objet d'une limitation stricte et devront être justifiés.

Afin d'atténuer l'impact de l'éclairage sur l'avifaune, le projet intègre l'installation de candélabres et éclairages respectueux des recommandations de la SEOR. Les points lumineux existants non conformes seront remplacés.

1.4.4 Mesures réductrices vis-à-vis des paysages

Le projet ne prévoit pas l'abattage d'arbre de valeur patrimoniale. Les arbres concernés par des mesures d'abattage se situent aux abords immédiats des bâtiments du port.

Le projet comprend un renforcement des zones paysagées et arborées sur le front de mer :

- Sur les zones de stationnement existantes qui seront supprimées et végétalisées ;
- Sur la promenade longeant le port ;
- Autour de la rondavelle ;
- Sur le parvis évènementiel ;
- Dans un second temps sur l'avenue de la Compagnie des Indes.

Des plantes grimpantes seront prévues le long des enceintes des zones techniques (carénage, zone de tri des déchets, ...).

1.4.5 Mesures réductrices vis-à-vis du milieu humain

1.4.5.1 Point propre

Un espace spécifique dédié à la récupération des déchets portuaires sera créé sur le port. Il sera implanté à proximité de l'aire de carénage.

Cet espace pourra contenir (à confirmer sur la base d'un diagnostic des flux de déchets portuaires) :

- Une pièce spécifique pour récupération des produits toxiques (liquides et solides) ;
- Une cuve étanche de récupération des huiles ;
- Un conteneur pour les bidons d'huile ;
- Une colonne pour les piles ;
- Un bac pour les batteries ;
- Un conteneur pour chaque type de fusée de détresse ;
- Un bac pour les accastillages vétustes et les matériaux des pêcheurs (hameçons, filets, ...) ;
- Une caisse pour les palettes ;
- Un fût avec couvercle pour stockage des filtres ;
- Un bac de stockage des cartons ;
- Une armoire de récupération des fûts ;
- Une benne ouverte pour le tout-venant ;
- Une benne fermée étanche pour récupération des déchets souillés (pots de peinture, pinceaux etc.) ;
- Des équipements de sécurité ;
- Des équipements pour la gestion des pollutions portuaires accidentelles.

Ce point propre fera l'objet d'une signalétique appropriée.

Une notice d'utilisation sera mise à disposition des usagers et une notice de gestion et d'entretien de cet espace sera mise à disposition du gestionnaire

1.4.5.2 Installation de points de collecte de déchets

Pour faire face à l'augmentation de la fréquentation, le projet inclut l'implantation d'une douzaine de poubelles sur les quais.

1.4.6 Mesures compensatoires

Il est proposé de réaliser pendant le chantier une étude sur l'effet des émissions sonores anthropiques sur les cétacés et les tortues, étant entendu que les travaux les plus

impactants se dérouleront hors période de migration des baleines à bosse et de reproduction des tortues vertes.

Les niveaux de bruit émis par le chantier seront caractérisés et la propagation de l'onde sonore analysée dans le cadre d'une étude acoustique préalable. Cette étude permettra de recueillir un jeu de données acoustiques représentatif des niveaux de bruit qui seront émis par le chantier.

L'étude acoustique permettra également de vérifier le respect des valeurs plafond définies en l'état actuel des connaissances au regard des impacts identifiés sur les cétacés et les tortues, à savoir :

- 145 dB ref $1\mu\text{Pa}^2/\text{s}$ (SEL) et 180 dB ref 1 μPa (peak-peak), bruit de fond compris, mesuré à l'extérieur du lagon (cétacés)
- 166 dB ref $1\mu\text{Pa}^2/\text{s}$ (SEL) et 180 dB ref 1 μPa (peak-peak), bruit de fond compris, mesuré à l'intérieur du lagon (tortues marines).

Elle sera complétée par des prospections visuelles et acoustiques in situ visant à caractériser l'influence des émissions sonores sur le comportement des cétacés et des tortues marines (identification de modifications par rapport aux relevés antérieurs).

1.4.7 Mesures d'accompagnement

1.4.7.1 Eco conception portuaire

Dans le cadre de ce projet, le TCO et la commune se sont engagés à faire du port de Saint Leu un port « écologique » capable de générer un effet bénéfique sur le milieu biologique marin environnant grâce à l'intégration de dispositifs d'éco-conception spécifiques aux zones portuaires.

L'objectif de l'éco-conception est de concevoir des ouvrages capables de restaurer et de développer à terme la richesse écologique en mimant les systèmes créés par la nature.

L'éco-conception portuaire a pour objectif d'organiser et d'installer des ouvrages destinés à restaurer et à développer les écosystèmes côtiers d'eau calme, naturellement attractifs pour les juvéniles d'espèces souvent cibles de la pêche. Les ports deviennent des outils écologiques performants et intégrés à leur environnement sous-marin.

Entre autres techniques, seront mis en place :

- des nurseries pour juvéniles à l'intérieur du bassin portuaire ;
- des micro-habitats ;
- des éléments de béton écologique destinés à accélérer la colonisation de la faune et de la flore (corail et algues) ;

- des éco-blocs constitutifs du corps de digue pour juvéniles récifaux (langoustes).



**ANALYSE DE L'ÉTAT
INITIAL DU SITE ET DE
SON ENVIRONNEMENT**

2

Analyse de l'état initial du site et de son environnement

2.1 Emplacement des aménagements

2.1.1 Localisation administrative

Région / Département	Réunion (974)
Commune concernée	Saint-Leu
Maître d'Ouvrage	Territoire de la Côte Ouest

2.1.2 Situation géographique et contexte du projet

La commune de Saint-Leu et le T.C.O souhaitent étendre la capacité d'accueil du port dont les 150 anneaux actuels ne suffisent pas à répondre à la demande. Cette opération a également pour objectif de réaménager et moderniser les aménagements existants.

Le secteur d'étude intègre la partie urbanisée du centre-ville et la zone récifale du lagon au large de celui-ci (Cf. Carte 1). Cette zone présente des enjeux environnementaux forts.

Une mission de maîtrise d'œuvre a permis de déterminer un programme d'aménagement au stade d'Avant-projet.

Les objectifs émanant de cette opération sont d'une importance majeure pour la commune de Saint-Leu :

- valorisation du front de mer par le développement des activités de pêche et de plaisance ;
- mise en œuvre d'une dynamique de développement économique et touristique afin d'offrir des activités de détente et de loisirs accessibles à tous.

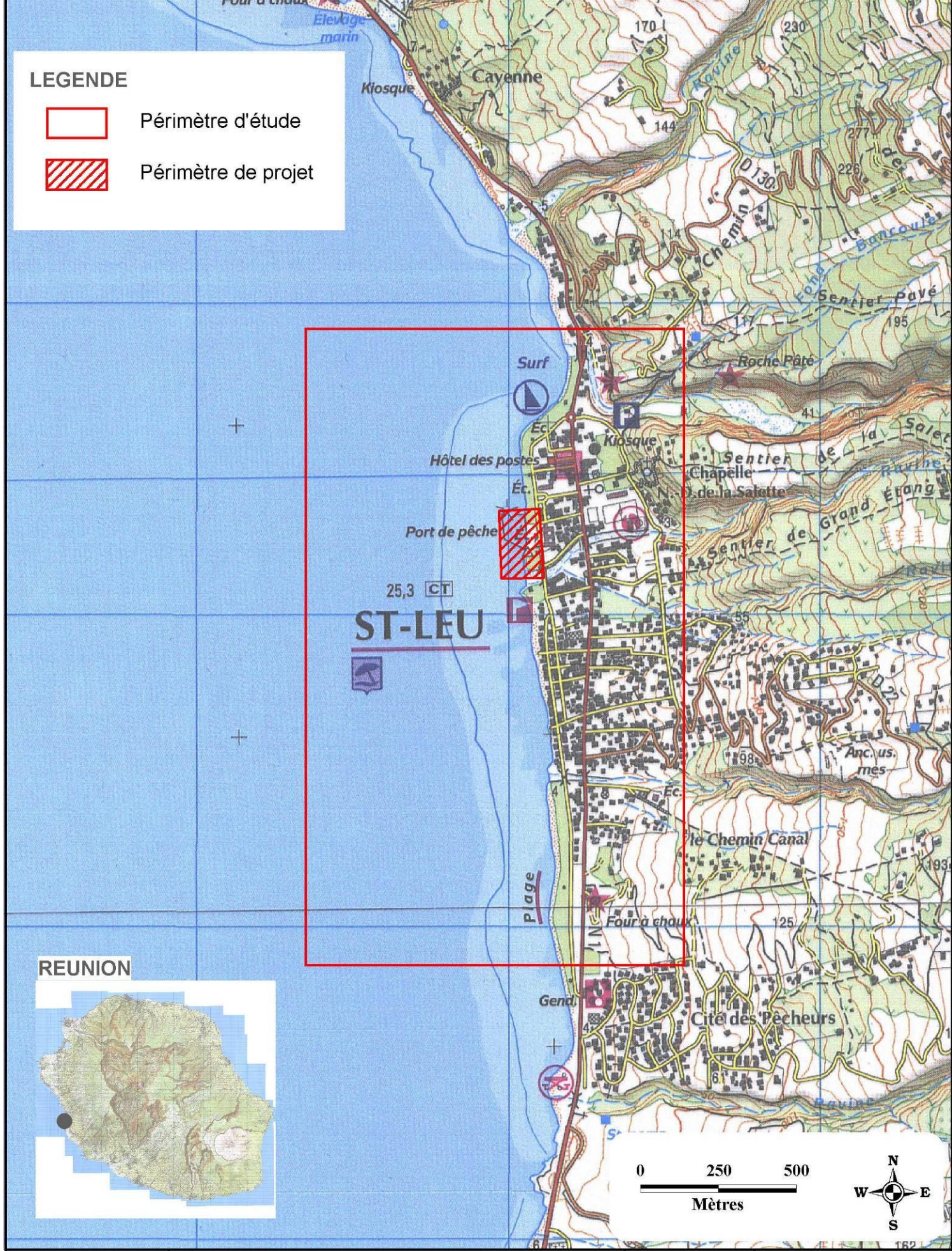
Les travaux seront ainsi exécutés sur le territoire de la Commune de Saint-Leu, dans le périmètre du bassin portuaire actuel et de la zone d'extension envisagée au sud (Cf. Carte 2).

Cette zone est délimitée :

- à l'ouest, par la digue du bassin actuel ;
- au nord, par l'entrée du port et le chenal d'accès ;
- au sud, par l'exutoire de la Ravine Grand-Étang ;
- à l'est, par la rue de la Compagnie des Indes.

LEGENDE

-  Périmètre d'étude
-  Périmètre de projet



REUNION



Extension du port de Saint-Leu
Etudes réglementaires

Carte 1 : Situation du secteur d'étude




Source :
SCAN 25 IGN 2003

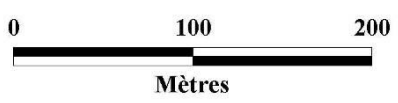
avril 2011

08PRU010



LÉGENDE

-  Périimètre de projet
-  Cadastre commune de Saint-Leu
-  Limite communale



Extension du port de Saint-Leu
 Etudes réglementaires
Carte 2 : Détail de la localisation du projet

Source :
 Orthophoto 2003
 Cadastre 2010
 mars 2011
 08PRU010



2.2 Milieu physique

2.2.1 Climatologie

Les données météorologiques ont été fournies par METEO France ou issues de l'atlas climatique de La Réunion, Météo France, 2011.

Le climat de La Réunion est un climat tropical humide, caractérisé par l'alternance de deux saisons :

- Un hiver de mai à octobre, frais et sec ;
- Un été de novembre à avril, chaud et humide ; c'est la période où se forme l'essentiel des dépressions tropicales et des cyclones.

Les stations météorologiques implantées à proximité du site sont les suivantes :

	Altitude (m NGR)	Donnée mesurée
Pointe Trois-Bassins	5	Pluviométrie, températures, vent, rayonnement
Colimaçons	798	Pluviométrie depuis 1963, températures depuis 1964, vent, rayonnement
Ferme Corail Saint-Leu	3	Pluviométrie depuis 1990
Saint-Leu	55	Pluviométrie, températures, vent, rayonnement
Etang St Leu	429	Pluviométrie, températures, vent, rayonnement
Pont Mathurin	20	Pluviométrie depuis 1961, températures, vent, rayonnement, humidité depuis 2015

Tableau 2.1 : Liste des stations météorologiques à proximité de la zone d'étude

2.2.2 Températures

Au niveau des zones littorales dites « chaudes », la température moyenne reste généralement supérieure à 20°C.

Les données climatiques sur les températures les plus représentatives de la zone d'étude sont issues de la station « Pointe Trois-Bassins » ouverte depuis le 22 septembre 1987.

La température moyenne est de 24,5°C sur l'année, avec une moyenne de 21°C pendant l'hiver (record de 15.1°C) et de 28°C pendant l'été austral (record de 36.3°C).

Les températures sont exprimées en °C (degré Celsius) et mesurées sous abri.

2.2.3 Précipitations

La zone de Saint-Leu, et notamment le littoral, est une zone peu pluvieuse dans le contexte réunionnais, avec une moyenne inférieure à 1 m/an (448 mm en normale annuelle à la Pointe des 3 Bassins depuis 1980 mais un record de 981 mm en 2015).

Cette faible pluviométrie moyenne est cependant marquée par des épisodes de fortes pluies :

- Les records quotidiens enregistrés sont de 391 mm à la ferme Corail (mars 2015), 592 mm aux Colimaçons (2002), 383 mm à Saint-Leu (mars 2015) ;

Un record mensuel de 1 456 mm aurait été enregistré en 1960 à Mascarin ;

- La pluie décennale, sur 24 h, s'établit autour de 216 mm (199 mm à Étang Salé, 233 mm à Saint-Gilles Les Bains) ;
- La pluie trentennale, toujours sur 24 h, s'établit à plus de 286 mm (256 mm à Étang Salé, 315 mm à Saint-Gilles Les Bains).

Exemple de l'épisode orageux du 22 avril 2015

Le 22 avril 2015, La Réunion est soumise à un régime d'alizés d'est à sud-est devenant plus humides. Des entrées maritimes abordent le département le matin en donnant de faibles averses sur l'est à localement modérées sur le Sud. L'après-midi, avec l'évolution diurne, la masse d'air s'instabilise, principalement sur l'Ouest et sous le vent du relief.

Un gros orage se développe sur le secteur de St-Leu et déverse des pluies torrentielles en quelques heures.

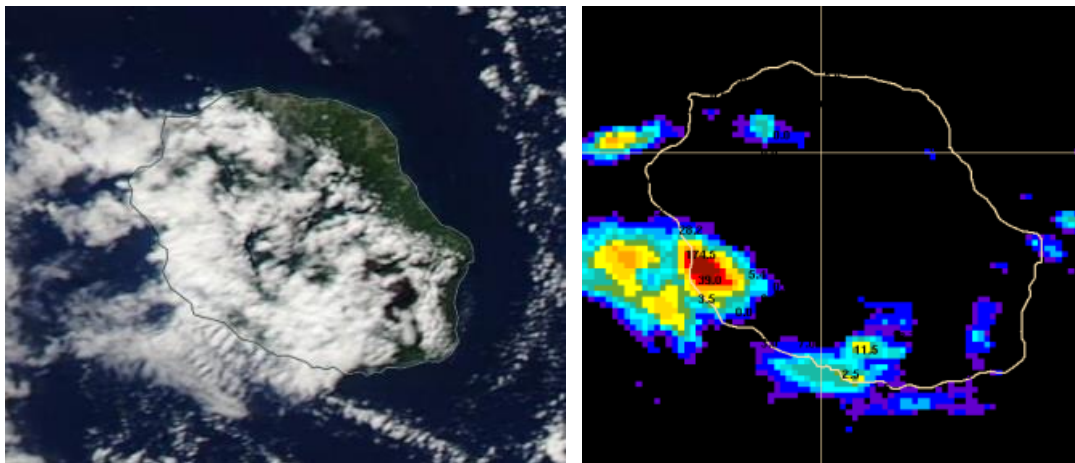


Figure 2.1 : Image satellite et lame d'eau radar du 22 avril 2015
(Source : Météo France)

Les plus forts cumuls sur la commune de St-Leu ont été relevés sur le poste de l'Etang-St-Leu Cirad :

- en 1 heure : 82,5 mm
- en 2 heures : 146,0 mm
- en 6 heures : 174,5 mm .

2.2.4 Insolation

Le littoral de Saint-Leu est une des zones les plus ensoleillées de La Réunion.

La durée moyenne d'insolation est comprise entre 2 000 h/an et 2 500 h/an, ce qui correspond à une valeur moyenne quotidienne de 6 à 8 h.

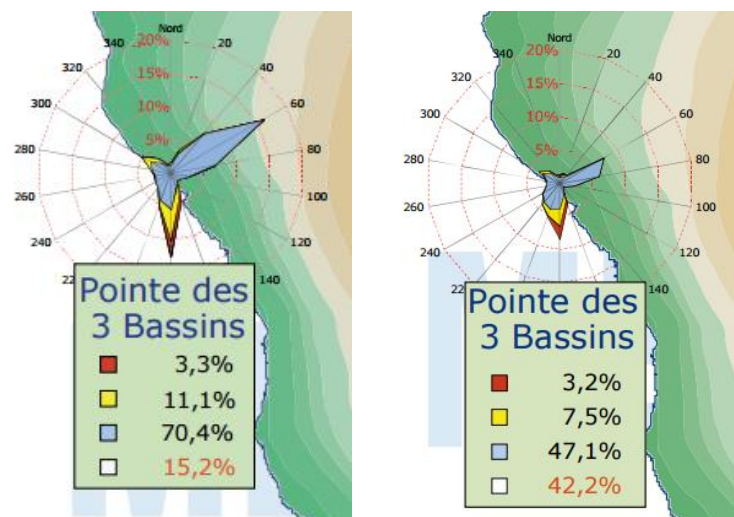
2.2.5 Vents

L'Anticyclone des Mascareignes génère les alizés qui soufflent au secteur sud-est principalement durant l'hiver austral (remontée de l'anticyclone vers le nord). Leur vitesse dépasse rarement les 8 m/s. En été le régime de brise orienté au nord-est dévie les alizés.

Situé sur la côte sous le vent, le site est protégé des vents dominants par le haut relief de l'île.

La station de mesure la plus pertinente au vu de la situation de la zone de projet est celle de « Pointe Trois-Bassins ».

Les données de vents (moyenne annuelle des vents sur 10 minutes) obtenues auprès de Météo France sur une période allant de 1988 à 1995 donnent la rose des vents suivante :



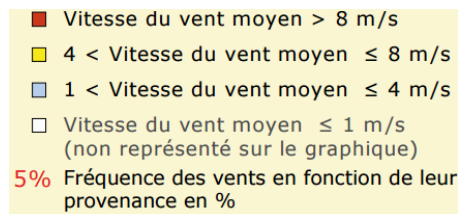


Figure 2.2 : Rose des vents Pointe Trois-Bassins pour l'année 2015 (à gauche) et la période 2001-2010 (à droite)
 (Source : Météo France)

Les périodes calmes représentent un pourcentage d'occurrence dans le temps assez important (20,5 %). La **vitesse moyenne des vents** est relativement faible car comprise entre 2 et 5 m/s la très grande majorité de l'année.

A noter que la vitesse de vent moyen la plus élevée sur une année relevée à la station de la Pointe des 3 Bassins a été mesurée en 2015 à 2.4 m/s (dont 123 jours à plus de 10 m/s).

La dominance des alizés d'est à sud-est est nette sur cette station.

Les brises maritimes diurnes en provenance de l'ouest et du sud-ouest sont également représentées avec des vitesses inférieures à 8 m/s.

Durant l'été austral, de décembre à mars, le vent le plus fréquent vient du nord (360°) à nord-est (60°) très faible à moyen (0 à 5 m/s).

En période d'alizés, d'avril à novembre, le vent le plus fréquent et le plus fort vient du sud-ouest (120°) au sud (180°) avec des pointes pouvant être supérieures à 8 m/s.

Globalement sur l'année, les vents dominants sont les vents de secteur nord-est à sud-est d'une intensité moyenne relativement faible comprise entre 0 et 5 m/s.

2.2.6 Influence des cyclones et dépressions tropicales

2.2.6.1 Vents extrêmes

Les cyclones susceptibles d'atteindre La Réunion sont générés dans la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ZCIT), entre le 10^{ème} et le 20^{ème} parallèle. Leurs trajectoires sont aléatoires mais peuvent se résumer généralement suivant trois grands types :

- Parabolique : trajectoire du nord-est vers le sud-est ;
- Zonal : trajectoire est-ouest ;
- Méridien : trajectoire nord-sud.

D'après les statistiques de Météo-France sur la période 1967-1997, 6 % des systèmes passés à moins de 100 km des côtes avaient leur secteur d'origine à 300 km des côtes dans le quart sud-ouest et 25 % sont passés dans ce même secteur (source Météo-France).

La Figure suivante représente les trajectoires de cyclones s'approchant de moins de 100 miles nautiques de La Réunion.

D'après la bibliographie, la rafale maximum enregistrée est de 80 m/s au Port. La valeur extrême décennale est de 37 m/s et la valeur centennale de 50 m/s (Département de la Réunion, Protection du littoral Nord contre la houle, Commune du Port, Avant-Projet définitif, EMO/RAVP60-2009-11, Novembre 2009).

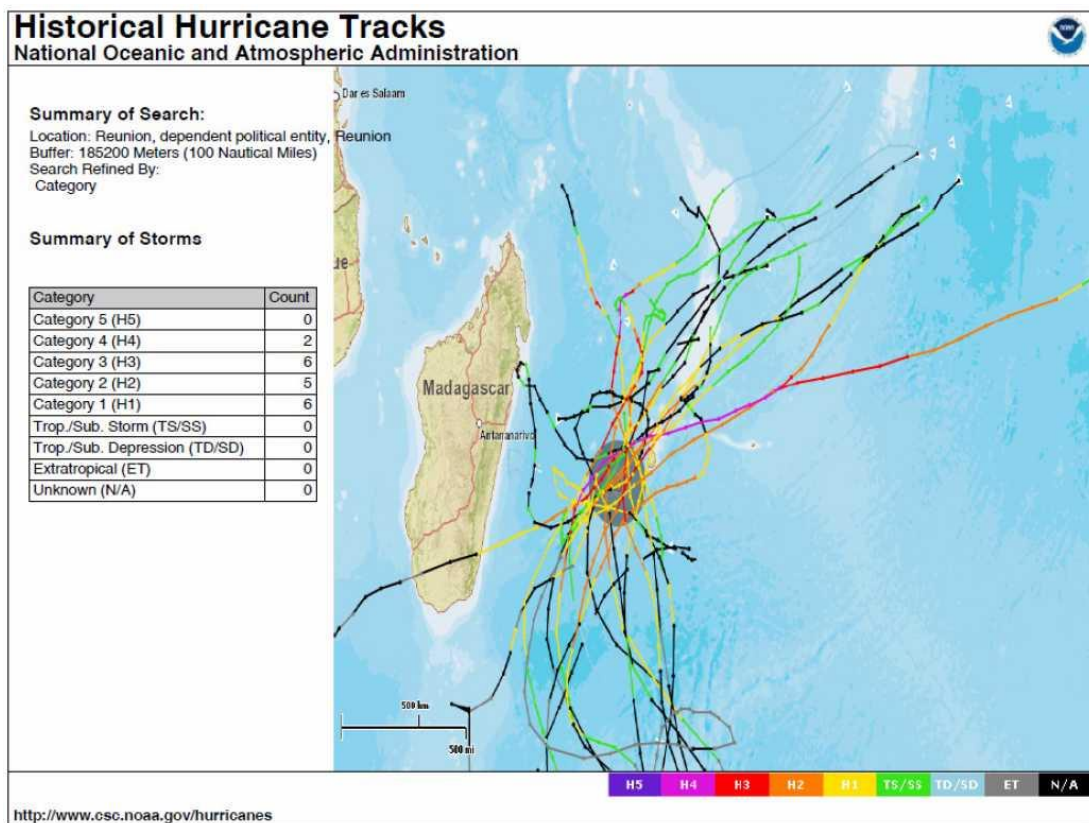


Figure 2.3 : Trajectoires de cyclones s'approchant de moins de 100 miles nautiques de la Réunion (Source : <http://csc.noaa.gov/hurricanes>)

Aux vents dominants d'alizés viennent s'ajouter les brises thermiques notamment pendant l'hiver austral (inversion de la direction des vents par l'action de la température), et le fœhn redescendant des sommets. En période cyclonique (de janvier à mars), La Réunion peut être atteinte par des dépressions aux vents violents (100 à 150 km/h) en provenance du nord-est.

On parle de dépressions tropicales si les vents présentent une vitesse inférieure à 63 nœuds (117 km/h), et de cyclones tropicaux au-dessus de 64 nœuds.

Dans le bassin sud-ouest de l'Océan Indien, une douzaine de systèmes dépressionnaires tropicaux sont observés annuellement en moyenne dont 9 atteignent le stade de tempête tropicale modérée, et 4 le stade de cyclone tropical.

2.2.6.2 Influence des houles cycloniques

La provenance dominante des houles cycloniques est majoritairement le secteur nord à nord-est mais la variabilité des trajectoires de cyclones ne permet pas de ne considérer que cette hypothèse.

D'une manière générale, l'impact d'un cyclone sur le bassin versant d'une ravine ou rivière peut se traduire par des glissements de terrains, une destruction de la végétation des berges et des strates arborescentes, un appauvrissement des populations faunistiques, une modification de la morphologie du lit et donc des faciès d'écoulement.

Au niveau du littoral, on peut assister à une dégradation des peuplements madréporaires (phénomène de blanchissement corallien) par apports de matières polluantes d'origines naturelles ou anthropiques et à une érosion côtière exceptionnelle avec de forts mouvements sédimentaires.

Le risque cyclonique lié à la fréquence de formation des cyclones (1 cyclone tous les 4 ans à moins de 70 km de l'île en moyenne) implique une prise en considération sérieuse des risques liés à la houle, aux épisodes pluvieux et aux vents extrêmes lors de la conception des aménagements.

2.3 Milieu continental

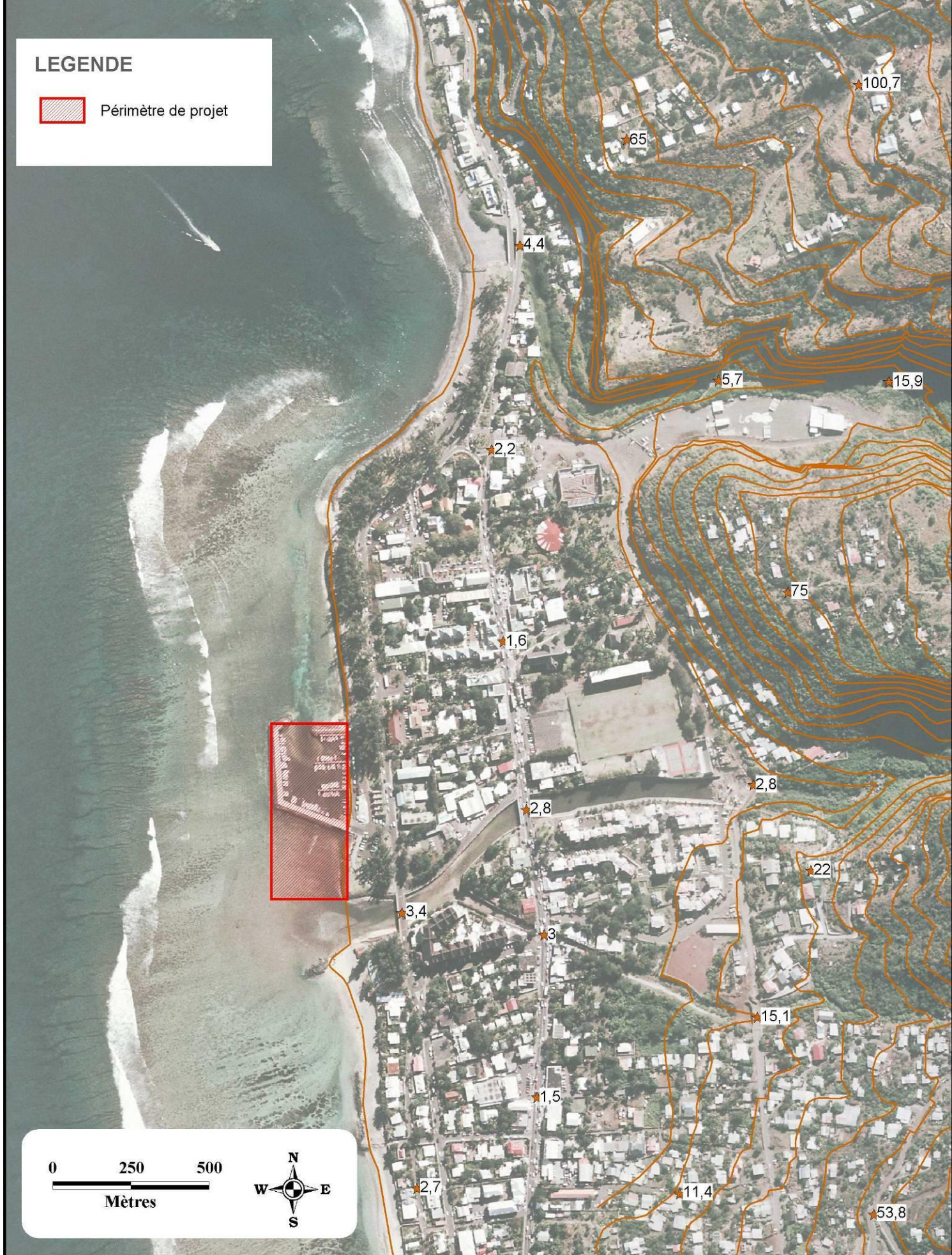
2.3.1 Relief et topographie

Le port de Saint-Leu et la zone contiguë envisagée pour l'extension sont situés sur le littoral sur un terrain relativement plat et en pente douce depuis la voirie d'accès jusqu'à la mer (Cf. Carte 3). Les données altimétriques de référence sont :

- + 3,5 m NGR environ pour la Rue de la Compagnie des Indes ;
- + 1,6 m NGR environ pour la digue actuelle et l'emplacement de la balise en entrée du port ;
- entre - 0,7 m NGR et - 2,33 m NGR pour les fonds du bassin portuaire.

LEGENDE

 Périmètre de projet



0 250 500
Mètres




Extension du port de Saint-Leu
Etudes réglementaires
Carte 3 : Topographie de la zone d'étude

Source :
Orthophoto 2003
BD Topo 2003
mars 2011
08PRU010



2.3.2 Contexte géologique et géomorphologique

 Les informations concernant la géologie sont issues de la carte géologique du BRGM au 1/50 000^{ème} et de la bibliographie disponible.

2.3.2.1 Cadre géologique régional

L'île de La Réunion est au sens géologique une terre récente d'environ 3 millions d'années composée de 3 grands secteurs : les formations géologiques issues du massif du Piton des Neiges (entre 70 000 et 230 000 ans), les formations issues du Piton de la Fournaise et celles comprenant les formations géologiques superficielles (alluvions, dépôts lacustres et sables/éboulis).

2.3.2.2 Cadre géologique local

La zone littorale du lagon est recouverte par des sables dunaires d'origine mixte (volcanique et corallienne), hormis autour du débouché des ravines où l'on observe des graviers et galets d'origine basaltique (Cf. Carte 4).

Une grande partie du substrat dur dans le domaine maritime est d'ailleurs d'origine volcanique. La zone bio-construite (corail, algues calcaires) du lagon est formée d'un platier compact affleurant à basse mer, et d'une dépression d'arrière récif qui se caractérise par une bathymétrie plus élevée où la profondeur peut atteindre 1,5 m.

La zone littorale du lagon de Saint Leu peut être séquencée comme suit :

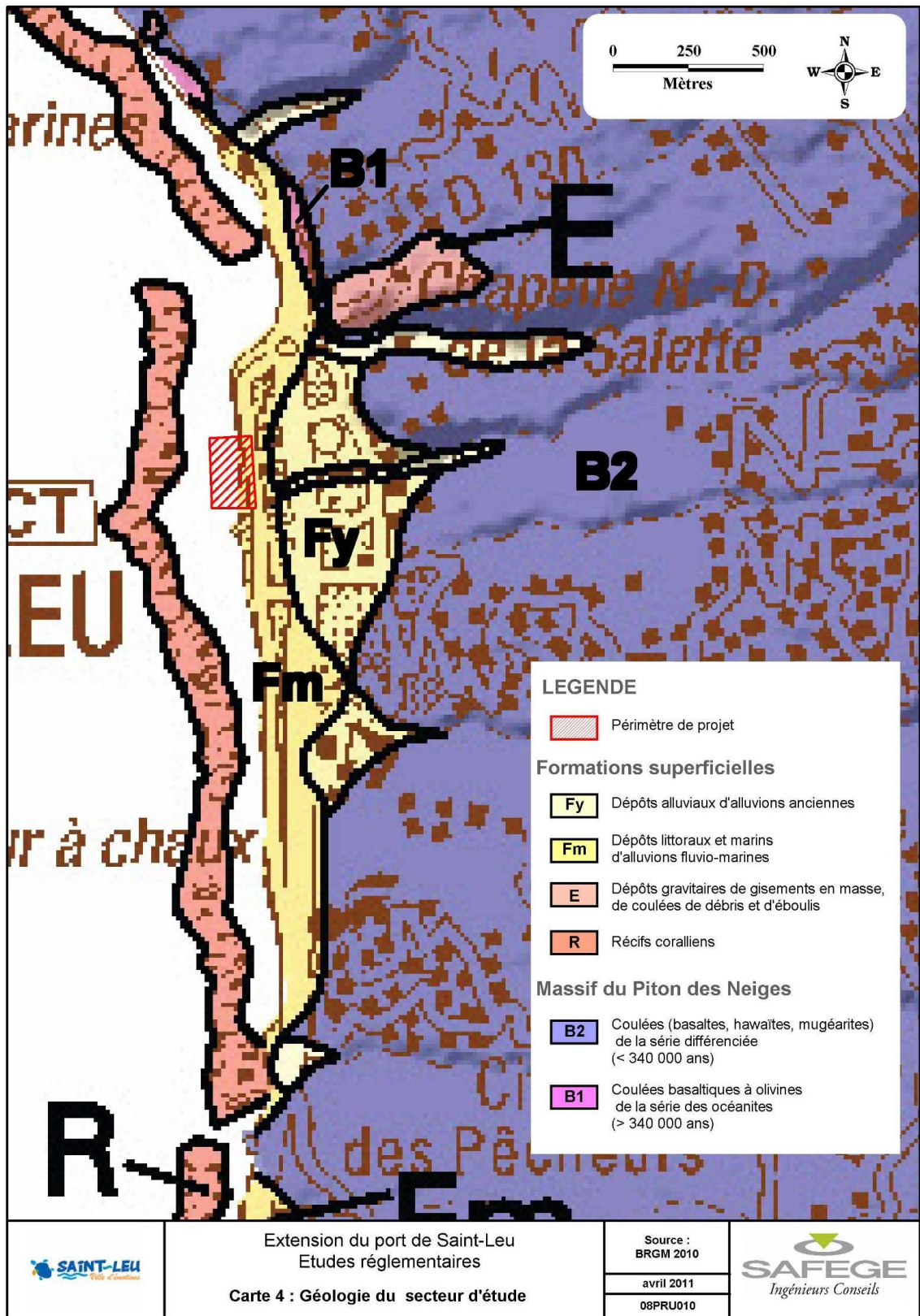
- 25 % du littoral est artificialisé (aménagements portuaires – talus du front de mer le long de la passe) ;
- 25 % de plage « étroite » bloquée par le bâti ;
- 50 % de plage plus large, avec une arrière plage végétalisée (filaos) mais occupée par des parcs de stationnement.

La zone de dépôt et d'échange de sable entre le lagon et le littoral est donc limitée et les échanges se font par transit maritime (courant, agitation et transit éolien).

Deux grands ensembles géologiques sont identifiés sur la zone d'étude représentant des formations superficielles :

- Les dépôts d'alluvions fluvio-marines ;
- Les récifs coralliens.

Le territoire en amont de la zone de projet est constitué de dépôts d'alluvions anciennes et, en altitude, de coulées de la série différenciée (< 340 000 ans) du Massif du Piton des Neiges constituées de basaltes, d'hawaïtes et de mugéarites.



Carte 4 : Géologie du secteur d'étude

2.3.3 Contexte hydrographique, hydrologique et hydraulique

2.3.3.1 Eaux de surface

A- Cours d'eau

Le réseau hydrographique de la zone d'étude se caractérise par l'absence de ravine pérenne. Il existe un réseau secondaire peu dense, apparaissant à la faveur de ruptures de pente et rejoignant une ravine principale ou directement l'océan. En termes d'hydrologie, aucune donnée n'est disponible sur le secteur d'étude. Les ravines ne font pas l'objet de mesures hydrométriques.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude présenté sur la Carte 5 est marqué par la présence de quatre ravines dont :

- Deux ravines se jetant en mer en deux exutoires éloignés de la zone de projet :
 - la Ravine de la Fontaine dont l'exutoire est situé au nord à plus de 500 m ;
 - la Ravine des Poux dont l'exutoire est situé au sud à environ 700 m.
- Deux ravines principales concernant directement la zone de projet :
 - la Ravine du Grand Étang : elle prend son origine au sein de la zone du Brulé de Saint-Leu en aval du Piton Véra à une altitude d'environ 1 950 m. Elle parcourt 9,6 km jusqu'à l'océan. Elle présente donc une pente moyenne de 20,3%.
 - la Ravine du Petit Étang : elle prend son origine en amont du Piton Véra à une altitude d'environ 2 120 m. Elle parcourt 10,8 km jusqu'à l'océan. Elle présente donc une pente moyenne de 19,6%.

Ces deux ravines se rejoignent en plein cœur du centre-ville de Saint-Leu pour se rejeter en mer dans un exutoire commun jouxtant la zone envisagée pour l'extension du port actuel.

Ces deux ravines ne présentent pas un débit pérenne et elles ne sont pas inscrites dans la liste des cours d'eau domaniaux de l'île de La Réunion au sens de l'Arrêté Préfectoral N°06-4709 du 26 décembre 2006.

La zone de projet est concernée par l'exutoire commun des ravines du Grand et du Petit Etang qui jouxte le projet de nouvelle digue sud.

B- Bassins versants

Les bassins versants de la zone d'étude sont représentés sur la Carte 5.

Seuls les débits extrêmes de ces ravines ont été évalués dans la bibliographie (source : BCEOM : Étude hydrologique 1996 pour la ravine du Grand et Petit Étang et étude STPC de BCEOM 1990 pour les autres ravines). Nous ne disposons pas d'éléments sur les débits des ravines hors conditions extrêmes.

Les caractéristiques de chacun de ces bassins versants sont détaillées dans le Tableau 2.2 ci-après :

	Surface (ha)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Ravine de la Fontaine	12	139	220	323
Ravine Grand Étang et Petit Étang	11.1	149	211	308
Ravine des Poux	4	37	54	75
Ravine du Cap	7	65	95	131

Tableau 2.2 : Superficies des bassins versants et débits de crue décennale, trentennale et centennale des ravines concernant le Port de Saint Leu

2.3.3.2 Eaux souterraines

Le site d'étude est concerné par des formations volcaniques comprises dans le complexe des Nappes stratégiques de la côte ouest, formations aquifères qui s'étendent sur 1 740 km² de la Ravine Saint-Gilles jusqu'au nord de l'Étang-Salé-les-Bains. Ces dernières incluent les formations aquifères volcano-détritiques à l'arrière des zones lagunaires et concernées par les SAGE Ouest et Sud de La Réunion.

Ces nappes sont qualifiées de « nappes stratégiques » par le SDAGE (Comité de Bassin de La Réunion - 2010) du fait des risques importants d'intrusion saline, de la tendance à la dégradation qualitative de la ressource pour les zones qui font l'objet de forage et des faibles possibilités de mobilisation de la ressource.

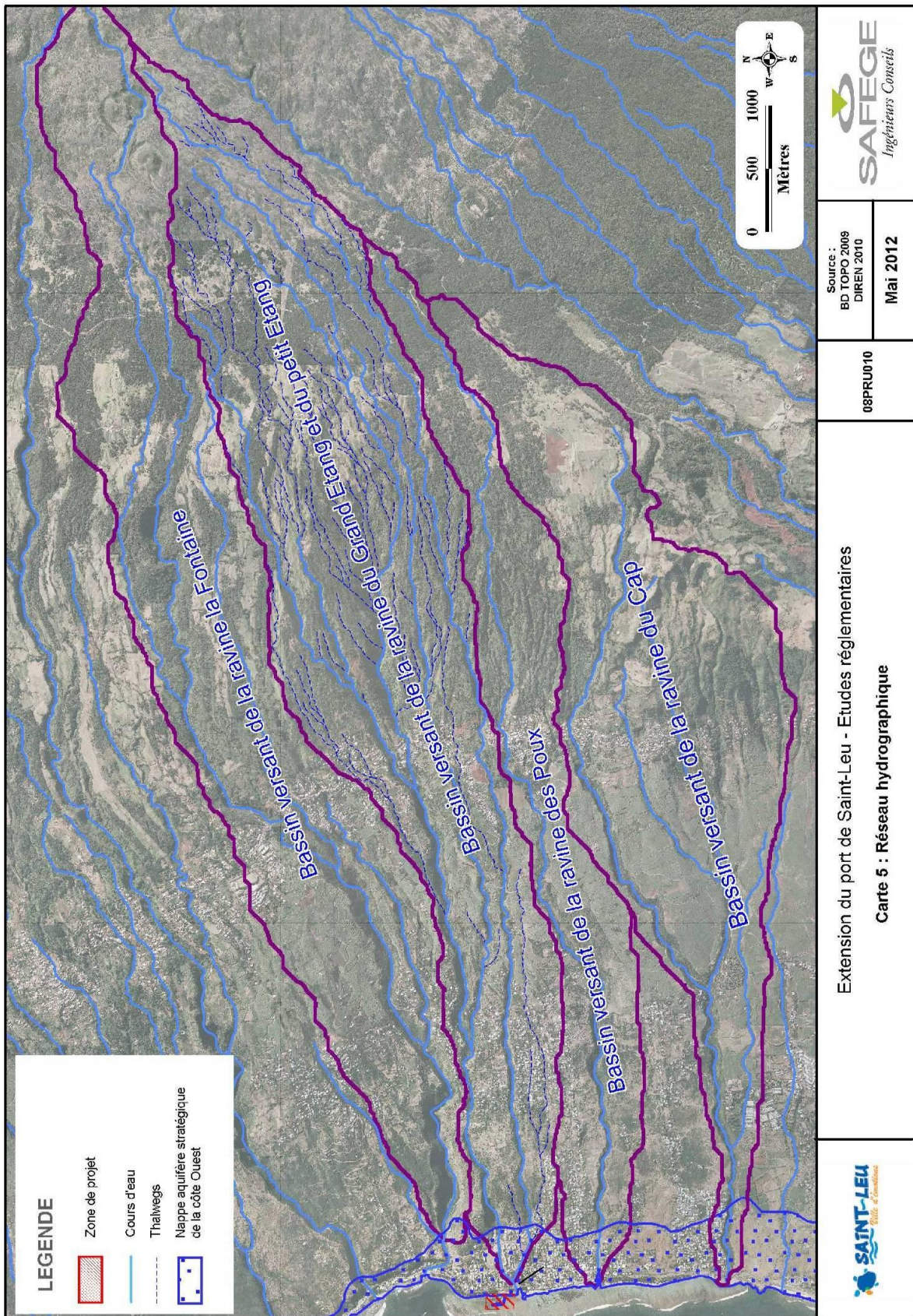
L'état des lieux préalable du SAGE Ouest (SAFEGE/ANTEA - 2005) présente les caractéristiques principales des aquifères de ce complexe :

- une faible piézométrie et de faibles gradients : entre 0,30 et 0,80 m NGR ;
- des variations décimétriques avec une influence des marées océaniques ;
- des réactions rapides et peu importantes au moment des fortes précipitations ;
- des bénéfices piézométriques qui ne durent pas plus de 1 à 2 mois du fait de la forte perméabilité des formations aquifères et de la proximité de l'océan ;

- la proximité du biseau salé qui apparaît dès les premiers mètres sur la côte, et à - 20 à - 25 mètres NGR en début de planèze.

L'épaisseur des terrains volcaniques situés au-dessus de l'aquifère est faible sur la côte augmentant ainsi les risques d'atteinte de l'aquifère lors des affouillements nécessaires à l'implantation des fondations des ouvrages terrestres (bâtiments). Le toit de la nappe se situe ainsi au niveau de la mer.

Le SDAGE mentionne qu'une attention particulière doit être prêtée à la protection des couches géologiques superficielles protectrices de l'aquifère stratégique, lorsqu'un aménagement est susceptible de les dégrader.



Carte 5 : Réseau hydrographique

2.3.3.3 Aléa inondation

Le centre-ville de la commune de Saint-Leu est concerné par une zone d'aléa inondation moyen d'après le PPRi communal (Cf. Carte 6).

Les aménagements terrestres du projet sont potentiellement concernés par cet aléa moyen.

Le règlement du PPRi indique que dans ces zones :

« Sont interdits

De façon générale, toute construction et aménagement restreignant significativement le libre écoulement des eaux et les champs d'inondation (remblais, clôtures pleines type murs, murets...).

Constructions et ouvrages :

- La création de nouvelles surfaces destinées à l'habitation ou aux activités artisanales, industrielles ou commerciales, situées au-dessous de la cote de référence.
- L'utilisation de matériaux putrescibles pour tous les aménagements nouveaux situés au-dessous de la cote de référence.

Les clôtures pleines (murets, murs, etc.)

Activités de loisirs :

- Création ou extension d'habitat léger de loisir sous la cote de référence

Sont autorisés

Travaux et aménagements (sous réserve qu'ils n'accroissent pas les risques et leurs effets, qu'ils ne provoquent pas de nouveau risque et de ne pas augmenter le nombre de personnes exposées et la vulnérabilité des biens et activités existants) :

Constructions et ouvrages :

- Les logements et toutes constructions nouvelles (les extensions et les reconstructions) ne figurant pas dans la liste des équipements sensibles, au-dessus de la cote de référence.
- Les extensions au sol d'habitations, d'activités, de commerces, sous réserve de calage du plancher au-dessus de la cote de référence ;
- Les reconstructions en respectant les règles applicables aux constructions nouvelles ;

- Les parkings au niveau du terrain naturel.
- Les annexes et les garages.

Clôture :

- Les clôtures, sous réserve que celles-ci soient ajourées de façon à assurer une transparence hydraulique.

Activités de loisirs :

Toute activité de loisirs à l'exception de :

- Création de nouveaux terrains de camping ;
- Création ou extension d'habitat léger de loisir sous la cote de référence ;
- Le stationnement de caravanes habitées, ainsi que le stationnement nocturne de camping-cars.

Infrastructures publiques et réseaux :

- Les travaux d'infrastructures, parkings aériens, constructions et installations nécessaires au fonctionnement des services publics ou des services destinés au public, notamment les travaux de desserte routière, TCSP ou piétonne, l'implantation de mobilier urbain à condition d'être ancré dans le sol, sous réserve que le maître d'ouvrage prenne les dispositions appropriées aux risques et en avertisse le public par une signalisation efficace. Si ces travaux d'infrastructures sont susceptibles de nuire au libre écoulement des eaux ou d'accroître notablement le risque d'inondation, ils seront soumis à la procédure d'autorisation prévue aux articles L214-1 et suivants du code l'Environnement. Ils devront en outre permettre une bonne évacuation des eaux de ruissellement, et minimiser l'impact de l'imperméabilisation due à la densification sur les ruissellements urbains. Ces équipements ne prévoient aucune occupation humaine permanente.
- Les aménagements de terrain de plein air, de sport et de loisirs, supportant la submersion et ne constituant pas un obstacle à l'écoulement. Ces équipements sont autorisés sous réserve que toutes les dispositions techniques relatives à la nature du ou des risques soient prises dès la conception, sous réserve également de la mise en place au minimum d'une information à l'usage des futurs utilisateurs sur l'existence de risques naturels et indiquant les mesures de prévention et de sauvegarde à respecter (par exemple : site interdit en cas d'alerte orange cyclonique, en cas d'alerte « fortes pluies », etc.).

Prescriptions relatives aux règles d'urbanisme

Toutes constructions et activités futures, ou projets d'extension de constructions existantes devront être réalisés selon les prescriptions suivantes :

Le niveau du premier plancher destiné à l'habitation (sont exclus les garages, les terrasses et toutes autres surfaces n'ayant pas vocation à recevoir des biens mobiliers sensibles) ou aux activités artisanales, industrielles ou commerciales, doit être situé au-dessus de la cote de référence ;

Absence de nouvelles ouvertures de tout type au-dessous de la cote de référence sauf celles expressément autorisées.

Les **constructions et activités futures** devront être réalisées selon les prescriptions suivantes :

- Les parties de constructions ou installations situées au-dessous de la cote de référence doivent être réalisées avec des matériaux insensibles à l'eau ;
- Les planchers et structures et les cuvelages éventuels, doivent être dimensionnés pour résister à la pression hydrostatique ;
- Les menuiseries, portes, fenêtres ainsi que tous les vantaux situés au-dessous de la cote de référence devront être constitués soit avec des matériaux insensibles à l'eau, soit avec des matériaux convenablement traités ;
- Les revêtements des sols et des murs, les protections thermiques et/ou phoniques situés au-dessous de la cote de référence devront être constitués avec des matériaux insensibles à l'eau ;
- Les citernes, cuves et fosses devront être enterrées ou lestées ou surélevées pour résister à la crue de référence. L'orifice de remplissage devra être situé au-dessus de la cote de référence. Les événements devront être situés au moins un mètre au-dessus de la cote de référence ;
- Les réseaux de toute nature situés au-dessous de la cote de référence devront être étanches ou déconnectables et les réseaux de chaleur devront être équipés d'une protection thermique hydrophobe ;
- Les réseaux électriques situés au-dessous de la cote de référence (sauf alimentation étanche de pompe submersible) doivent être dotés de dispositifs de mise hors circuit ;
- Toute installation fixe sensible telles qu'appareillages électriques et électroniques, moteurs, compresseurs, machineries d'ascenseur, appareils de production de chaleur ou d'énergie devront être implantés à une cote supérieure à la cote de référence (ou mis en place dans des locaux étanches et résistants). L'orifice de remplissage des cuves doit être situé au-dessus de la cote de référence. Les événements devront être situés au moins un mètre au-dessus de la cote de référence. »

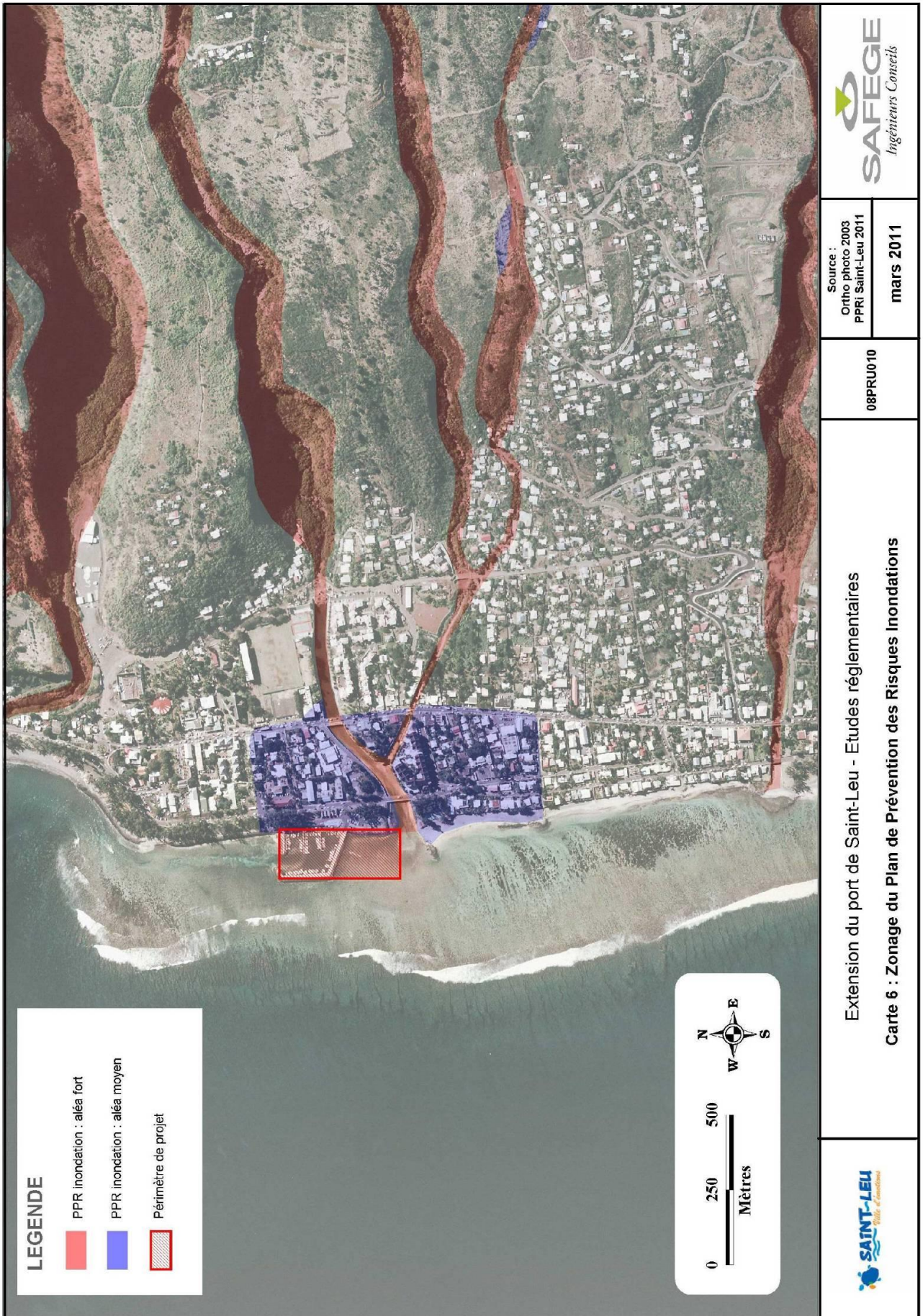
Une étude hydraulique spécifique a permis de préciser l'emprise de la zone d'aléa moyen définie au PPRI sur la base d'une approche hydro-géomorphologique et à

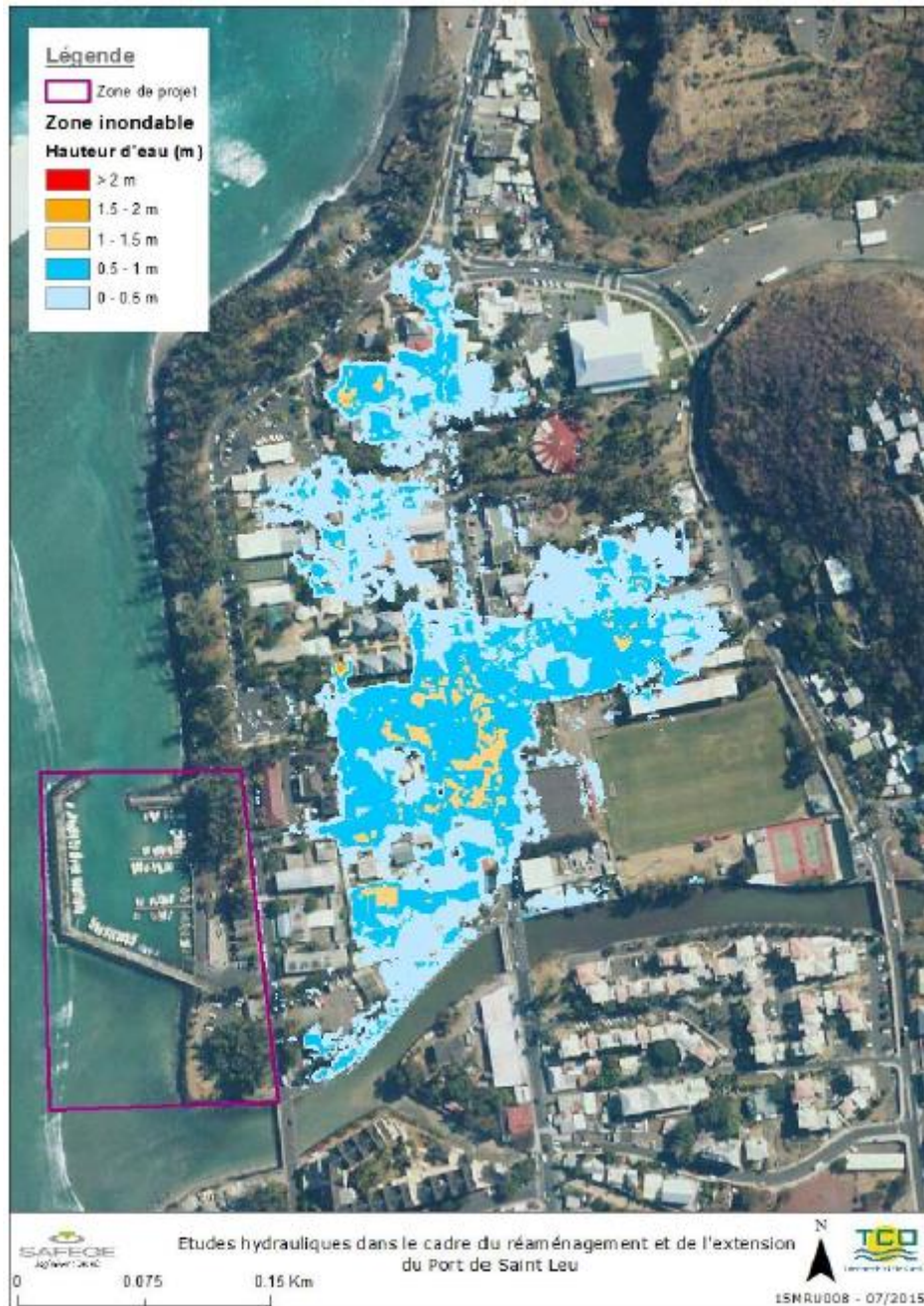
dire d'expert et d'exclure la bande littorale entre le lagon et la rue de la Compagnie des Indes de la zone inondable pour la crue de référence.

Cette nouvelle carte d'aléa présentée ci-après permet de déroger aux prescriptions d'urbanisme du PPRI liées aux zones en aléa moyen pour ce qui concerne le positionnement du plancher des activités économiques ou commerciales (capitainerie) au-dessus de la cote de référence.

Par ailleurs, les sillons des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang sont concernés par un aléa inondation fort.

Les conditions hydrodynamiques en cas de crue au niveau de l'exutoire commun peuvent concerner les aménagements envisagés notamment la future digue sud.





Carte 7 : Extrait de la carte d'aléa moyen établie dans le cadre d'une étude hydraulique spécifique à la zone du centre-ville de Saint Leu

2.3.3.4 Aléa submersion marine

Le BRGM a établi des cartes d'aléa submersion marine (inondations temporaires de la zone côtière par la mer provoquées par des phénomènes météorologiques et de marées particuliers tels que houle cyclonique, houle polaire, forte marée, marée de tempête....) dans le cadre du Plan de Prévention des Risques Naturels.


La partie terrestre de l'aménagement est située en aléa faible à modéré.

De par son implantation altimétrique, le plancher du bâtiment de la capitainerie est situé en zone d'aléa faible.



Carte 8 : Carte d'aléa submersion marine

2.3.4 Espaces naturels sensibles

 Les informations concernant les espaces naturels sensibles ont été communiquées par la DEAL et datent de 2010.

2.3.4.1 ZNIEFF

A- Définition

Une ZNIEFF est une Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique. C'est un territoire où les scientifiques ont identifié des éléments rares, remarquables, protégés ou menacés du patrimoine naturel. Elle constitue le socle de l'inventaire du patrimoine naturel prévu par l'article L. 411-5 du Code de l'environnement.

Les *ZNIEFF* sont divisées en deux catégories :

- **Catégorie I** : superficie assez limitée, elle renferme des espèces et des milieux rares ou protégés ;
- **Catégorie II** : correspond à de grands espaces naturels (massif forestier, estuaire,...) offrant de grandes potentialités biologiques.

B- État des lieux

- *ZNIEFF terrestres*

La partie terrestre de la zone d'étude n'est incluse dans aucune ZNIEFF terrestre.

Les plus proches sont :

- la ZNIEFF de type 1 de la Ravine de la Fontaine classée en 1989 sous le numéro 0029-0000 et dont la superficie est de 34,96 ha ;
- la ZNIEFF de type 2 de la Ravine des Poux classée entre 1980 et 2000 sous le numéro 0079 et dont la superficie est de 6,83 ha.

2.3.4.2 Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion

 Décret de création, Cartographie et Plan de gestion de la RNMR.

A- Contexte de création de la RNMR

Les récifs coralliens de La Réunion sont le siège d'une biodiversité parmi les plus remarquables de l'outre-mer français. En effet, bien que les surfaces récifales réunionnaises soient très réduites (12 km² environ), la biodiversité qu'elles hébergent n'en constitue pas moins un patrimoine naturel exceptionnel.

Ces récifs sont cependant aujourd'hui considérés partiellement altérés (platiers, dépressions d'arrière-récif) voire dégradés (pentes externes) et restent menacés au regard de la pression qu'ils subissent :

- Fréquentation humaine liée aux activités de loisirs dont les impacts cumulés peuvent être importants ;
- Pêche traditionnelle et de loisirs intensive ;
- Pollution anthropique liée aux nombreuses activités et infrastructures implantées sur les bassins versants situés à l'amont.

Dans le même temps, l'érosion côtière atteint elle aussi un stade préoccupant.

Le contexte de création de la RNMR est donc lié à la volonté de construire un modèle de développement durable permettant d'assurer la survie de ces récifs extrêmement vulnérables et exposés aux pressions humaines.

B- Caractérisation de la RNMR

Le périmètre de la réserve s'étend du Cap La Houssaye à la Roche aux Oiseaux à l'Étang Salé, soit un linéaire côtier d'environ 40 km. Sa largeur varie de 300 m à 1 600 m. Elle est en moyenne de près d'un kilomètre. La surface totale est de 3 500 ha environ, ce qui en fait le plus grand espace marin classé en réserve naturelle nationale du territoire français.

Ce territoire comporte l'ensemble des récifs coralliens de la côte ouest de l'île (20 km de barrière corallienne), ainsi que des côtes rocheuses basaltiques.

C- Réglementation applicable au projet au sein de la RNMR

Trois niveaux de réglementation sont mis en place au travers de zonages spécifiques prévus dans le décret n°2007-236 du 21 février 2007 portant création de la RNMR :

- Une réglementation générale (Niveau 1) applicable à l'ensemble du territoire de la Réserve.

Elle concerne la limitation de certains usages ;

- Des règles supplémentaires s'appliquent dans les zones de protection renforcée (Niveau 2) correspondant à environ 45 % de la superficie de la réserve, dont 20 % de cet espace est réservé à la pêche professionnelle (niveau 2B).

Dans cette zone, la pêche est interdite ou limitée à certains usages, notamment traditionnels ;

- Des zones de protection intégrale (Niveau 3) sur environ 5 % de la superficie de la réserve.

Dans ces espaces, toutes formes d'activités, travaux, fréquentations, circulations, mouillages ou amarrages sont interdits.

Des autorisations individuelles pour le suivi scientifique, la gestion et la surveillance de la réserve peuvent être délivrées par le préfet.

Le bassin portuaire actuel de Saint-Leu a été exclu du zonage de la réserve marine.

La zone d'extension envisagée dans le cadre du projet de réaménagement du port est quant à elle incluse dans la zone de protection renforcée de la réserve marine au sein de laquelle les règles de niveau 2 sont applicables.

A noter également que l'article 17 alinéa II du décret portant création de la réserve rappelle l'interdiction d'effectuer des travaux publics ou privés modifiant l'état ou l'aspect de la réserve.

Il prévoit toutefois quelques exceptions dans les conditions définies aux articles L.332-9 et R.332-23 à R.332-27 du code de l'environnement, dont une extension du port de Saint Leu compatible avec les objectifs de la réserve.

A noter enfin qu'une zone sanctuaire a été créée au sud de l'exutoire de la Ravine Grand-Étang. La zone d'extension du port est située à environ 200 m de cette zone à protection intégrale.

D- Compatibilité du projet avec les objectifs de la RNMR

Le port de pêche et de plaisance de Saint Leu accueille des usagers participant aux activités socio-économiques liées à la RNMR (pêche professionnelle embarquée, pêche plaisancière, plongée sous-marine, ...) comme identifié dans le Diagnostic préalable au Plan de Gestion de la réserve.

Le projet d'extension du port participe du développement de la pratique de la plaisance, du développement économique des activités en lien avec l'océan et le lagon et de la revitalisation du front de mer de Saint Leu qui constituent autant de facteurs anthropiques qui influencent la gestion de la RNMR mais dont un développement raisonné est compatible avec ses objectifs.

La mission principale de la RNMR est « d'assurer la connaissance, la conservation ou la restauration des zones récifales, de leur faune et de leur flore » selon son décret de création.

De fait, le plan de gestion se décline en objectifs prioritaires en lien avec la conservation du patrimoine naturel. Ceux qui concernent plus particulièrement le projet sont récapitulés :

- Garantir la protection du patrimoine naturel et géologique, en particulier des habitats coralliens et des ressources halieutiques ;

- Assurer un développement raisonné des activités de pêche et des différents usages conciliables avec la protection de la biodiversité marine.

Sur le premier point, le plan de gestion 2013 – 2017 met l'accent sur l'amélioration des connaissances sur les espèces, et en particulier les espèces emblématiques.

Les mesures d'accompagnement proposées dans le cadre du projet intègrent entre autres :

- des études sur l'effet des émissions sonores anthropiques sur les cétacés et les tortues, étant entendu que les travaux les plus impactants se dérouleront hors période de migration des baleines à bosse et de reproduction des tortues vertes (juillet à octobre) ;
- un suivi de l'état de santé des récifs coralliens (milieux et peuplements) aux abords de l'enceinte portuaire (durant le chantier et pendant 5 ans après) ;

et ce dans une zone présentant un intérêt scientifique majeur en raison de la pression anthropique qu'elle rencontre (activités de pêche, surf, plongée, activités balnéaires).

L'ensemble des données collectées dans le cadre de l'étude d'impact et des suivis seront mis à disposition de la RNMR et des systèmes d'information nature et paysage terre et mer des services de l'État pour améliorer la connaissance de l'environnement marin.

De façon plus générale, le projet d'extension du port de Saint Leu prend en compte la sensibilité écologique et patrimoniale des milieux qui a fait l'objet d'investigations spécifiques, prévoit d'adopter des dispositions pratiques efficaces pour la préservation des sites sensibles environnants et des espèces emblématiques en phase chantier, et favorise à terme la reconstitution des habitats grâce à des dispositifs d'éco-conception portuaire.

Dans ce contexte, le projet est compatible avec les objectifs de la RNMR.

2.3.5 Les paysages

2.3.5.1 Le paysage littoral

Le paysage littoral de Saint Leu est constitué de deux sous-entités distinctes : la côte rocheuse et le lagon.

On relève tout d'abord le paysage spectaculaire et grandiose de cette côte rocheuse sombre et découpée, dans laquelle la mer s'engouffre avec des gerbes d'eau verticales impressionnantes (souffleur), lorsqu'il y a de la houle.

Tantôt au niveau de la mer sous forme de dédale rocheux déchiqueté (souffleur), tantôt sous forme de falaise tombant dans la mer (Pointe des Châteaux), c'est le paysage sauvage, fort, attractif et à préserver de ce littoral que l'on découvre dans un horizon

dégagé, battu par les vagues et les embruns qui enveloppent cette côte d'un voile vapoureux lorsque la houle vient de l'Ouest/Sud-Ouest.

Mais le littoral de Saint Leu se caractérise aussi par son lagon qui fait face à la plage de sable blanc corallien (ou jalonné de rochers), plantée de filaos (en centre-ville) ou sans boisement (face à la ferme Corail).

Il s'agit d'un espace de contact entre la terre et la mer plus calme d'un point de vue hydrodynamique (les vagues restant bloquées par la barrière de corail) mais fortement fréquenté par les usagers des activités nautiques.

Ce paysage se dévoile au regard lorsqu'on pénètre dans la baie par le Nord : l'ancienne RN1 qui longe la côte s'en rapproche très près.

Le paysage littoral de Saint Leu présente encore un caractère sauvage marqué qui est à préserver et à mettre en valeur par des aménagements adaptés qui ne transforment pas le site.

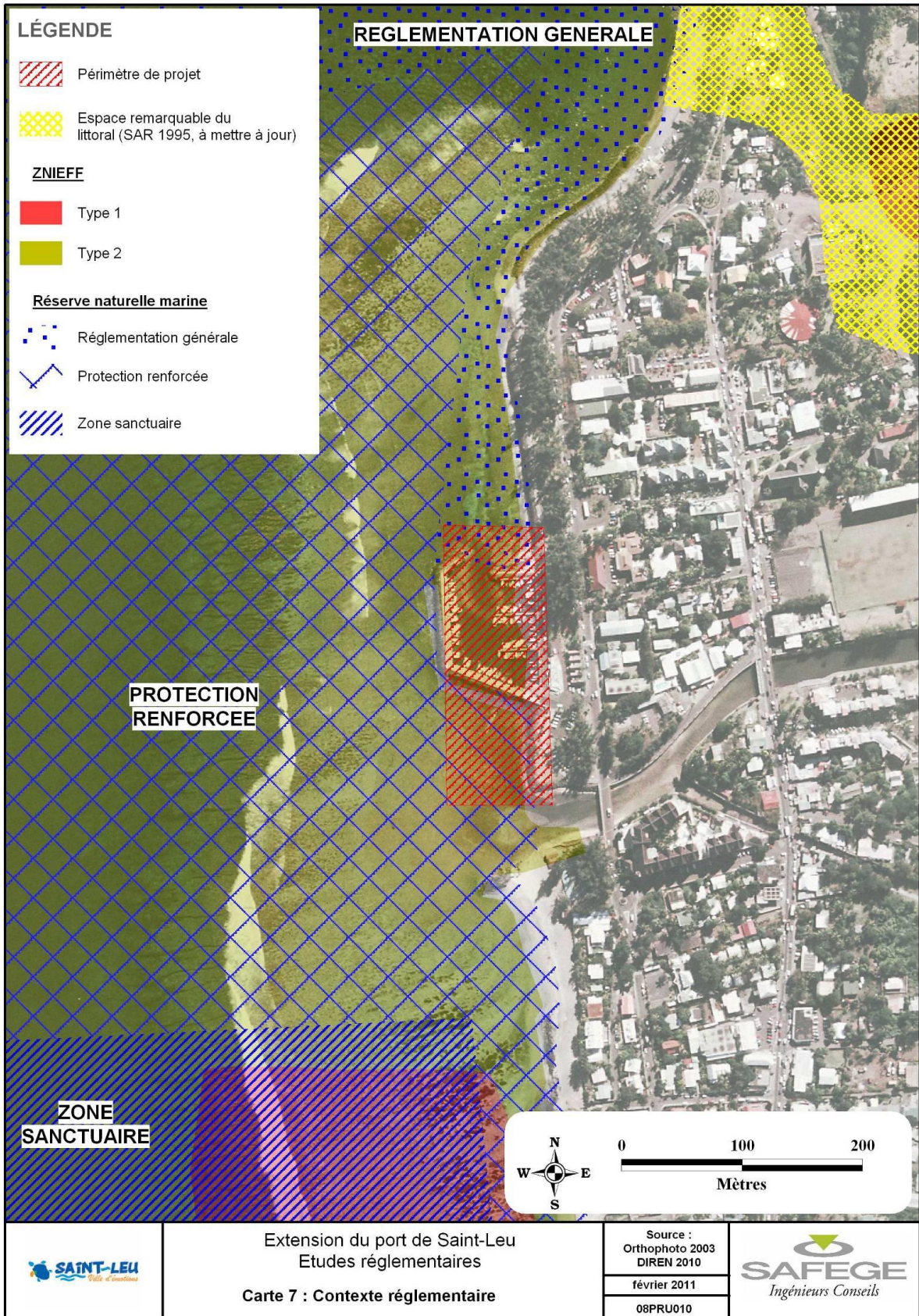
2.3.5.2 Le paysage urbain

Le centre-ville de Saint Leu se caractérise par une concentration d'habitat sur le littoral, sur un espace relativement plat le long de l'ancienne RN1 (rue du Général Lambert). Il s'agit d'un tissu urbain moyennement dense, lieu de centralité de la commune avec de nombreux équipements et services construits dans la partie la plus dense en continuité du bâti.

La partie périphérique est caractérisée par un tissu plus lâche mais toujours bien ordonné surtout à l'Ouest de la rue du Général Lambert. Le réseau viaire maille le tout de façon correcte compte tenu de l'étroitesse de l'espace urbanisé.

Le centre-ville reste un tissu moyennement dense, contenu dans un écrin vert, une végétation toujours présente surtout en arrière de l'axe de la rue du Général Lambert, et qui donne tout son cachet à cette agglomération.

Afin d'assurer une liaison ville – port harmonieuse, les aménagements terrestres se doivent de s'inscrire pleinement dans le tissu urbain vert du centre-ville et du front de mer.



2.4 Milieu marin

📖 Ce chapitre est extrait de l'Etude hydro-sédimentaire réalisée par ACTIMAR et SAFEGE en 2011.

Pour étudier les impacts du projet d'aménagement sur le phénomène de surcote (surélévation du niveau du plan d'eau) et le fonctionnement hydro-sédimentaire aux abords du port, SAFEGE et sa filiale ACTIMAR ont mis en œuvre des outils de modélisation numérique permettant de simuler les processus responsables des surcotes et des mouvements sédimentaires à partir des forçages de marée, de vent, de houle et de débit des ravines.

Ce chapitre présente les données utilisées pour réaliser le modèle.

Les outils de modélisation et les méthodologies qui ont été mis en œuvre pour évaluer les effets du projet sur le milieu physique correspondent à l'état de l'art en la matière. Une maille de résolution de 10 mètres a été utilisée pour les modèles hydro-sédimentaires, ce qui correspond au meilleur compromis pour tenir compte de tous les processus intervenant dans l'élévation du niveau de la mer (étude des surcotes) et la dynamique sédimentaire (transport de sable, envasement), mais également de la précision des données d'entrée disponibles (nature des fonds, apports des ravines, bathymétrie) qui ne permettraient pas d'appréhender ces processus à des échelles métriques.

Toutefois, le rédacteur précise que les conclusions des simulations mathématiques effectuées dans le cadre de la présente étude doivent être appréhendées avec précaution en raison des caractéristiques de la zone d'étude qui comprend des récifs frangeants de faible emprise et des phénomènes de forçage dans le lagon complexes difficilement modélisables.

2.4.1 Bathymétrie

📖 La bathymétrie au droit du projet est issue d'une campagne spécifique de levés bathymétriques (CTSI, JB TOPO - 2011) réalisée pour partie par sondeur mono-faisceaux et pour partie par plongeur scaphandrier pour les zones présentant une profondeur insuffisante pour le bateau.

Les données bathymétriques ont été actualisées en octobre 2016 dans le cadre des investigations préalables aux opérations de dragage du bassin (SEANERGY – 2016).

La bathymétrie du modèle d'étude (maille de 10m) est présentée sur les figures suivantes en état actuel et en état projet.

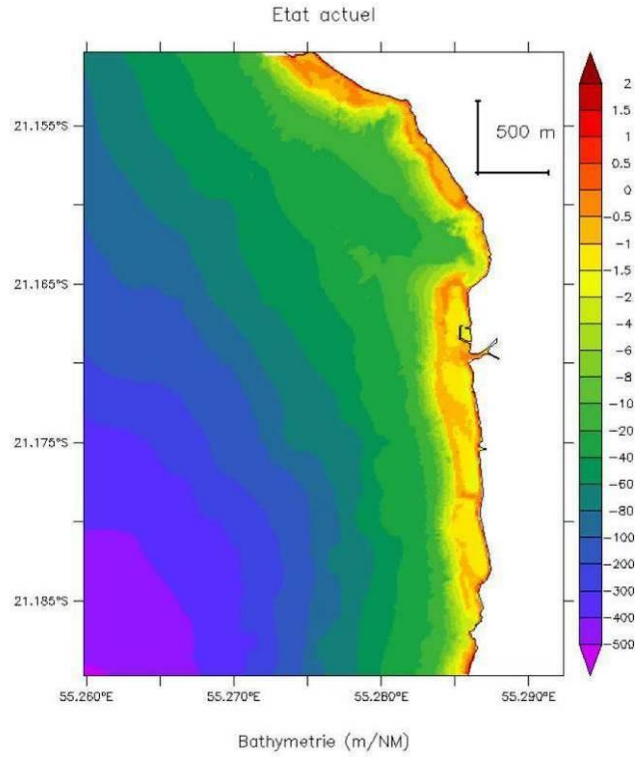


Figure 2.4 : bathymétrie de la zone d'étude utilisée pour le modèle (maille de 10m)

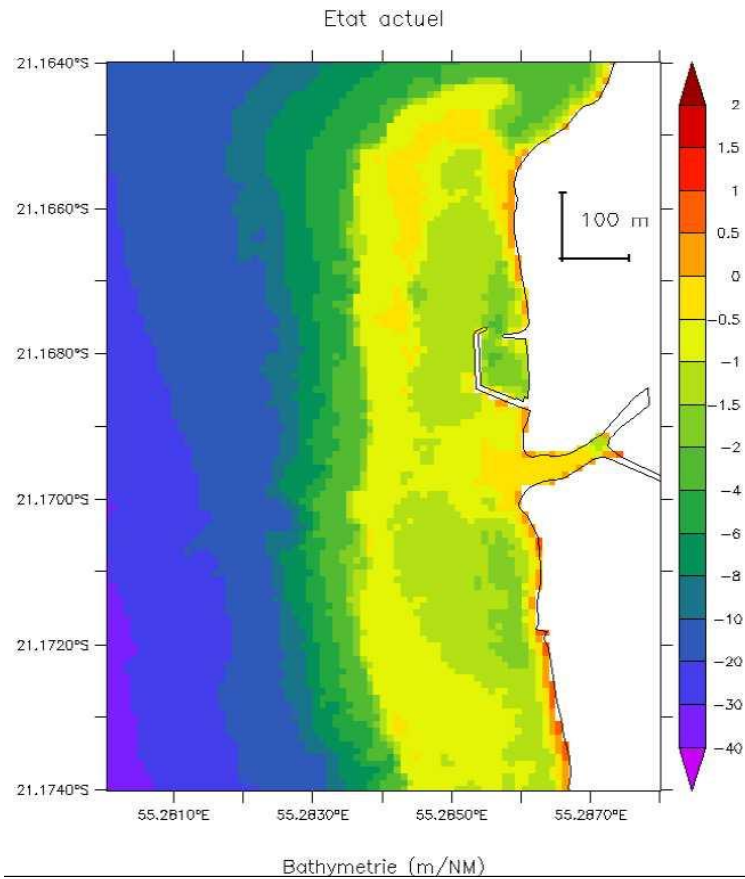


Figure 2.5 : zoom sur la bathymétrie de la zone d'étude (état actuel)

2.4.2 Hydrodynamique et courantologie

2.4.2.1 Niveaux de la mer

Le niveau de la mer résulte d'une combinaison de forçages incluant : la marée, les phénomènes atmosphériques (pression, vent) et la houle (set-up, run-up, ensachage du lagon).

Les fluctuations de niveaux de la mer peuvent être liées à des marées astronomiques ou à des surcotes conditionnées par des conditions météorologiques particulières : la pression atmosphérique, le vent et le phénomène d'ensachage du lagon devant le port de Saint-Leu.

Correspondances pour faciliter la compréhension du lecteur : le niveau 0 NGR est situé à + 0,53 m en-dessous du niveau 0 hydrographique (NGH) des cartes marines (zéro CM).

Nota : la présente étude n'intègre pas les anomalies altimétriques susceptibles d'affecter les niveaux de la mer en lien avec les grands tourbillons de méso échelle, et en particulier les anomalies de propagation vers l'ouest liées aux vagues barocliniques de Rossby qui traversent l'Océan Indien. (Cf. article S. Pous – P. Lazure – G. André – F. Dumas – I. Halo – P. Penven et al. [2014] sur la circulation des courants aux abords de l'île de La Réunion et de Maurice).

A- Les marées astronomiques

Les marées réunionnaises sont semi-diurnes et présentent une inégalité diurne. Les amplitudes de marées varient entre 0,10 et 0,90 m.

Les fortes marées exceptionnelles peuvent atteindre + 0,90 à + 1 m NGH.

La valeur des marées moyennes à la Pointe des Galets est :

	Pleine mer	Basse mer
Vives eaux exceptionnelles	+ 0,95 m NGH	+ 0,05 m NGH
Vives eaux	+ 0,70 m NGH	+ 0,30 m NGH
Mortes eaux	+ 0,60 m NGH	+ 0,40 m NGH

Tableau 2.3 : Hauteur de la marée astronomique à la Pointe des Galets

B- Les niveaux d'eau associés aux houles australes

La valeur des niveaux d'eau associés aux houles australes est :

Période de retour	Niveau d'eau (NGR)	Marée (NGR)	Ensachage (estimé)	Élévation du niveau des océans ¹
5 ans	+ 1 m	0,45 m	0,55 m	/
10 ans	+ 1 m	0,45 m	0,55 m	/
25 ans	+ 1 m	0,45 m	0,55 m	/
50 ans	+ 1,15 m	0,45 m	0,55 m	0,15 m
100 ans	+ 1,50 m	0,45 m	0,55 m	0,5 m

Tableau 2.4 : Niveaux d'eau associés aux houles cycloniques

C- Les surcotes dues aux cyclones

Lors du passage de dépressions cycloniques, des surcotes peuvent s'ajouter aux marées. Elles sont le résultat de fluctuations des pressions barométriques, et de l'onde de tempête qui accompagne le centre du cyclone et gonfle à la remontée des fonds. Elles peuvent, dans les zones basses du littoral, être à l'origine d'inondations. Ces surcotes ne prennent pas en compte les déferlements qu'il convient donc d'ajouter à l'approche des côtes.

Ces phénomènes atmosphériques d'intensité extrême peuvent entraîner des surélévations du niveau d'eau de plusieurs dizaines de centimètres. L'étude d'avant-projet de l'extension du port de Saint Leu (EGIS) retient les hypothèses de surcotes cycloniques suivantes :

- moyen = 0,3 m ;
- moyen+ = 0,4 m ;
- haut = 0,9 m.

L'ensachage correspond à une élévation du niveau moyen de l'eau d'un lagon, sous l'effet de la houle. Ce phénomène entraîne une surélévation du niveau quasi permanente (sauf par mer calme) de l'ordre de 0,1 à 0,2 m et pouvant atteindre 0,5 m pour une houle australe très forte.

D- L'effet du vent

On admet généralement, qu'un vent soufflant perpendiculairement à la côte, peut provoquer une surélévation de + 0,05 à + 0,15 NGH.

¹ Élévations estimées du niveau des océans basées sur les conclusions de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007.

2.4.2.2 Conditions d'état de mer

L'île de La Réunion est concernée par trois grands types de houles dont l'activité varie suivant les secteurs concernés :

- les houles australes dues aux dépressions australes lointaines de secteurs Sud à Ouest ;
- les houles d'alizés de secteurs Est à Sud-Est ;
- les houles cycloniques, engendrées par les dépressions et cyclones tropicaux. Elles proviennent des secteurs Nord-ouest à Est pendant la période de novembre à mai avec des maxima en février.

Le site de Saint-Leu est plus particulièrement exposé aux houles australes. Les houles d'alizés et les houles cycloniques sont toutefois décrites au large.

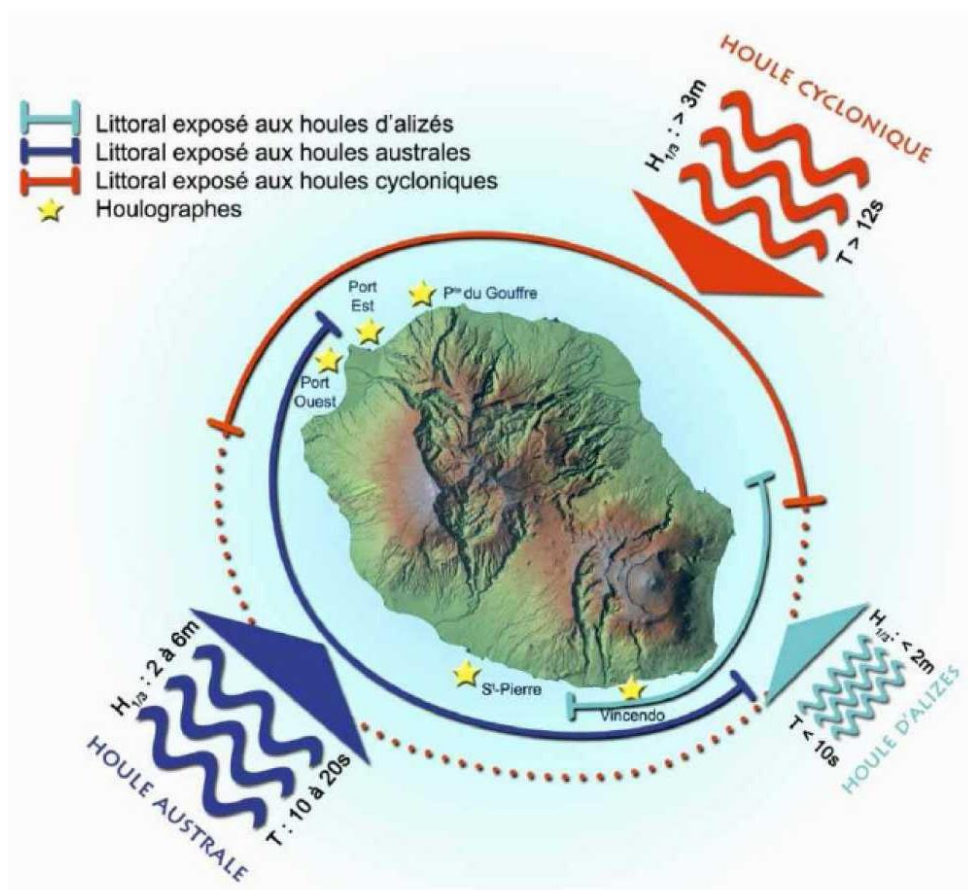


Figure 2.6 : les différents régimes de houles à La Réunion (Source : Météo-France 2009)

Nota : un houlographe a été installé à Saint Gilles mais les données ne sont pas accessibles sur la plate-forme CANDHIS du CETMEF.

A- Les houles d'alizés

La houle du large est générée par les vents d'alizés (secteur sud-est) qui soufflent à La Réunion pratiquement toute l'année (Cf. § 2.2.5).

Ces vents sont très réguliers d'avril à novembre, avec une période forte comprise entre le début juin et le début septembre (secteur sud/sud-est et est/sud-est). De décembre à mars les directions prédominantes sont comprises entre le sud-est et l'est et l'intensité est plus faible.

Les houles d'alizés sont de périodes assez courtes comprises entre 6 s et 12 s, avec des amplitudes d'environ 1,5 mètre, pouvant atteindre 3 mètres de hauteur significative.

Les statistiques annuelles sur les données de houle faites à partir de données enregistrées sur le houlographe au droit du port de Saint-Pierre sur la période 2000-2007, montrent que les houles d'alizés sont les houles dominantes (Cf. Figure 2.7). Ces houles se forment toute l'année.

De période relativement courte, elles génèrent sur le littoral de Saint-Pierre des vagues d'une hauteur généralement de 1 mètre à 1,5 mètre (pour 50 % des cas).

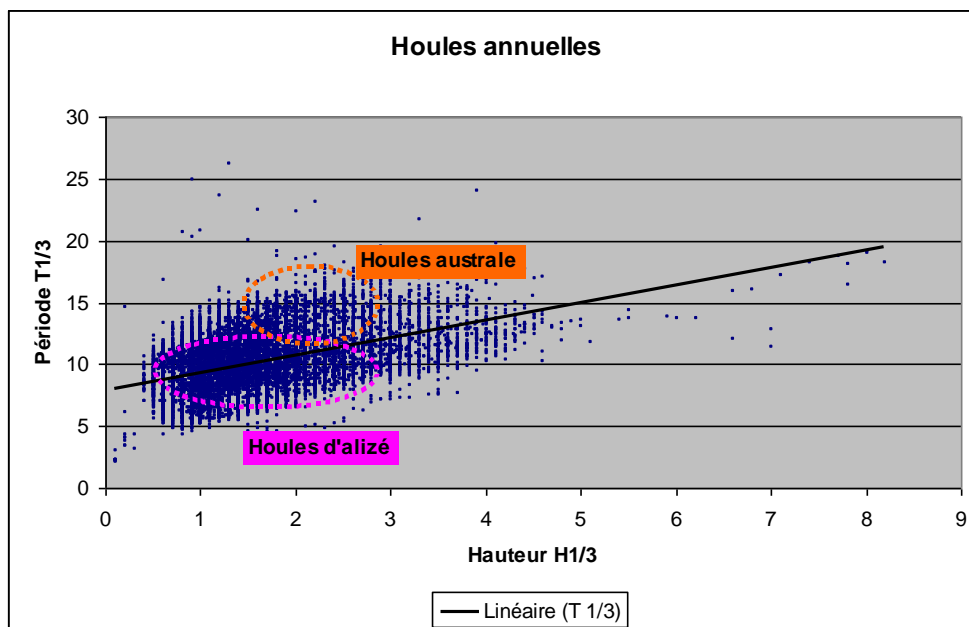


Figure 2.7 : Statistiques annuelles sur des données de houle enregistrées entre 2000 et 2007 au niveau du port de Saint-Pierre (Source : Commune de Saint-Pierre)

La période est exprimée en secondes et les hauteurs en mètres. L'indication 1/3 signifie que les données statistiques prises en compte dans ces graphiques correspondent au tiers des plus hautes vagues. H1/3 correspond à la hauteur significative habituellement utilisée en statistique.

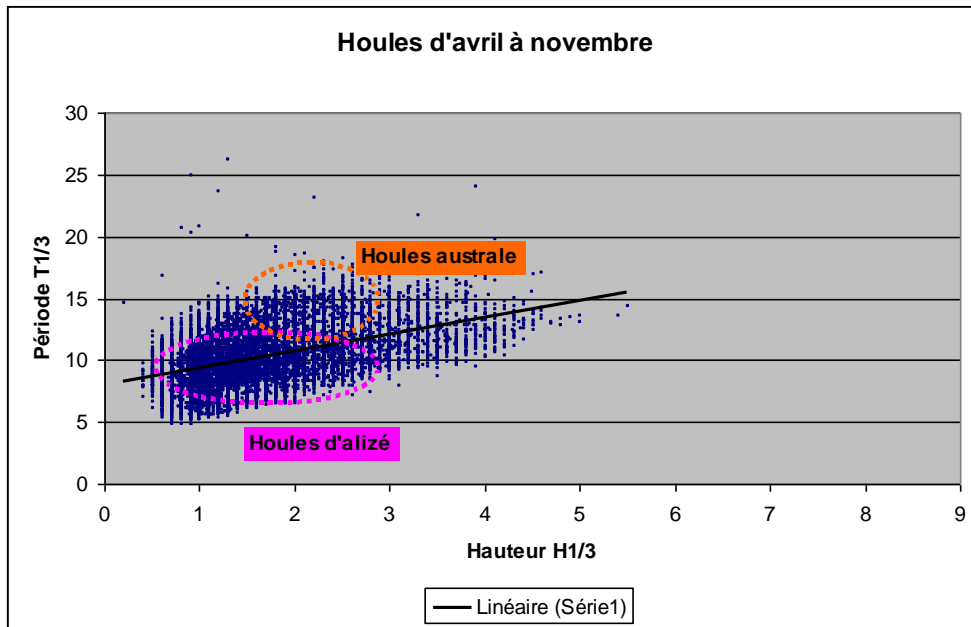


Figure 2.8 : Statistiques d'avril à novembre sur des données de houle enregistrées entre 2000 et 2007 au niveau du port de Saint-Pierre (Source : Commune de Saint-Pierre)

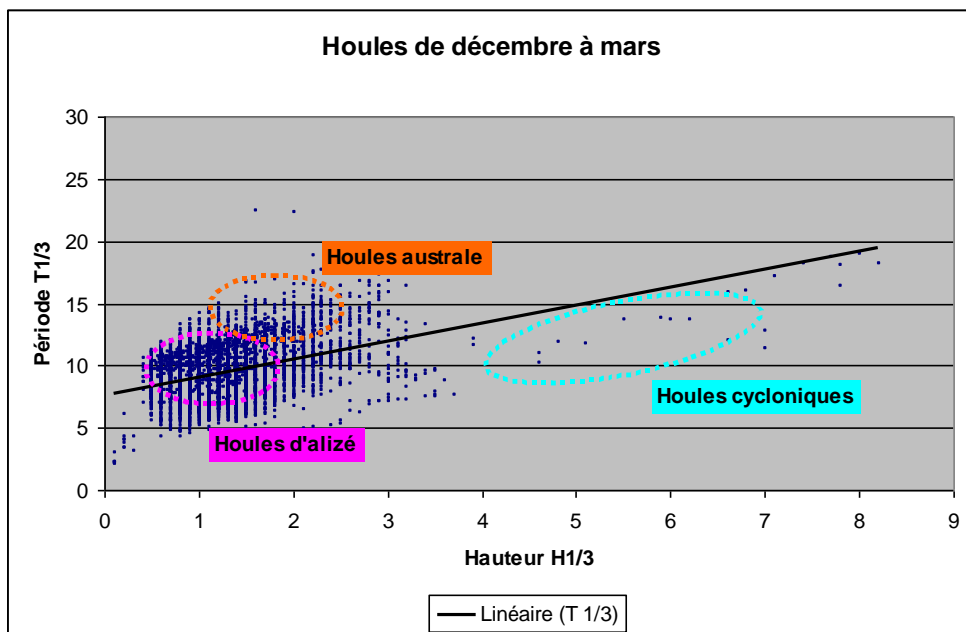


Figure 2.9 : Statistiques de décembre à mars sur des données de houle enregistrées entre 2000 et 2007 au niveau du port de Saint-Pierre (Source : Commune de Saint-Pierre)

De façon plus localisée, au point IOWAGA 21.5°S 55.0°E en période normale (hors cyclones) :

- Hs moyen égal à 2.1 m, pour un maximum de 6.02 et Tp moyen de 12.7 s
- Au cours de la période 1988-2011, quelques tempêtes de houles australes sont particulièrement sévères :
 - 19 août 1988 : Hs = 5.8 m
 - 10 avril 1989 : Hs = 6.0 m
 - 1er août 2003 : Hs = 5.9 m
 - 12 mai 2007 : Hs = 5.6 m
- 80% des états de mers proviennent de Sud à Ouest (houles australes) caractérisés par un Hs de 0.5 à 6 m et un Tp entre 9 et 20 s.

Les hauteurs maximales sont observées d'avril à août.

- 20% des états de mers proviennent de Est à Sud-Est (houles d'alizés), caractérisés par un Hs de 1 à 5 m et un Tp entre 7 et 12 secondes.

Les Hs extrêmes ont été calculées à l'aide de la méthode des pics (méthode Peak Over Threshold, POT), associée à la loi de distribution de Weibull qui ajuste le mieux les distributions de Hs à La Réunion.

Le calcul des valeurs de Tp associées à chaque valeur extrême de Hs repose sur une loi de forme $T_p = a + b H_s^{0.5}$ ajustée à la distribution Hs-Tp pour chaque secteur directionnel.

La condition centennale de houle australe est de 7.5 m associée à une période pic de 17 secondes provenant du Sud. La condition centennale des houles d'alizés est de l'ordre de 5.5 m associée à un Tp de 11 s, provenant du secteur ESE.

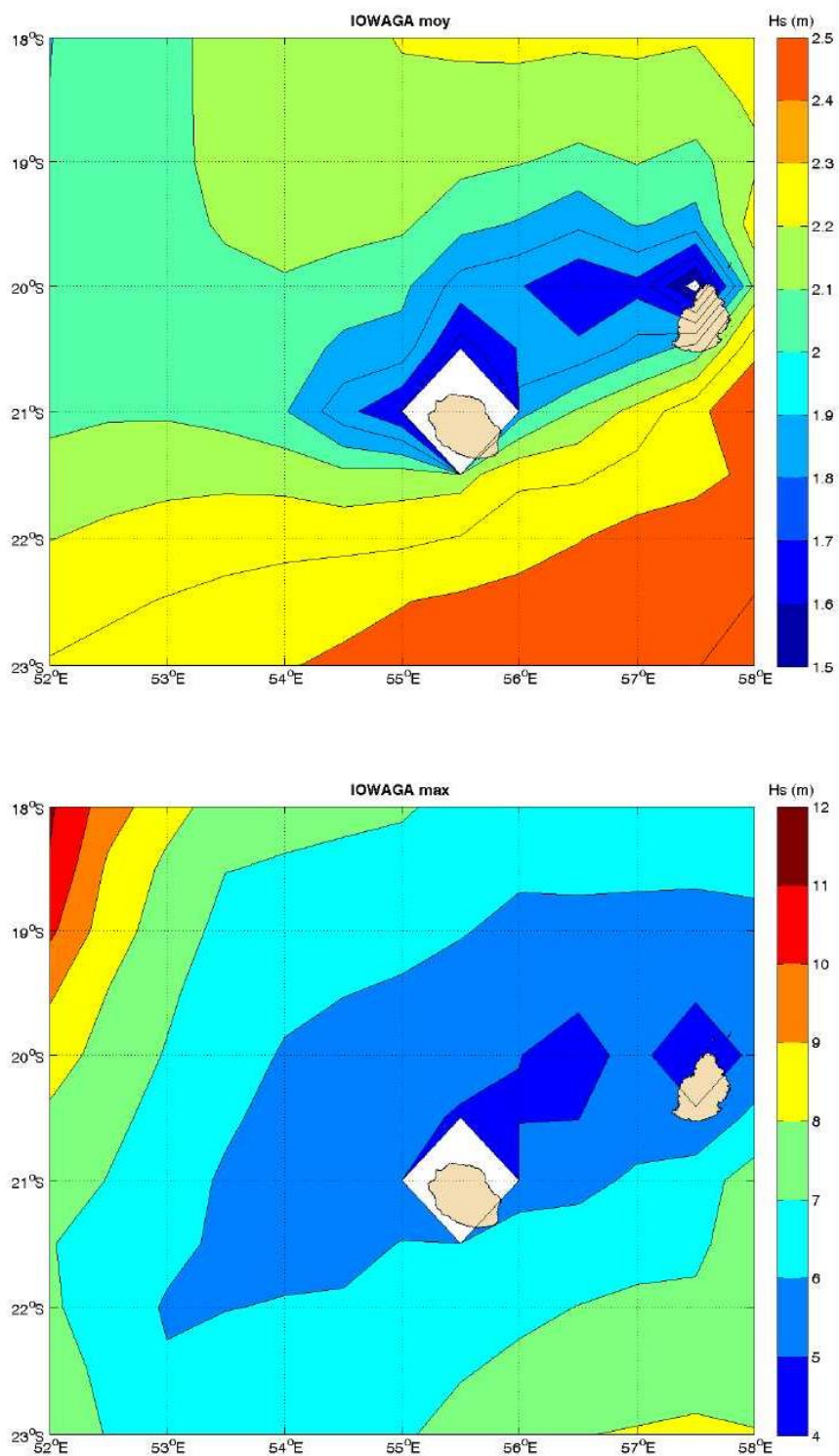


Figure 2.10 : cartes de Hs moyen et maximum sur la période IOWAGA (16 ans)

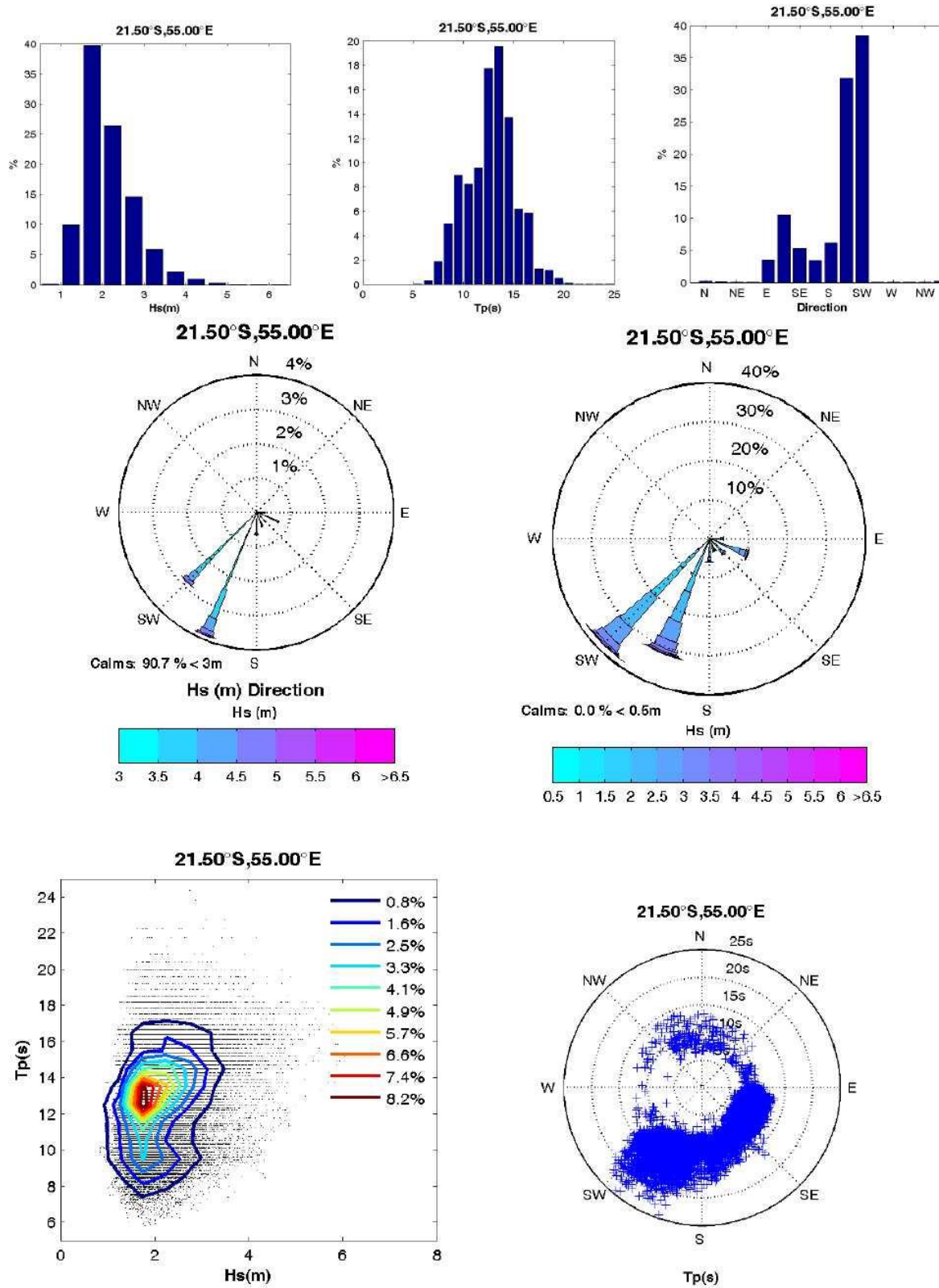


Figure 2.11 : Histogrammes Hs, Tp, dp (en haut), Roses Hs et rose max Hs (au milieu), Diagramme Hs-Tp et scatter polaire de Tp (en bas) - Point IOWAGA 21..5°S 55.0°E Période normale

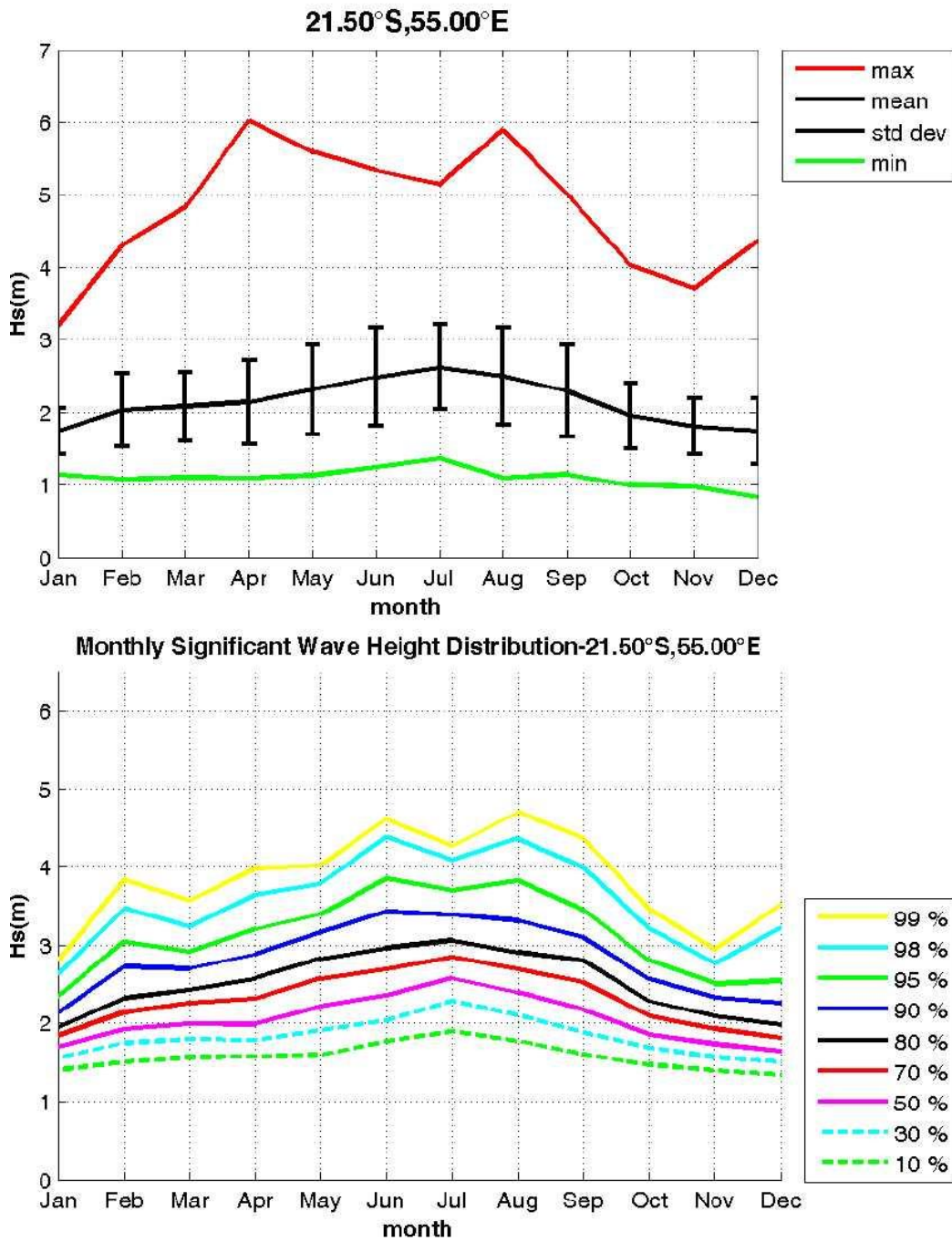


Figure 2.12 : statistiques mensuelles Hs IOWAGA 21.5°S 55.0°E Période normale

Sectors	Return Period (years)										Max (16yrs)		
	1		10		15		25		50			100	
Omnidirectionnal	4.6m/	15.0 s	6.0m/	16.1s	6.3m/	16.3s	6.6m/	16.5s	7.0m/	16.8s	7.5m/	17.1s	6.02 m
N 0	2.0m/	8.5 s	3.4m/	11.0s	3.7m/	11.4s	4.1m/	12.0s	4.6m/	12.7s	5.1m/	13.4s	4.25 m
NNE 22.5	2.5m/	9.9 s	3.9m/	11.7s	4.1m/	12.0s	4.5m/	12.4s	4.9m/	12.9s	5.3m/	13.3s	4.30 m
NE 45	2.1m/	8.7 s	3.4m/	10.5s	3.7m/	10.9s	4.1m/	11.3s	4.6m/	11.9s	5.2m/	12.5s	4.15 m
ENE 67.5	2.0m/	8.5 s	2.7m/	9.2s	2.8m/	9.3s	3.0m/	9.4s	3.2m/	9.5s	3.3m/	9.7s	2.94 m
E 90	2.7m/	9.9 s	4.0m/	10.5s	4.2m/	10.6s	4.5m/	10.7s	4.9m/	10.9s	5.3m/	11.0s	4.05 m
ESE 112.5	3.3m/	10.1 s	4.4m/	10.7s	4.6m/	10.8s	4.8m/	10.9s	5.1m/	11.1s	5.5m/	11.2s	4.82 m
SE 135	3.1m/	10.0 s	4.2m/	10.2s	4.4m/	10.3s	4.6m/	10.3s	4.9m/	10.4s	5.3m/	10.5s	4.34 m
SSE 157.5	3.3m/	11.7 s	4.9m/	12.8s	5.2m/	13.0s	5.6m/	13.2s	6.1m/	13.5s	6.6m/	13.8s	5.36 m
S 180	3.6m/	13.6 s	5.5m/	15.3s	5.9m/	15.6s	6.3m/	15.9s	6.9m/	16.4s	7.5m/	16.8s	6.02 m
SSW 202.5	4.4m/	15.7 s	5.8m/	17.0s	6.0m/	17.2s	6.3m/	17.5s	6.8m/	17.9s	7.2m/	18.2s	5.80 m
SW 225	4.1m/	15.9 s	5.5m/	16.9s	5.7m/	17.0s	6.0m/	17.3s	6.5m/	17.5s	6.9m/	17.8s	5.59 m
WSW 247.5	3.1m/	10.6 s	3.8m/	11.1s	3.9m/	11.1s	4.0m/	11.2s	4.2m/	11.3s	4.3m/	11.3s	3.89 m
W 270													
WNW 292.5	2.0m/	10.6 s	2.7m/	10.8s	2.8m/	10.9s	3.0m/	10.9s	3.2m/	11.0s	3.4m/	11.0s	3.21 m
NW 315	2.4m/	10.1 s	3.5m/	11.9s	3.7m/	12.2s	3.9m/	12.6s	4.2m/	13.0s	4.5m/	13.4s	4.37 m
NNW 337.5	2.4m/	9.4 s	3.5m/	11.5s	3.8m/	11.9s	4.2m/	12.5s	4.7m/	13.2s	5.2m/	13.9s	4.35 m

Tableau 2.5 : Vagues extrêmes (Hs) et périodes pics associés (Tp) pour différents secteurs de provenance des vagues et pour différentes périodes de retour

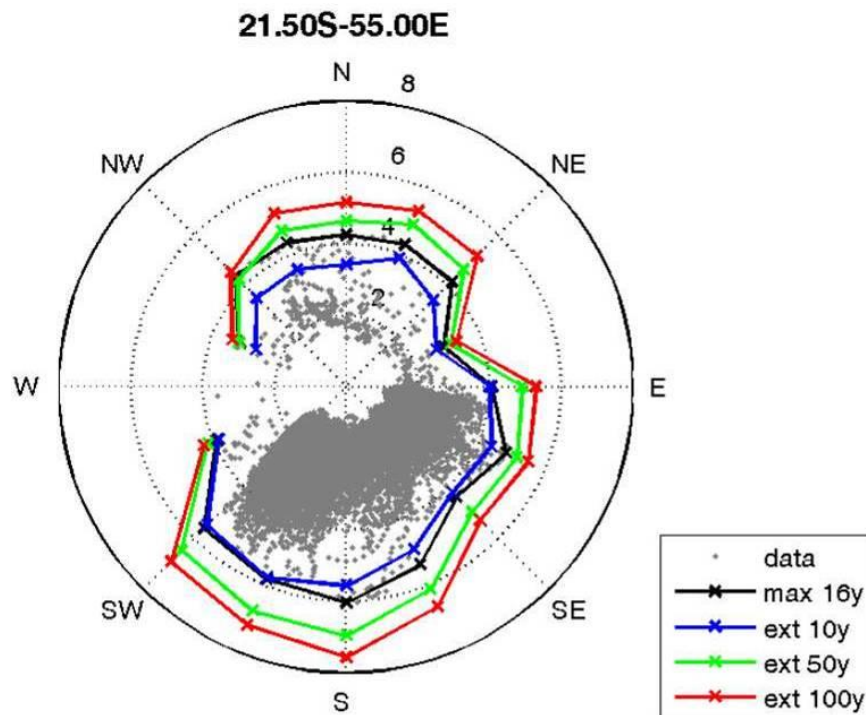


Figure 2.13 : représentation polaire des extrêmes d'états de mer

B- Les houles australes

Les **houles australes** de secteurs sud à sud-ouest sont issues des tempêtes qui se produisent dans le grand sud (40^{èmes} rugissants). Ces houles australes sont générées toute l'année mais elles sont plus fréquentes d'avril à novembre.

Les houles australes atteignent l'île de La Réunion avec une provenance sud/sud-ouest, de 200 à 220°, et une hauteur comprise entre 2 mètres et 5 mètres avec des périodes longues comprises entre 15 s et 18 s.

Ces houles n'atteignent pas directement le port de Saint-Leu et son extension car elles sont freinées par la barrière récifale.

C- Les houles cycloniques

Elles correspondent aux conditions d'agitation extrêmes et exceptionnelles auxquelles peut être soumise la zone d'étude. Les houles cycloniques sont généralement en provenance du secteur nord à nord-est mais la variabilité des trajectoires de cyclones ne permet pas de ne considérer que cette hypothèse. Les plus fréquentes proviennent du secteur Nord-est.

Un cyclone va générer quatre types de houles :

- des houles modérées de périodes longues annonçant l'arrivée du cyclone ;
- des houles très fortes dans le sens de propagation du cyclone en approche ;
- des mers de vents perpendiculaires à la trajectoire du cyclone ;
- de très gros clapots dans la direction opposée à la trajectoire du cyclone.

Pour le secteur de Saint-Leu, les trajectoires les plus dangereuses sont celles qui contournent l'île par l'ouest. Les plus fortes houles générées par le cyclone se déplacent du nord-ouest vers le sud-ouest.

La majorité des études (Port de la Pointe des Galets, Port de La Possession, Route du littoral...) visant à évaluer les périodes de retour des houles cycloniques au large affichent les résultats suivants :

	Cyclone éloigné	Cyclone rapproché	Cyclone sur l'île
Période (s)	9-13	9-10	-
Surcote (m NGH)	+ 1,20	+ 1,50	+ 1,87
Vents (km/h)	60-70	70-110	> 110
Hs annuelle (m)	6		
Hs décennale (m)	7,7		
Hs trentennale (m)	9		
Hs centennale (m)	10,7		

Hs : amplitude significative

Tableau 2.6 : Périodes de retour des houles cycloniques

Le Tableau 2.7 récapitule les conditions cycloniques données par les études de référence à la Réunion.

Référence / Période de retour	1	10	30	100
Réf. 3 / DHI	4 m / 9 s	7.7 m	9 m	10.7 m / 13s
Réf. 2 / SOGREAH 1998	4 m / 8.5 s	9 m / 12 s	11 m / 13.5 s	12.5 m / 14.5 s
Réf. 1 / BRGM 2009				22 m / 18 s (Dina)
Réf. 6 Egis Eau / DHI 2007		8.5 m / 13.4 s		15.1 m / 16 s

Tableau 2.7 : Conditions de houles cycloniques au large

2.4.2.3 Conditions de vent

La Figure 2.7 représente la moyenne des vitesses et directions de vent issues de la réanalyse CFSR en 2009 (hors cyclone Gaël). L'île de La Réunion est dans la zone des alizés de sud-est. Les vents d'est à sud-est prédominent toute l'année.

Au point CFSR 21.4°S 55.0°E (Figure 8 et Figure 9), les vitesses de vents horaires (V1hr) sont en moyenne de 5.3 m/s et au maximum de 17 m/s (en période non cyclonique). Plus de 99% des V1hr sont inférieures à 11 m/s. 70% des vents proviennent des secteurs est à sud-est. Les vitesses de vent sont plus soutenues d'avril à septembre.

Les conditions extrêmes de vent horaire en régime normal, calculées à partir de la série temporelle CFSR au point 21.4°S 55.0°E sont fournies en Tableau 2.6 et Figure 2.10. La valeur extrême de période de retour 100 ans est de 19 m/s soufflant du ESE.

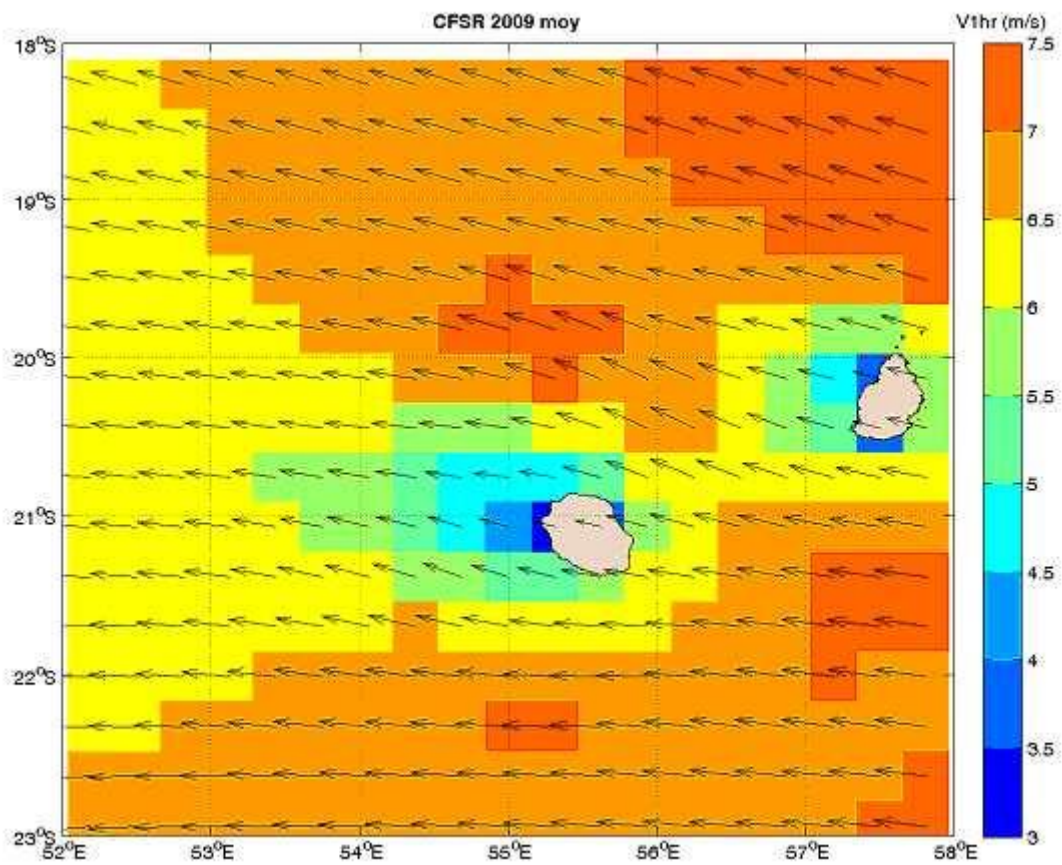


Figure 2.14 : Cartes de vent CFSR V1hr moyen en 2009 (hors cyclone Gaël)

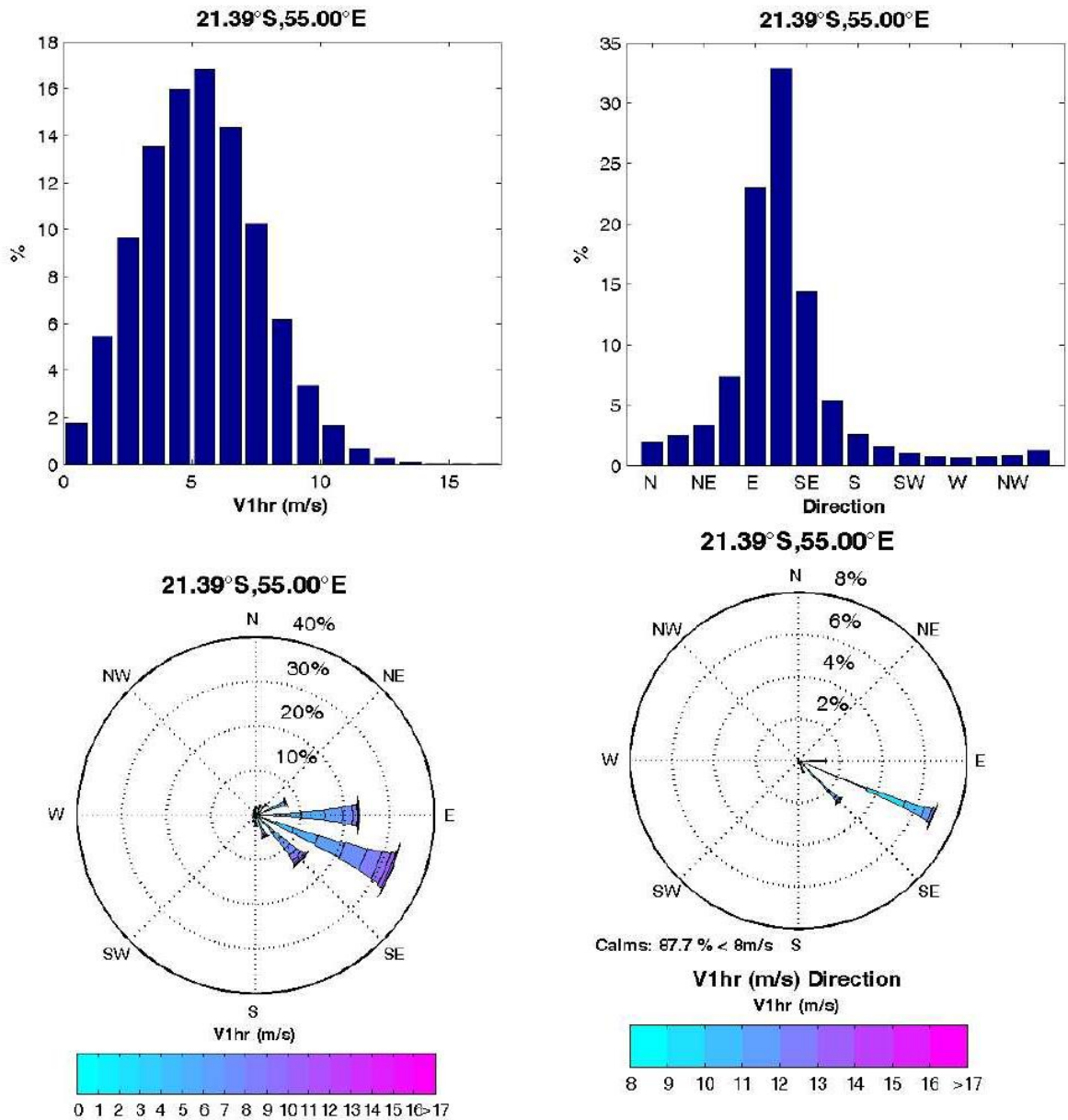


Figure 2.15 : Histogrammes V1hr, direction (en haut), roses des vents V1hr et rose max V1hr (au milieu). Point CFSR 21.4°S 55.0°E Période normale hors cyclone

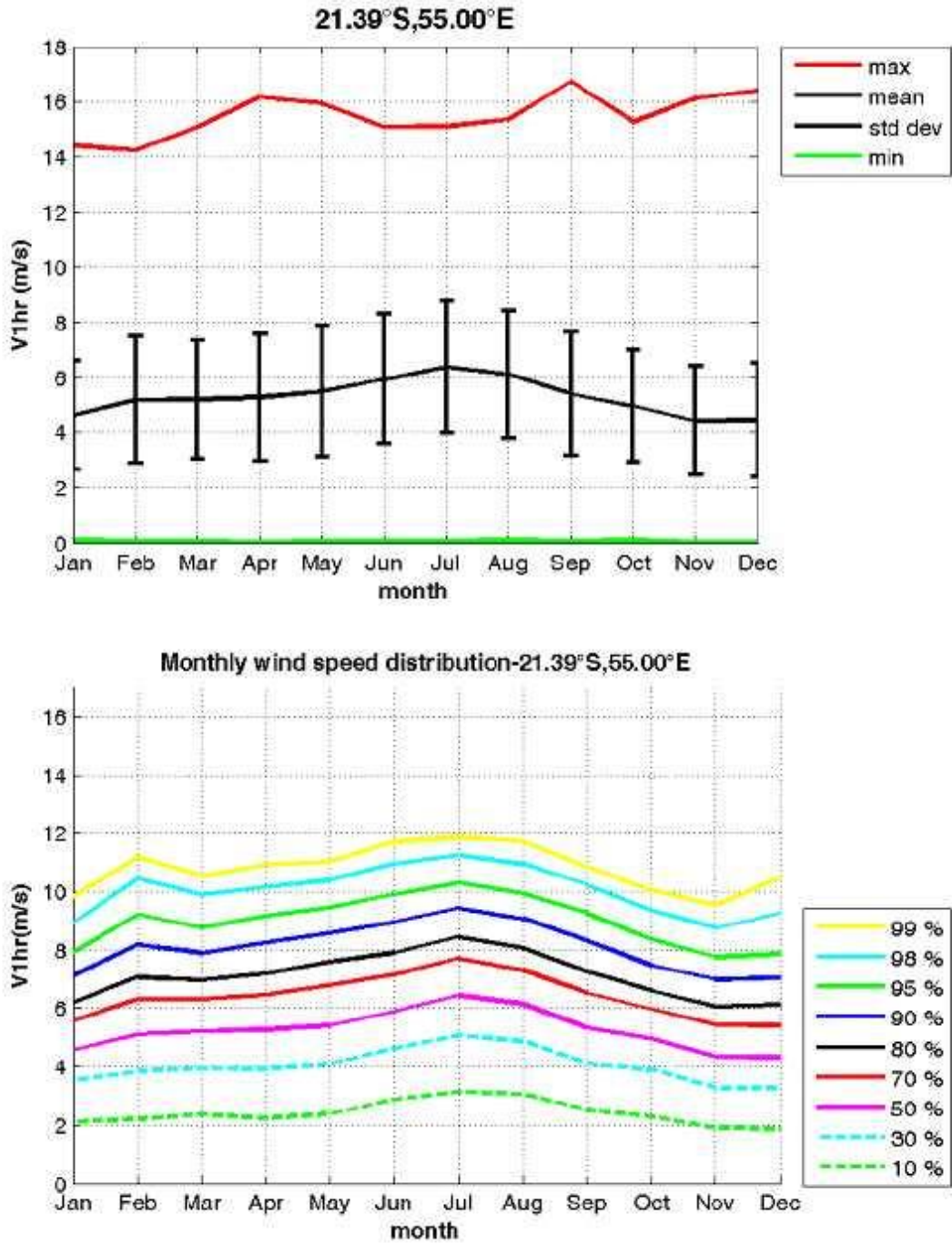


Figure 2.16 : Statistiques mensuelles de vitesse de vent V1hr CFSR 21.4°S 55.0°E Période normale

Sectors	Return Period (years)						Max (31yrs)
	1	10	15	25	50	100	
<i>Omnidirectionnal</i>	14.4 m/s	16.7 m/s	17.1 m/s	17.6 m/s	18.3 m/s	19.0 m/s	16.7 m/s
N 0	9.1 m/s	13.0 m/s	13.7 m/s	14.6 m/s	15.7 m/s	16.8 m/s	13.4 m/s
NNE 22.5	7.9 m/s	10.7 m/s	11.1 m/s	11.7 m/s	12.5 m/s	13.3 m/s	10.9 m/s
NE 45	7.4 m/s	10.2 m/s	10.7 m/s	11.4 m/s	12.3 m/s	13.3 m/s	11.5 m/s
ENE 67.5	8.6 m/s	10.9 m/s	11.4 m/s	11.9 m/s	12.7 m/s	13.5 m/s	12.3 m/s
E 90	11.5 m/s	13.9 m/s	14.3 m/s	14.9 m/s	15.5 m/s	16.2 m/s	15.3 m/s
ESE 112.5	14.0 m/s	16.5 m/s	17.0 m/s	17.5 m/s	18.3 m/s	19.0 m/s	16.7 m/s
SE 135	13.0 m/s	15.4 m/s	15.9 m/s	16.4 m/s	17.1 m/s	17.7 m/s	15.8 m/s
SSE 157.5	11.6 m/s	14.5 m/s	14.9 m/s	15.6 m/s	16.4 m/s	17.2 m/s	15.1 m/s
S 180	10.1 m/s	13.9 m/s	14.5 m/s	15.3 m/s	16.4 m/s	17.5 m/s	14.6 m/s
SSW 202.5	8.4 m/s	12.4 m/s	13.2 m/s	14.1 m/s	15.3 m/s	16.6 m/s	16.1 m/s
SW 225	7.9 m/s	11.5 m/s	12.2 m/s	13.0 m/s	14.1 m/s	15.2 m/s	13.9 m/s
WSW 247.5	6.7 m/s	9.5 m/s	10.0 m/s	10.6 m/s	11.4 m/s	12.2 m/s	10.7 m/s
W 270	7.5 m/s	11.3 m/s	12.0 m/s	12.8 m/s	13.9 m/s	15.1 m/s	13.3 m/s
WNW 292.5	7.6 m/s	11.9 m/s	12.6 m/s	13.6 m/s	14.8 m/s	16.0 m/s	13.8 m/s
NW 315	9.2 m/s	12.6 m/s	13.2 m/s	13.9 m/s	14.9 m/s	15.8 m/s	14.2 m/s
NNW 337.5	9.4 m/s	12.6 m/s	13.1 m/s	13.8 m/s	14.6 m/s	15.5 m/s	13.1 m/s

Tableau 2.8 : Conditions extrêmes directionnelles de vent horaire au point 21.4°S 55.0°E

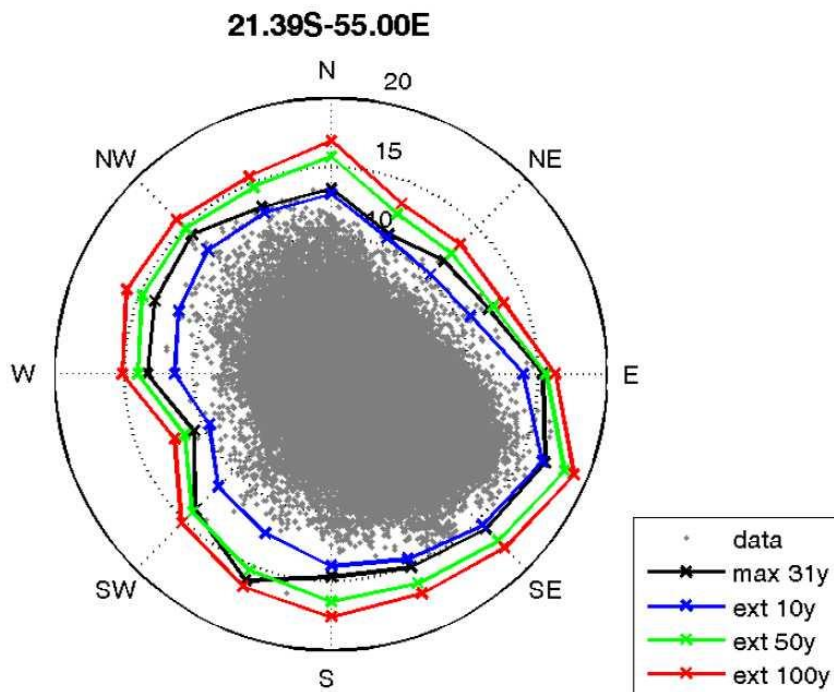


Figure 2.17 : Conditions extrêmes directionnelles de vent horaire au point 21.4°S 55.0°E

La zone d'étude est soumise aux houles australes qui sont réfractées en arrivant à la cote. La houle déferle en arrivant à la limite du platier et y dissipe son énergie.

2.4.2.4 Courantologie

À l'échelle de La Réunion, la circulation des eaux résulte généralement de l'action des vents. On observe ainsi une dérive due aux alizés (si > 3 m/s), en relation avec le

Courant Sud Équatorial (CSE) portant dans une direction ouest vers la côte orientale de Madagascar.

Au sud de cette dérive générale, on note la présence de courants variables selon le régime des vents régnant dans cette région. Il résulte de cette variabilité de types de régimes une instabilité de la circulation des eaux marines réunionnaises.

Les courants au droit du port de Saint Leu sont principalement dus à la marée et à la houle. Le vent et le débit des ravines peuvent également intervenir, notamment lors des événements extrêmes (cyclones).

D'après la bibliographie, le schéma courantologique en temps normal correspond à :

- Un courant littoral orienté du sud vers le nord sous l'action de la houle et une vidange du lagon par la passe nord.

Ce courant peut atteindre 1 à 3 m/s dans le lagon et jusqu'à 5 m/s dans la passe par très forte houle ;

- A la limite du lagon, des courants perpendiculaires à la barrière récifale orientés vers la côte sous l'action du déferlement des vagues ;
- Un courant alternatif nord/sud sous l'effet de la marée à l'extérieur du lagon ;
- Un courant orienté vers l'embouchure au niveau des ravines sous l'action du débit.

2.4.3 Contexte sédimentaire et morpho-dynamique côtier

📖 Synthèse morpho-dynamique des littoraux de La Réunion – Phase 1, BRGM, RP-53307-FR, Décembre 2004.

📖 Extension du port de la commune de Saint-Leu - Étude de faisabilité, BCEOM, HER / 41065E, Juin 2005.

2.4.3.1 Typologie des systèmes côtiers réunionnais

L'analyse morpho-dynamique du littoral est basée sur la notion de système côtier. Elle permet d'aborder le littoral, non pas comme une simple ligne d'interface terre-mer, mais comme un système en trois dimensions.

Un système se décompose ainsi en trois zones étagées :

- une zone émergée (domaine aérien ou supra-littoral) ;
- une zone soumise à l'alternance des marées (domaine intertidal ou médio-littoral) ;
- et une zone immergée (domaine sous-marin ou infra-littoral).

Chacune d'entre elles étant en interaction avec les autres pour les transferts sédimentaires.

Dans le cadre de la typologie retenue pour décrire les côtes réunionnaises, quatre systèmes principaux sont retenus. Leurs caractéristiques morphologiques générales sont décrites par Robert (1974) et plus récemment par Cazes-Duvat et Paskoff (2004).

Ces quatre systèmes côtiers sont :

1. Le « système côtier rocheux » ;

Il représente 43 % du littoral réunionnais et regroupe les falaises et côtes rocheuses basses (deltas de lave, plate-formes d'abrasion). Le plus souvent basaltiques, ces formations peuvent aussi être meubles ou mixtes et composées de formations superficielles (lahars, coulées de débris, lapilli,...).

2. Le « système côtier alluvial » ;

Il s'agit des côtes d'accumulation de sédiments terrigènes (galets et sables basaltiques d'origine fluviatile) et représente 32 % du littoral réunionnais. On distingue plusieurs stades de remaniement de ces alluvions. Le stade primaire correspond au dépôt fluviatile au droit des cours d'eau (cordon de galets « primaires », cône delta) ; le stade secondaire au transport par les courants marins des galets de part et d'autre des cours d'eau (cordons de galets « secondaires ») ; le troisième stade au comblement des baies par les matériaux plus fins (plages de sable volcanique) et enfin, le quatrième stade à la reprise des sables de plage par le vent (dunes de sable volcanique).

3. Le « système côtier corallien » ;

Il s'agit des plages situées en arrière des formations récifales et alimentées par celles-ci. Il représente 7 % des littoraux de La Réunion. Ces plages peuvent être plus ou moins « évoluées » en fonction de leur extension sous-marine. Cette extension sous-marine est directement liée au type de récif. En effet, les petites platines et plate-formes coralliennes qui jouxtent de très près le trait de côte, empêchent la formation d'une plage sous-marine. En revanche pour les récifs coralliens plus développés et situés à une centaine de mètres de la ligne de rivage, la plage présente une partie infra-littorale appelée « dépression d'arrière récif » ou encore « chenal d'embarcation ». Les plages coralliennes étant souvent délimitées par l'arrivée de cours d'eau, les sables qui les composent peuvent être biodétritiques (coralliens et coquilliers) ou mixtes (biodétritiques et volcaniques).

4. Le « système côtier artificialisé » ;

Il s'agit de l'artificialisation des systèmes côtiers précédemment décrits, c'est-à-dire de la construction d'aménagements et d'ouvrages de défense.

Cette artificialisation représente 18 % des côtes réunionnaises. Elle peut être seulement ponctuelle et se coupler avec un autre système (un mur en haut de plage, une cale à bateau sur une grève de galets). Dans ce cas, l'aménagement ne concerne qu'une partie du système côtier. Mais, l'artificialisation peut aussi être intégrale et recouvrir tous les étages du littoral. Les murs et enrochements qui protègent les grandes infrastructures côtières (ports, aéroports, 4 voies, ...) sont directement au contact de la mer, à marée basse comme à marée haute.

La zone d'extension du port est concernée par les trois zones étagées d'un système côtier (émergée, soumise au balancement des marées et immergée).

Le littoral de Saint-Leu représente un système côtier corallien majoritairement artificialisé dont les spécificités morpho-dynamiques et sédimentologiques sont à intégrer dans la conception du projet.

2.4.3.2 Contexte du projet

Le secteur de Saint Leu est bordé de plages coralliennes (Cf. Figure 2.18) surmontées au sud par une berme végétalisée (végétation rampante ou filaos) et au nord par des habitations. Seule la partie urbaine de la plage présente une extension sous-marine permettant la baignade. La plage est interrompue dans sa partie nord par des aménagements (port et promenade) et leurs ouvrages de protection (enrochements).

Les constructions « en dur » (infrastructures touristiques, parkings, voiries...) contribuent à l'artificialisation du trait de côte et à la perturbation indirecte de la morphogénèse littorale.

Les quelques ravines forment des cordons de galets à leur exutoire et des plages de sable basaltique à mixte (mélange de sable volcanique et biodétritique).



Figure 2.18 : Morphologie de la plage corallienne de Saint-Leu (Mission 2004 du BRGM)

2.4.3.3 Nature sédimentaire des fonds

Les prélèvements effectués dans le cadre du projet montrent que les fonds sédimentaires du lagon de part et d'autre du port (zone ZP2) sont constitués de matériaux grossiers d'environ 800 microns de diamètre (moyenne des diamètres de granu1 à granu8) ce qui est cohérent avec l'hydrodynamisme fort dû aux courants de houle dans cette zone.

Dans le port (granu 9 à 11), on observe un gradient de granulométrie entre l'entrée et le fond du bassin :

- L'entrée du port est le lieu de courants dus aux échanges de masses d'eau entre le bassin et le lagon ce qui peut expliquer le caractère très grossier des sédiments à cet endroit (1400 microns) ;
- A l'inverse, le fond du bassin est plus calme et les sédiments charriés par le courant peuvent s'y déposer.

Dans la ravine et aux abords, la granulométrie est de l'ordre de 600 à 1000 microns.

La concentration en matière en suspension (MES) dans la zone d'étude est de l'ordre de quelques dizaines de mg/l.

		n°	d50 (micron)	MES (mg/L)
ZP2	nord du port	granu1	837.9	
		granu2	884.0	
		granu3	989.7	
		granu4	968.9	
	sud de la ravine	granu5	897.7	
		granu6	618.8	
		granu7	676.7	
		granu8	574.0	
ZP1	bassin	granu9	1409.0	35
		granu10	717.2	54
		granu11	335.0	48
	ravine et abords	granu12	903.7	42
		granu13	578.2	22
		granu14	836.7	12
		granu15	965.8	46

Tableau 2.9 : résultats des prélèvements d'eau et de sédiments (source : CTSI)



Figure 2.19 : localisation des prélèvements

2.4.3.4 Évolution sédimentaire de la zone

Avant toute urbanisation, la plage s'étendait tout le long du lagon. Cette plage constituée de dunes et de végétation participait aux échanges sédimentaires entre la mer et la terre et constituait un stock de sable appréciable.

L'urbanisation a gagné petit à petit sur cette zone littorale, privant les plages du lagon d'une grande partie du stock de sable, et modifiant le schéma fonctionnel.

Les photos aériennes et les anciennes cartes postales recueillies dans le cadre du projet permettent d'appréhender l'évolution du lagon de Saint Leu depuis les dernières décennies (photographies aériennes de 1950 à 2008).

Pour pouvoir comparer les clichés entre eux, un géoréférencement a été réalisé à partir de points remarquables (bâtiments, église, routes...) visibles sur l'ensemble des photographies. Ensuite, la « limite sableuse » a été tracée sur chaque image pour obtenir l'évolution du stock de sable à l'embouchure de la ravine. Cette limite n'est toutefois pas très précise puisqu'elle dépend de la qualité du cliché (contraste,

luminosité) et du niveau d'eau à l'instant du cliché (débit de la ravine, marée...), seuls les changements significatifs sont donc illustrés.

En 1950, la zone est très peu urbanisée, le stock de sable à l'embouchure de la ravine est significatif et s'étend sur plusieurs dizaines de mètres (plage). Ce stock participe aux échanges sédimentaires dans le lagon et montre des variations sensibles à l'échelle de quelques mois.

En 1966, l'urbanisation est en marche, le stock de sable est toujours très important même si on note déjà une diminution au nord d'un épi qui a été créé à l'emplacement de la future digue du port. La digue du port est construite entre 1966 et 1973. A partir de cette période, le stock de sable diminue progressivement jusqu'à sa disparition sous l'effet de l'urbanisation du bassin versant qui limite l'apport en matériaux des ravines.

L'analyse des photographies aériennes de 1966 et 1997 permet d'observer l'évolution de l'urbanisation et la construction des principaux aménagements côtiers tels que le port et la protection de la promenade du front de mer (Cf. Figure 2.20).

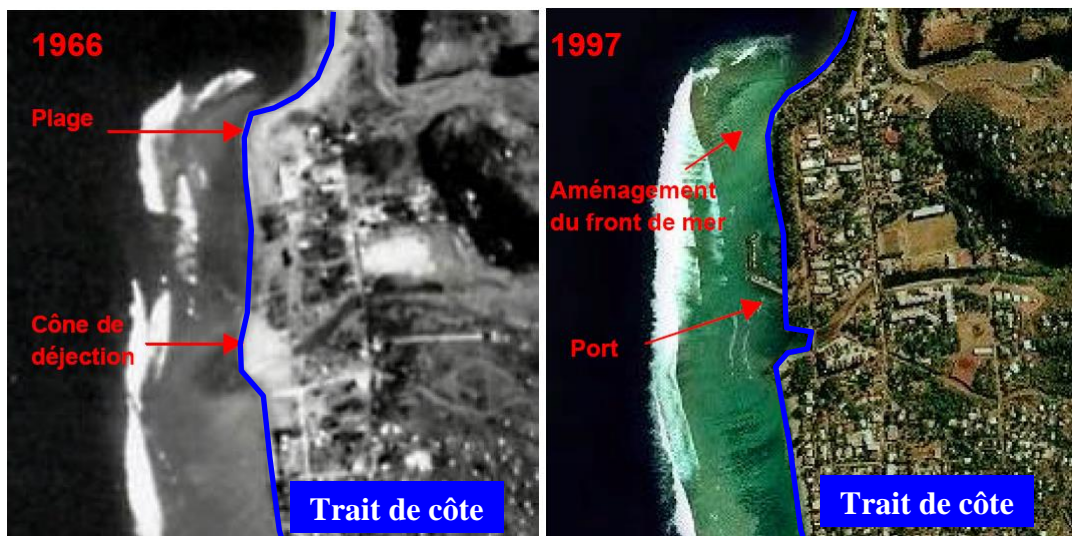


Figure 2.20 : Contexte sédimentaire et évolution du trait de côte du centre de Saint-Leu (BRGM – Décembre 2004)

En 1966, Saint-Leu présente une côte sableuse alimentée par le récif et le cône de déjection de la Ravine de Grand-Étang. Trente ans plus tard, le front de mer a été aménagé avec des enrochements de protection et le port de plaisance a été construit à proximité de la Ravine de Grand-Étang (jetée). Aujourd'hui, le sable a totalement disparu de ce secteur de la ville.

Après 1984, il n'y a plus d'évolution marquée au niveau de l'embouchure de la ravine. La zone est complètement urbanisée et le littoral est « fixé » sur une grande partie.

Actuellement, le lagon présente un transit littoral faible en temps normal, les évolutions sédimentaires sont donc également faibles.

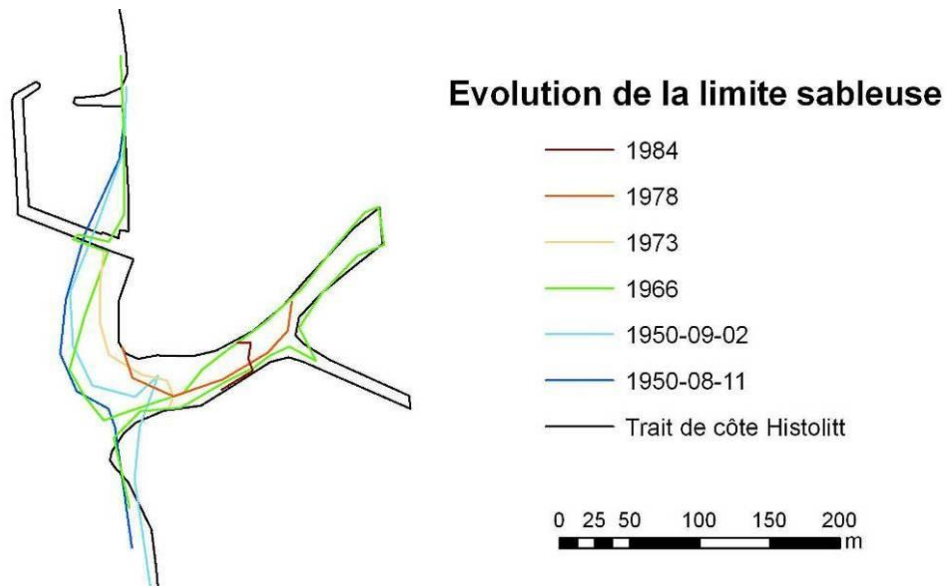


Figure 2.21 : évolution sédimentaire depuis 1950

La construction du port puis l'endigement du littoral entre le port et la passe a fini de modifier le contexte sédimentologique de la partie nord du lagon. Le creusement du chenal d'accès a également modifié les courants.

La zone nord est donc celle qui a changé le plus principalement de par la construction du port et la présence du bâti très proche, mais aussi car elle subit toute la "pression" de l'urbanisation plus en amont (diminution des plages – réduction des apports en matériaux fluviatiles).

Depuis quelques années, l'anthropisation du littoral de Saint Leu est stabilisée et les évolutions sédimentaires des plages coralliennes sont beaucoup moins marquées qu'au cours des 50 dernières années sans pour autant qu'un état d'équilibre ne soit atteint.

Le contexte sédimentaire et l'évolution du trait de côte du centre la commune de Saint-Leu sont intimement liés aux aménagements côtiers mis en œuvre ces dernières décennies.

2.4.4 Qualité des eaux de baignade

Le littoral de Saint Leu compte un seul site de baignade autorisée dont la qualité de l'eau est suivie régulièrement par l'Agence Régionale de Santé (ARS). L'usage baignade est également décrit dans le paragraphe 2.5.5.4 « Usages liés au milieu marin ».

La plage Saint-Leu MNS obtient le classement « Pavillon Bleu » depuis 2010.

Le suivi de la qualité des eaux de baignade au niveau de la plage face au récif de Saint-Leu enregistre une eau de baignade de « bonne qualité » depuis 2007 au regard de la réglementation actuelle.

Année	Plage Saint-Leu (MNS)
2012	
2011	
2010	
2009	
2008	
2007	

Légende : En bleu : bonne qualité

Tableau 2.10 : Classement réglementaire des eaux de baignade sur la commune de Saint Leu (directive européenne de 1976 puis 2006)

2.4.5 Écologie du milieu marin

📖 Expertise écologique du milieu marin pour le projet d'extension du port de Saint Leu – Platier et pente externe du récif de Saint-Leu, Dodo Palmé – Juillet 2010.

Le périmètre d'étude du milieu marin est situé au niveau du lagon de Saint Leu, dans le périmètre de la RNMR.

Une expertise écologique a été menée au niveau du platier et de la pente externe du récif de Saint Leu. Deux prélèvements d'eau de mer et deux prélèvements de sédiments marins ont été effectués et quatre stations ont été échantillonnées selon la méthode mise en place par le Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) (Cf. Figure 2.22).

Qualifications et compétences de l'équipe mobilisée

Sophie BUREAU – 7 ans d'expérience (lors de la campagne)

Titulaire d'un DESS en environnement et écosystèmes aquatiques et spécialisée en écosystèmes marins, riche d'une expérience en bureau d'étude en métropole et à La Réunion, Sophie Bureau dispose d'un diplôme de plongeur hyperbare classe II B lui permettant de réaliser des interventions de terrain jusqu'à 60 mètres de profondeur.

Sur le plan technique et opérationnel, elle a pris la direction de l'équipe de plongeurs en charge des investigations sous-marines et a réalisé les prélèvements de surface (eau & sédiments).

Elle a été accompagnée par Emmanuel ROTHE – 10 ans d'expérience – Plongeur hyperbare classe II B.

L'expertise réalisée consiste en un état initial des peuplements du récif de Saint-Leu en termes de recouvrement et d'état de vitalité avant le début des travaux d'extension portuaire.

L'objectif de cet état initial des peuplements est de connaître :

- le taux de recouvrement global du substrat par les organismes benthiques sessiles (coraux, algues...) ;
- les peuplements ou les espèces benthiques dominantes en termes de recouvrement ainsi que les principales espèces ichthyologiques rencontrées afin d'analyser les éventuelles évolutions ;
- l'état de vitalité des peuplements et l'évolution écologique globale de la zone.

Cet état initial des peuplements du récif de Saint Leu est complémentaire du suivi de deux stations permanentes, « La corne platier » et «La corne pente externe », réalisé par le Groupement d'Intérêt Public de la Réserve (GIP RNMR) (Figure 2.22). Ces stations sont suivies chaque année depuis l'année 1999.

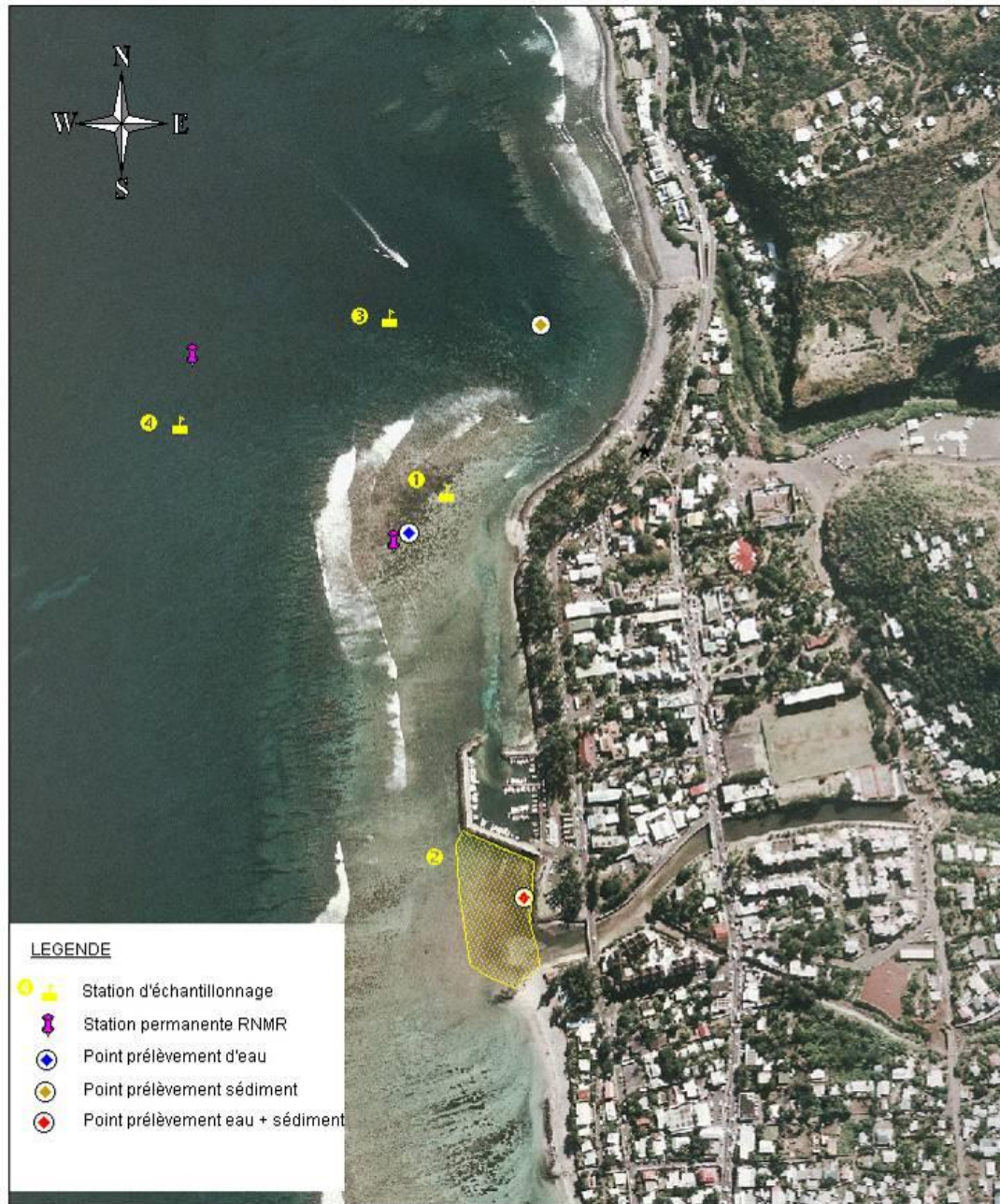


Figure 2.22 : Plan d'échantillonnage au niveau du récif de Saint-Leu

2.4.5.1 Analyses granulométriques

La granulométrie du sédiment est un paramètre important dans l'étude de la qualité de ce milieu dans la mesure où elle conditionne pour une grande partie la rétention des polluants, ceux-ci s'adsorbant préférentiellement sur les particules fines.

Les deux prélèvements réalisés au niveau des stations 1 et 2 présentent des profils granulométriques similaires (Figure 2.23 & Figure 2.24) qui se caractérisent par :

- une forte prédominance des particules de sable (63 μm à 2 mm), soit entre 96 et 98% ;
- et la très faible représentation de vase (< 63 μm), soit entre 2 et 4%.

La classe modale est constituée par les sables grossiers (500 à 2 000 μm) dans des proportions comprises entre 47,5 et 60,4%.

Le sédiment de nature sableuse présente un bon grano-classement, ce qui traduit une situation d'hydrodynamisme modéré (ne permettant pas le dépôt de particules fines).

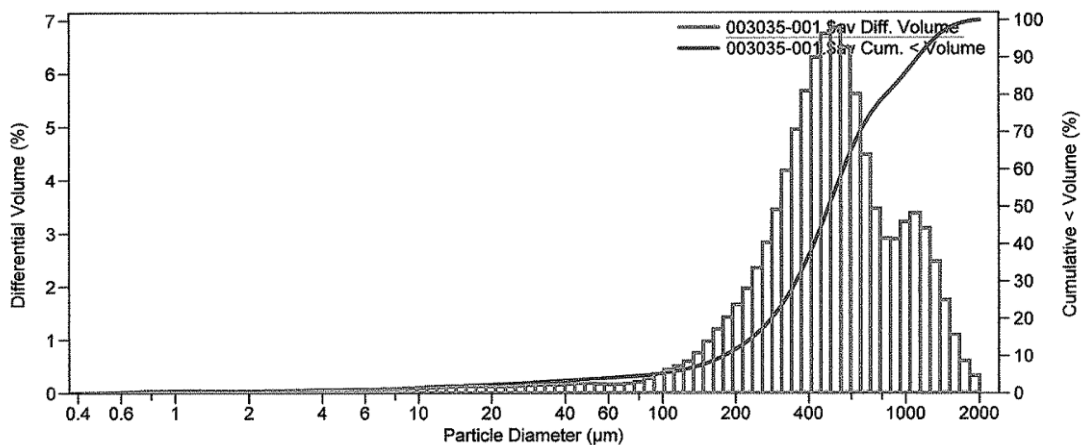


Figure 2.23 : Caractéristiques granulométriques des sédiments au niveau de la station 1

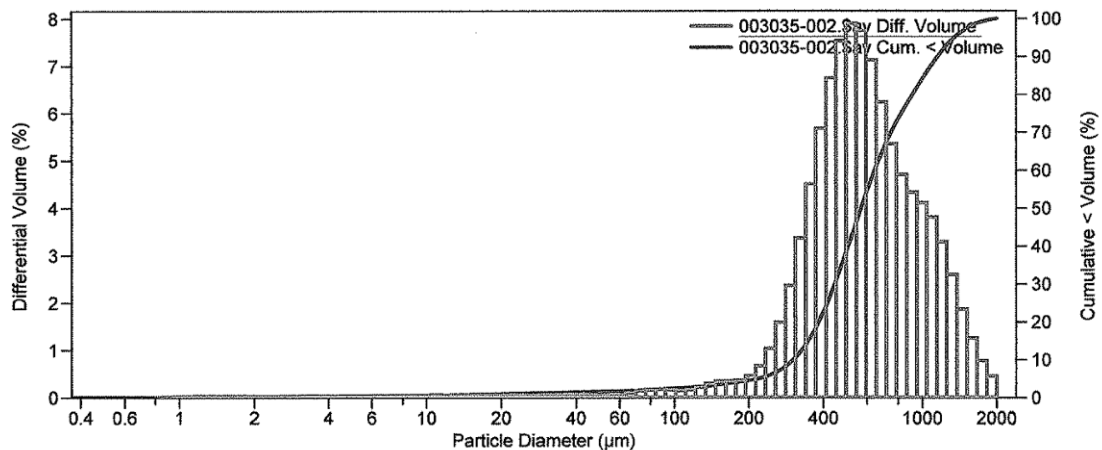


Figure 2.24 : Caractéristiques granulométriques des sédiments au niveau de la station 2

2.4.5.2 Qualité des eaux

La qualité des eaux au niveau du lagon de Saint Leu développée ci-après s'appuie sur les expertises réalisées respectivement par DODE PALME (Cf. Annexe 1 Volet Prélèvements et analyses d'échantillons d'eau de mer) et CTSI (Cf. Annexe 13 – Volet Prélèvements et analyses des eaux littorales) et sur une comparaison avec les données du RNOHYD fournies par l'IFREMER.

Elle peut être abordée selon différents paramètres. On distinguera trois groupes de paramètres :

1. les indicateurs généraux des eaux marines (température, salinité) ;

Un certain nombre de paramètres que l'on pourrait qualifier d'accompagnateurs permet de caractériser les masses d'eaux marines sans parler de contamination. Ils peuvent néanmoins dans certains cas permettre indirectement de relever une pollution de la masse d'eau. La salinité est notamment utilisée comme marqueur de la dilution en mer des apports d'eau douce.

2. les paramètres concernant la charge solide des eaux (concentration en matières en suspension) ;
3. les sels nutritifs.

La température enregistrée en sub-surface au niveau des deux stations est de 27°C.

La salinité mesurée est de 34,73 ‰ au niveau des deux stations.

A La Réunion les valeurs de salinité sans apport d'eau douce se situent entre 35,0‰ et 35,5‰. Les valeurs mesurées dans le lagon de St Leu lors des suivis du Réseau Hydrologique Littoral Réunionnais (RHLR) se situent entre 34,5‰ et 35,2‰ pour une moyenne de 34,95‰. La valeur mesurée de 34,73‰ correspond ainsi à une eau légèrement dessalée située dans la normale des valeurs mesurées dans le lagon de St Leu.

L'origine de cette dessalure ne peut toutefois pas être identifiée sans une analyse complémentaire, notamment de la température, du pH et des silicates dissous, qui informent sur la part d'eaux de ruissellement, résurgentes et pluviales dans la dessalure mesurée. Il est toutefois probable que la légère dessalure mesurée soit liée à la proche embouchure de la ravine Grand-Etang. Cette hypothèse est corroborée par les concentrations relativement élevées en sels nutritifs mesurées, comme indiqué ci-après.

La charge solide des eaux a été appréhendée à partir de la mesure de la concentration en MES.

NB : concernant les mesures de MES, il est à noter que les mesures ont été effectuées sans bouteille de type Niskin, à la différence des mesures du réseau RNOHYD. Cette différence de protocole est à l'origine des variations très marquées dans les résultats des concentrations en MES, entre d'une part les mesures du réseau RNOHYD réalisées entre 2003 et 2005 ($V_{\text{moy}} : 1,36 \text{ mg/l} - V_{\text{max}} : 5,1 \text{ mg/l}$) et celles de la campagne CTSI (13 mg/l pour la station 1 et 17 mg/l pour la station 2).

Au vu de cet aléa, ces dernières mesures n'ont pas été prises en compte.

De plus, depuis 2006, les mesures de charge solide sont effectuées par des mesures de turbidité dont le protocole est plus simple. Les mesures de turbidité du réseau RNOHYD rendent compte d'une valeur maximale de 0,72 NTU (une valeur extrême de 3.35 NTU relevée) et une moyenne de 0,21 NTU pour des mesures effectuées entre 2006 et 2010.

Les sels nutritifs (azote et phosphore) sont de bons indicateurs des apports terrestres au milieu marin. On distinguera dans cette partie les deux formes d'azote inorganique (nitrites – NO_2 , nitrates – NO_3) ainsi que le phosphore inorganique (ou orthophosphates – PO_4). Dans le cycle de l'azote, l'azote organique (N) apporté au milieu marin est oxydé en présence d'oxygène en ammonium puis en nitrites et enfin en nitrates. De même, le phosphore organique (P) est oxydé en orthophosphates en présence d'oxygène.

Sels nutritifs	Station 1	Station 2
Orthophosphate ($\mu\text{mol/l}$)	0,16	0,14
Phosphore total (mg/l)	< 0,02	0,02
Nitrate ($\mu\text{mol/l}$)	0,75	0,33
Nitrite ($\mu\text{mol/l}$)	0,10	0,10
Ammoniac ($\mu\text{mol/l}$)	< 0,50	< 0,50

Tableau 2.11 : Concentrations en sels nutritifs obtenus lors des prélèvements dans le lagon de Saint-Leu

Ces résultats peuvent être comparés aux résultats obtenus lors des campagnes en mer du RNO Hydrologie à La Réunion entre 2002 et 2010 (Cf. Tableau 2.12).

Sels nutritifs	Valeur moyenne	Valeur maximale
Phosphate ($\mu\text{mol/l}$)	0,14	0,27
Nitrate ($\mu\text{mol/l}$)	0,47	3,11

<i>Nitrite + Nitrate ($\mu\text{mol/l}$)</i>	<i>0,60</i>	<i>3,35</i>
<i>Nitrite ($\mu\text{mol/l}$)</i>	<i>0,13</i>	<i>0,24</i>
<i>Ammoniac ($\mu\text{mol/l}$)</i>	<i>0,26</i>	<i>0,78</i>
<i>Silicate ($\mu\text{mol/l}$)</i>	<i>2,88</i>	<i>5,41</i>

Tableau 2.12 : Concentrations en sels nutritifs obtenus lors des campagnes du RNO entre 2002 et 2010

Les concentrations en sels nutritifs mesurées lors de la campagne (Tableau 2.11) s'inscrivent dans les fourchettes du suivi du RNO.

L'analyse du compartiment eau de mer montre des concentrations relativement importantes en sels nutritifs.

2.4.5.3 Qualité des sédiments

L'analyse de la qualité des sédiments a été effectuée par CTSI. Il convient de se reporter au rapport d'analyse joint en annexe 13 qui explicite la méthodologie et les résultats obtenus (hors mesures MES non prises en compte).

L'analyse sédimentaire met en évidence des sédiments de nature sableuse avec une faible part de particules fines (2 à 4 %) montrant une absence de contamination concernant les métaux lourds et des composés organiques présents à l'état de traces.

2.4.5.4 Taux de recouvrement global du substrat par les organismes benthiques

L'analyse du taux de recouvrement par les organismes benthiques d'une station de mesure non permanente, mais géo-référencée de manière précise, permet de réaliser un état initial de l'état de santé du récif corallien dont l'évolution quantitative et qualitative pourra être suivie dans le temps.

Par ailleurs, l'analyse d'espèces indicatrices comme par exemple les populations d'Acropores, et notamment les Acropores branchus, communautés par définition très sensibles, permet de déduire l'état de pression actuelle qui s'exerce sur une zone et de définir la sensibilité écologique d'une station.

A- Au sud du port existant : station 2

L'ensemble de la zone située au sud du port actuel (entre la digue sud du port et l'embouchure de la Ravine Grand-Étang) a été investigué. Ces observations ont montré la quasi-absence de recouvrement corallien de cette zone, mis à part quelques très petites colonies au niveau des enrochements de la digue du port, et un substrat dur composé de galets enalgués. Les zones de sédiments meubles sont quasi inexistantes (Cf. photos suivantes).

Les invertébrés vagiles observés sur cette zone sont essentiellement des oursins (*Echinothrix diadema*, *Tripneustes gratilla*, *Echinometra mathaei*) présents en quantité moyenne sur les zones rocheuses et les enrochements des digues du port et constituent des témoins d'une zone dégradée (Cf. photos suivantes).

L'absence de recouvrement corallien confirme que cette zone est sous l'influence d'apports d'eau douce et de sédiments de la Ravine Grand-Étang. L'absence de sédiments meubles dans cette zone d'embouchure démontre, pour cette période de l'année, un faible transport sédimentaire ou plus vraisemblablement un transport des particules sédimentaires en aval au niveau du lagon de Saint Leu.



Photo 1 : Absence de recouvrement corallien



Photo 2 : Débris et galets enalgués



Photo 3 : Substrat enalgué



Photo 4 : Substrat enalgué et cyanophycées



Photo 5 : Présence d'oursins *Echinothrix diadema* au niveau de zones rocheuses



Photo 6 : Présence d'oursin *Tripneustes gratilla*

B- Au niveau du platier : station 1

Les taux de recouvrement détaillés par type de substrat et par station sont mentionnés au niveau des Tableau 2.13 et suivants et de la Figure 2.25.

La station 1 située au niveau du platier et orientée parallèlement à la côte enregistre un recouvrement corallien important avec une couverture moyenne en coraux vivants de 47,92% +/- 3,76 ES.

Cette valeur est plus importante que celle enregistrée au niveau de la station permanente (La Corne platier) suivie par le GIP RNMR : 37% en 2008, 19% en 2009, 33.1% en 2010, 28.6% en 2011, 35.2% en 2012, 40.2% en 2013, 40.0% en 2014 et 35.6% en 2015.

Ces valeurs sont globalement stables, avec toutefois des variations interannuelles notables. On relève en particulier la capacité de résilience suite à des épisodes de stress comme en 2009 ou 2011. Ce point est développé dans la suite du présent document.

Le recouvrement moyen en substrats enalgués est de 49,75% +/- 5,72 ES et composé essentiellement de débris coralliens recouverts d'un feutrage algal (Photo 10). La part complémentaire du recouvrement est composée d'éponge, du genre *Dysidea sp.*, pour 2,33% +/- 2,25 ES (Cf. Tableau 2.13).

L'ensemble de la station présente une faible variété taxonomique en corail vivant sur les transects observés, avec un total de 10 espèces relevées. Les espèces coralliennes sont composées essentiellement d'Acropores, dominées par des Acropores branchus (ACB) (*Acropora muricata*) pour 23,33% +/- 10,52 ES formant par endroit de grandes colonies couvrant plusieurs m² (Photo 11) et à d'autres endroits des repousses (Photo 12). Au total, 4 espèces d'Acropores ont été observées (5 espèces au niveau de la station permanente en 2008 et 3 espèces en 2009). Notons également un faible recouvrement de *Porites (Syneraea rus)* pour 4 % +/- 4,27 ES espèce caractéristique des zones de platier dégradé.

La population d'invertébrés vagiles sur la station 1 s'est avérée de densité moyenne avec 12,92 +/- 4,40 ES individus par m².

L'ensemble de la station présente une faible variété taxonomique en invertébrés benthiques vagiles sur les quadras observés, avec un total de 12 espèces relevées au niveau des transects de mesure. Le groupe des échinodermes est le plus représenté avec un total de 4 espèces observées et 7,833 +/- 4,26 ES individus par m². L'espèce la plus présente est l'ophiure *Ophiocoma erinaceus* caché dans les anfractuosités du récif ou dans les buissons d'Acropores.

Aucun individu d'*Acanthaster planci*, invertébré corallivore n'a été observé.

Seulement deux individus d'*Octopus sp.* (poulpe) ont été répertoriés.

Type de substrat	Station 1 (N=3)		Station 3 (N=3)		Station 4 Sud (N=2)		Station 4 Nord (N=1)	
	Moy (%)	ES	Moy (%)	ES	Moy (%)	ES	Moy (%)	ES
Coraux vivants	47,92	3,76	32,00	4,44	20,13	3,36	74,50	-
Substrats enalgués	49,75	5,72	66,67	5,58	74,25	4,60	16,00	-
Autre	2,33	2,25	1,17	1,04	4,38	0,88	9,50	-
Abiotique	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,35	0,00	-

Tableau 2.13 : Couverture moyenne et erreurs-standards (ES) par type de substrat enregistré sur les stations étudiées au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (N=Nombre de réplikat par station).

Type de substrat	Station 1 (N=3)		Station 3 (N=3)		Station 4 (Sud) (N=2)		Station 4 (Nord) (N=1)	
	Moy (%)	ES	Moy (%)	ES	Moy (%)	ES	Moy (%)	ES
Acropore Branchu (ACB)	27,50	5,41	18,58	5,39	0,00	0,00	0,00	-
<i>Acropora muricata</i>	23,33	10,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<i>Acropora cf hemprichii</i>	4,17	5,58	13,42	6,88	0,00	0,00	0,00	-
<i>Acropora valida</i>	0,00	0,00	5,17	1,53	0,00	0,00	0,00	-
Acropore Digité (ACD)	3,00	5,20	0,00	0,00	0,00	0,00	3,75	
<i>Acropora digitifera</i>	3,00	5,20	0,00	0,00	0,00	0,00	3,75	-
Acropore Submassif (ACS)	4,67	5,03	7,42	4,49	5,50	1,41	44,75	
<i>Acropora abrotanoides</i>	4,67	5,03	7,42	4,49	5,50	1,41	44,8	-
Non-Acropore Encroûtant (CE)	0,33	0,58	0,50	0,50	2,88	0,53	6,25	
<i>Hydnophora sp.</i>	0,33	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<i>Astreopora sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	0,53	2,50	-
<i>Echinopora sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-
<i>Montipora sp.</i>	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50	-
<i>Turbinaria mesenterina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	-
<i>Psammocora profundacella</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	-
<i>Favites pentagona</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,06	0,50	-
Non-Acropore Massif (CM)	7,08	2,77	0,00	0,00	10,25	3,89	16,00	
<i>Porites sp.</i>	6,25	2,82	0,00	0,00	5,00	0,71	15,00	-
<i>Porites lobata</i>	0,17	0,29	0,00	0,00	3,25	4,60	0,00	-
<i>Platygyra sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-
<i>Leptoria phrygia</i>	0,67	1,15	0,00	0,00	1,75	0,35	0,00	-
<i>Goniopora sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35	0,00	-
Non-Acropore Submassif (CS)	5,33	4,07	5,50	3,50	1,50	1,41	3,75	
<i>Porites (Syneraea) rus</i>	4,00	4,27	4,33	4,65	0,00	0,00	0,00	-
<i>Favia stelligera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35	1,50	-
<i>Montipora cf circumvallata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<i>Pocillopora verrucosa</i>	0,00	0,00	1,17	1,26	1,25	1,06	0,75	-
<i>Pocillopora cf meandrina</i>	1,33	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	-
Corail blanchi	0,00	0,00	0,17	0,29	0,00	0,00	0,00	
Autre	2,33	2,25	1,17	1,04	4,38	0,88	9,50	
Millépore (CME)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,53	3,50	-
Corail mou (SC)								-
<i>Sarcophytum sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35	2,00	-
<i>Sinularia sp.</i>	0,00	0,00	1,17	1,04	2,75	1,06	4,00	-
Eponge								-
<i>Dysidea sp.</i>	2,33	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Substrat enalgué	49,75	5,72	66,67	5,58	74,25	4,60	16,00	
Assemblage Algal (AA)	49,25	6,57	62,50	2,00	52,75	1,77	4,25	-
Algue calcaire (CA)	0,00	0,00	4,17	7,22	21,50	6,36	11,75	-
Turf Algal (TA)	0,50	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Abiotique	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,35	0,00	
Sable	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,35	0,00	-

Tableau 2.14 : Couverture moyenne et erreurs-standards (ES) par type de substrat observés sur les stations étudiées au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (N=Nombre de répliquat par station).

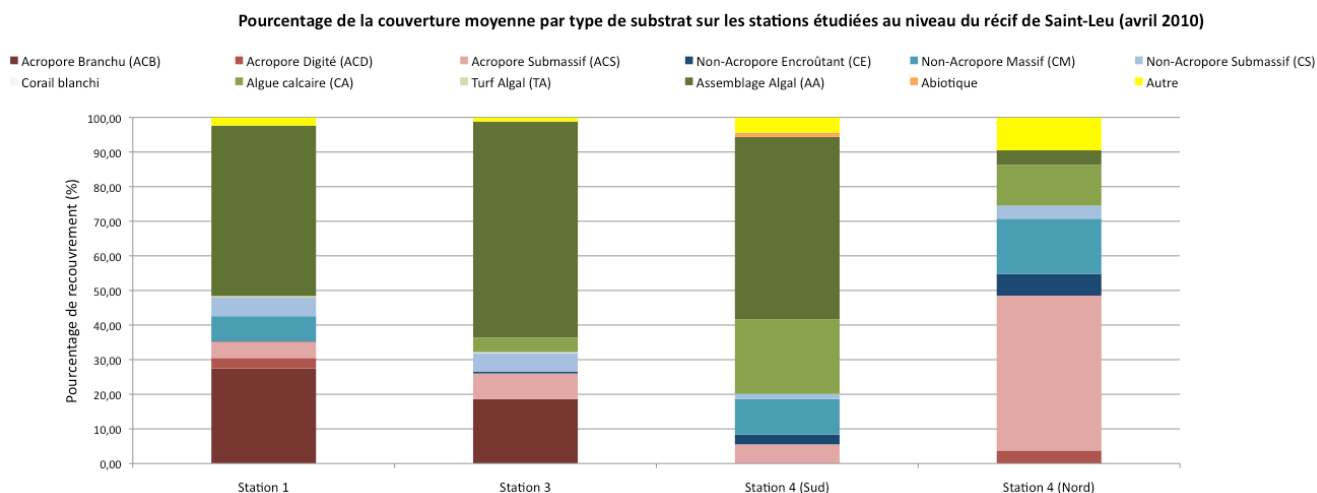


Figure 2.25 : Pourcentage de la couverture moyenne par type de substrat sur les stations étudiées au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010)

	Station 1 (N=12)		Station 3 (N=12)		Station 4 (sud) (N=8)		Station 4 (nord) (N=4)	
	Moy (indiv/m ²)	ES	Moy (indiv/m ²)	ES	Moy (indiv/m ²)	ES	Moy (indiv/m ²)	ES
Annélides								
<i>Spirobranchus giganteus</i>	0,67	1,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Crustacés								
<i>Odontodactylus scyllarus</i>	0,00	0,00	0,08	0,29	1,38	2,07	0,25	0,50
<i>Cymo quadrilobatus</i>	0,58	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Saron marmoratus</i>	0,92	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Alpheus sp.</i>	0,17	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Trapezia sp.</i>	0,08	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bernard l'ermite spp</i>	2,42	1,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Echinodermes								
<i>Echinometra mathaei</i>	1,33	1,15	0,00	0,00	0,25	0,46	0,00	0,00
<i>Echinothrix diadema</i>	0,75	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
<i>Echinostrephus sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	15,63	13,21	0,00	0,00
<i>Ophiocoma erinaceus</i>	5,67	3,06	0,00	0,00	1,88	2,03	0,00	0,00
<i>Fromia sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
<i>Actinopyga mauritiana</i>	0,08	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mollusques								
<i>Philidiella rosans</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,71	0,50	1,00
<i>Octopus sp.</i>	0,17	0,39	0,08	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bénitier spp.</i>	0,08	0,29	0,08	0,29	0,75	1,04	0,00	0,00
TOTAL	12,92	4,40	0,25	0,45	20,13	15,30	1,25	1,50

Tableau 2.15 : Nombre d'individus moyen par m² et erreurs-standards (ES) par station de mesures au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (N=Nombre de répliqués par station)

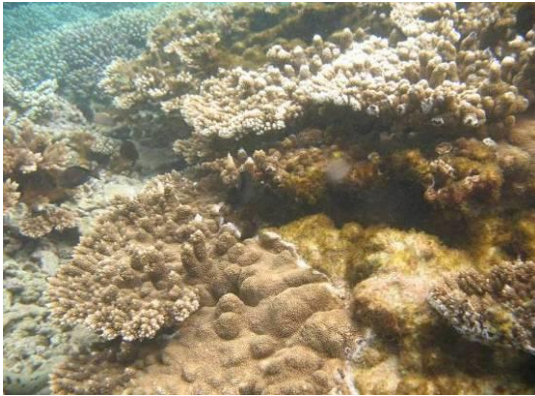


Photo 7 : vue d'ensemble du recouvrement corallien (*Acropora abrotanoides*)

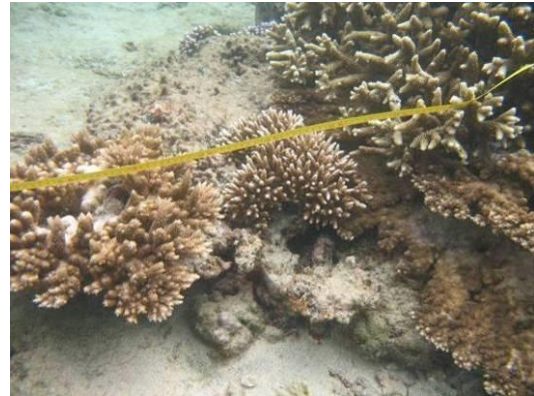


Photo 8 : vue d'ensemble du recouvrement corallien (*Acropora* spp.)



Photo 9 : massif d'Acropores branchus (ACB)

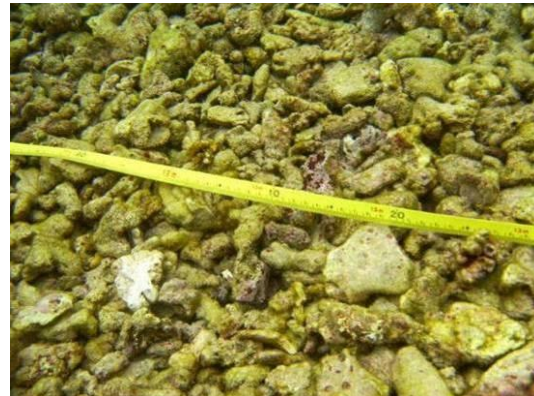


Photo 10 : débris coralliens recouvert d'un feutrage algal



Photo 11 : massif d'*Acropora muricata*



Photo 12 : repousses d'*Acropora muricata* sur des débris coralliens



Photo 13 : Ophiure *Ophiocoma erinaceus*



Photo 14 : Oursin *Echinothrix diadema*

C- Au niveau de la pente externe : stations 3 et 4

a- Station 3

La station 3 est située au niveau de la pente externe, le plus à l'est (proche de la côte) de la corne du récif de Saint-Leu, par 8 mètres de profondeur et orientée perpendiculairement à la côte.

Elle enregistre un recouvrement corallien moyen à faible avec une couverture moyenne en coraux vivants de 32% +/- 4,44 ES. Le recouvrement moyen en substrats enalgués est de 66,67% +/- 5,58 ES et composé majoritairement de roches enalguées (Photo 15). La part complémentaire du recouvrement est composée de coraux mous, du genre *Sinularia sp.*, pour 1,17% +/- 1,04 ES (Tableau 2.13).

L'ensemble de la station présente une faible variété taxonomique en corail vivant sur les transects observés, avec un total de 6 espèces relevées. Les espèces coralliennes sont composées essentiellement d'Acropores, dominées par des Acropores branchus (ACB) (*Acropora hemprichii* & *Acropora valida*) pour 18,58% +/- 5,39 ES ainsi que des Acropores Submassifs (ACS) (*Acropora abrotanoides*) pour 7,42% +/- 4,49 ES (Photo 16). Au total 3 espèces d'Acropores ont été observées (Photo 16). Notons également un recouvrement moyen de *Porites (Syneraea) rus* pour 4,33 % +/- 4,65 ES.

La population d'invertébrés vagiles sur la station 3 étudiée s'est avérée être très faible avec 0,25 +/- 0,45 ES individus par m².

Seuls, un poulpe (*Octopus sp.*), une squille (*Odontodactylus scyllarus*) et un bénitier (Bénitier spp.) ont été observés.



Photo 15 : roche enalguée



Photo 16 : *Acropora abrotanoides* (ACS) et *Acropora hemprichii* (ACB)

b- Station 4

Du fait du caractère hétérogène de la station 4, elle sera traitée comme deux stations indépendantes, station 4 sud (2 répliqués) et station 4 nord (1 répliqués).

Au vu du positionnement de la station et des observations faites, les résultats de la station 4 nord sont comparables aux résultats de la station « La Corne pente externe » observés par le GIP RNMR.

L'ensemble de la station 4 est situé au niveau de la pente externe par 8 mètres de profondeur et est orienté parallèlement à la côte.

La station 4 sud enregistre un recouvrement corallien faible avec une couverture moyenne en coraux vivants de 20,13% +/- 3,36 ES. Le recouvrement moyen en substrats enalgués est de 74,25% +/- 4,60 ES et composé majoritairement de roches enalguées. La part complémentaire du recouvrement est composée de millépore (CME) pour 1,38% +/- 0,53 ES ainsi que de coraux mous, du genre *Sinularia sp.*, pour 2,75% +/- 1,06 ES et du genre *Sarcophytum sp.* pour 0,25% +/- 0,35 ES (Cf. Tableau 2.13).

La station 4 sud présente une faible variété taxonomique en corail vivant sur les transects observés, avec un total de 9 espèces relevées au niveau des 2 transects de mesure. Les espèces coralliennes sont composées majoritairement de coraux massifs (CM) pour 10,25% +/- 3,89 ES du genre *Porites sp.* et *Leptoria phrygia* ainsi que des Acropores Submassifs (ACS) (*Acropora abrotanoides*) pour 5,5% +/- 1,41 ES (Photo 16). Au total 1 seule espèce d'Acropore a été observée sur les transects de mesure.

La population d'invertébrés vagiles sur la station 4 sud étudiée s'est avérée être de densité moyenne avec 20,13 +/- 15,30 ES individus par m².

L'ensemble de la station présente une faible variété taxonomique en invertébrés benthiques vagiles sur les quadrats observés, avec un total de 6 espèces relevées au niveau des transects de mesure. Le groupe des échinodermes est le plus représenté avec un total de 3 espèces observées et 17,75 +/- 13,74 ES individus par m². L'espèce la plus présente est l'oursin *Echinostrephus sp.* creusant dans le corail.

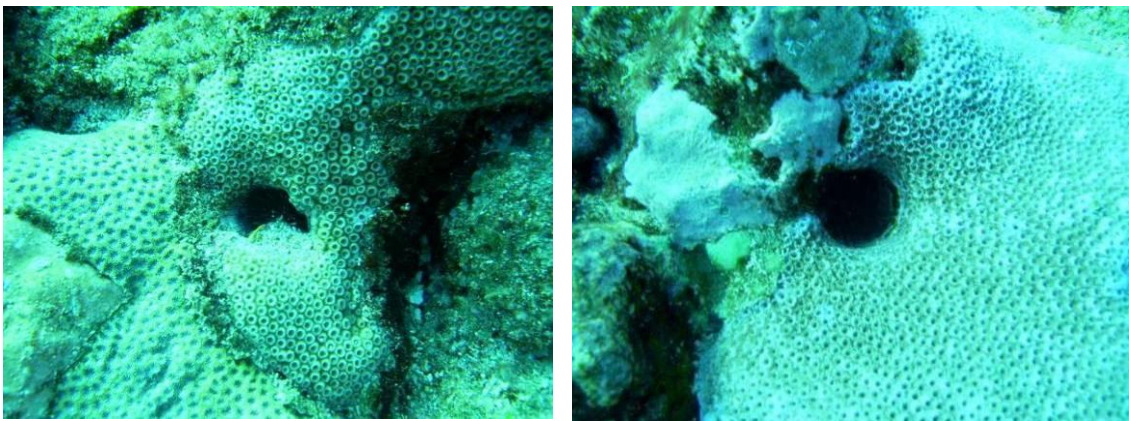


Photo 17 & Photo 18 : oursin *Echinostrephus sp.* creusant dans le corail

La station 4 nord enregistre un recouvrement corallien très important avec une couverture moyenne en coraux vivants de 74,50% (Photo 19 & Photo 20).

Cette valeur est comparable à celle enregistrée au niveau de la station permanente suivie par le GIP RNMR : 70% en 2008, 60% en 2009, 59.5% en 2010, 64.5% en 2011, 61.2% en 2012, 58.7% en 2013, 56.9% en 2014 et 55.8% en 2015.

Là encore, ces valeurs sont globalement stables, bien que de légères variations interannuelles puissent être remarquées, avec un écart à la moyenne sur une période de 8 ans qui n'excède pas 5 points.

Le recouvrement moyen en substrats enalgués est de 16% et composé majoritairement de roches enalguées. La part complémentaire du recouvrement est composée de millépore (CME) pour 3,5% ainsi que de coraux mous, du genre *Sinularia sp.*, pour 4% et du genre *Sarcophytum sp.* pour 2% (Tableau 2.13).

La station 4 nord présente une variété taxonomique moyenne en corail vivant sur le transect observé, avec un total de 13 espèces relevées (23 espèces en 2008 et 18 en 2009 au niveau de la station permanente). Les espèces coralliennes sont composées majoritairement d'Acropores, dominées par *Acropora abrotanoides* (ACS) pour 44,75% (42,25% en 2008 et 24,92% en 2009), formant d'importants massifs (Photo 21) et *Acropora digitifera*, Acropore digité (ACD), pour 3,75%. Au total 2 espèces d'Acropores ont été observées (5 espèces en 2008 et 3 en 2009). Les espèces coralliennes également présentes sont les coraux massifs (CM) pour 16%, du genre *Porites sp.* majoritairement (Photo 22 & Photo 23), ainsi que des coraux encroûtants (CE) pour 6,25% (Photo 24) et des coraux submassifs (CS) pour 3,75%.

La population d'invertébrés vagiles sur la station 4 nord étudiée s'est avérée être très faible avec 1,25 +/- 1,50 ES individus par m².

L'ensemble de la station présente une faible variété taxonomique en invertébrés benthiques vagiles sur les quadrats observés, avec un total de 4 espèces relevées au niveau des transects de mesure.



Photo 19 : vue d'ensemble du recouvrement corallien de la station 4 nord



Photo 20 : vue d'ensemble du recouvrement corallien de la station 4 nord



Photo 21 : massif d'*Acropora abrotanoides* (ACS), station 4 nord



Photo 22 : corail massif (CM) de *Porites lutea* station 4 nord



Photo 23 : corail massif (CM) du genre *Porites* sp. station 4 nord



Photo 24 : corail encroûtant (CE) *Turbinaria mesenterina*

D- La zone de protection intégrale de Saint Leu

La zone de protection intégrale de St Leu n'a pas fait l'objet d'investigations spécifiques à l'occasion de la présente étude mais est suivie annuellement dans le cadre des stations de référence (GCRMN) par la RNMR au même titre que la zone du port.

Les stations de référence en question sont : (1) La Varangue Platier, (2) La Varangue Pente externe. Elles sont situées au centre de la zone de protection intégrale.

Les pourcentages de recouvrement des substrats durs par les coraux vivants mesurés sur ces stations depuis 2008 sont les suivantes :

- La Varangue Platier : 55,3% (08), 36,5% (09), 44,0% (10), 64,6% (11), 28,7% (12), 36,8% (13), 29,0% (14), 48,8% (15)
- La Varangue Pente externe : 33,7% (08), 29,5% (09), 38,0% (10), 31,4% (11), 32,5% (12), 36,2% (13), 36,1% (14), 38,0% (15)

Ces stations, situées en zone de protection intégrale, présentent des valeurs de recouvrement inférieures à celles de La Corne Pente externe, pourtant située en zone de réglementation générale.

La station de platier présente de fortes variations des valeurs acquises d'une année à l'autre. L'origine de cette variabilité pourrait être recherchée auprès de la RNMR (changement de station, d'opérateur, phénomène environnemental, etc.). Les valeurs restent globalement relativement élevées pour La Réunion.

La station de pente externe présente en revanche des valeurs stables dans le temps pouvant être définies comme moyennes pour La Réunion.

En dehors de ces valeurs, doivent également être citées les références suivantes qui concernent le suivi de la vitalité corallienne en réserve :

- Université de La Réunion, 2006. Etat initial de l'effet réserve de la RNMR.
- Université de La Réunion, 2008. Bilan de 10 ans de suivi GCRMN Benthos (1998-2008).
- Université de La Réunion, 2016. Suivi n°1 de l'effet réserve de la RNMR (T + 10 ans).
- MAREX, 2016 (à paraître). Rapport régional du réseau GCRMN (chapitre Réunion).
- PARETO, 2009, 2012, 2016. Rapports de suivi du benthos de substrats durs dans le cadre de la DCE.

Une sonde de mesure de température en continu a également été immergée sur cette station en 2016 par la RNMR. D'autres programmes de surveillance de la RNMR concernent également partiellement cette zone [suivi Macabit (*Epinephelus merra*), Pêcheries traditionnelles, Reproduction des coraux, etc.].

2.4.5.5 Principales espèces ichthyologiques rencontrées

L'inventaire et le dénombrement des communautés de poissons récifaux apportent des éléments d'analyses complémentaires à l'observation des organismes benthiques sur l'état de santé du récif corallien. En effet, certains poissons, dits opportunistes, ne sont pas très exigeants quant à la qualité du milieu ou quant à la nourriture disponible.

D'autres organismes, en revanche, dits espèces indicatrices, sont très sensibles à leur environnement et disparaissent rapidement d'un récif qui ne possède pas de bonnes conditions pour leur survie. Par la suite, l'évolution quantitative et qualitative de ces populations pourra être suivie.

A- Au sud du port existant : station 2

Dans cette zone des populations de poissons récifaux, majoritairement de petite taille, ont été observées essentiellement dans les enrochements de la digue portuaire.

Il a été relevé des populations significatives d'Acanthuridae, *Acanthurus triostegus*, *Acanthurus nigrofuscus* et *Naso unicornis*, poissons herbivores qui raclent avec leurs dents en forme de petite brosse le feutrage algal qui pousse sur les coraux morts ou les substrats rocheux. Ces espèces sont indicatrices de milieux dégradés.



Photo 25 : Acanthuridae, *Acanthurus triostegus* et *Acanthurus nigrofuscus*



Photo 26 : Baliste Picasso, *Rhinecanthus aculeatus*



Photo 27 : Acanthuridae, *Naso unicornis*



Photo 28 : Chaetodontidae, *Chaetodon lunula* et *Chaetodon vagabondus*

Le Baliste picasso, *Rhinecanthus aculeatus*, poisson opportuniste se nourrissant essentiellement d'oursins a été observé, mais également quelques poissons papillons, *Chaetodon lunula* et *Chaetodon vagabondus*, corallivores.

B- Au niveau du platier : station 1

La moyenne des poissons comptabilisés sur l'ensemble de la station est de 193,33 +/- 23,46 ES et de 25 espèces de la liste prédéfinie (Cf. Tableau 2.16). Les familles majoritairement observées sur cette zone de platier sont les Pomacentridae, *Stegastes sp* (39,67 +/- 18,77 ES), *Plectroglyphidodon sp.* (15,33 +/- 2,52 ES) et *Dascyllus aruanus* (5,33 +/- 6,11 ES) suivie des Acanthuridae, *Ctenochaetus striatus* (34,33 +/- 9,07 ES) *Acanthurus triostegus* (17,33 +/- 19,30 ES), *Acanthurus nigrofuscus* (15,33 +/- 7,77 ES), et *Naso unicornis* (27,67 +/- 5,86 ES). Les Pomacentridae sont des individus territoriaux inféodés aux buissons d'Acropores et défendent des zones couvertes par des pelouses de turf algal.

Le nombre moyen d'individus et le nombre d'espèces comptabilisés lors de cette campagne de mesure pour la station platier est du même ordre de grandeur que les résultats obtenus en 2009 sur la station permanente suivi par le GIP RNMR (271,65 poissons comptabilisés en moyenne et 25 espèces).

Lors de l'inventaire biodiversité réalisé en 2008 sur la station permanente par le GIP RNMR, un total de 66 espèces différentes de poissons a été comptabilisé. Ce nombre d'espèces est un nombre moyen enregistré au niveau des platiers réunionnais.

	Station 1		Station 3		Station 4	
Taille de l'échantillon (N)	3		3		3	
	Moy	ES	Moy	ES	Moy	ES
Nombre total d'individus	193,33	23,46	276,33	73,79	275	43,49

Tableau 2.16 : Nombre d'individus total moyen et erreurs-standards (ES) par station de mesures au niveau du récif de Saint-Leu (avril 2010) (Nombre de réplicats par station N=3).

Parce qu'ils vivent étroitement associés aux colonies coralliennes, les poissons-papillons, et notamment le poisson-papillon à trois bandes *Chaetodon trifasciatus*, le poisson-papillon de Meyer *Chaetodon meyeri* ou encore le petit poisson-lime à tâches oranges *Oxymonacanthus longirostris* sont de bons indicateurs d'un milieu récifal sain. Ce sont des corallivores stricts et leur nombre est donc directement lié à l'étendue des surfaces coralliennes et à l'état de santé des coraux.

Ces espèces indicatrices telles que *Chaetodon trifasciatus* (2 +/- 1 ES), *Chaetodon meyeri* (0,33 +/- 0,58 ES) ainsi que *Oxymonacanthus longirostris* (1,33 +/- 1,15 ES) sont présentes sur la station étudiée et le nombre moyen d'individus observés est comparable aux valeurs moyennes enregistrées sur le transect permanent en 2008 et 2009 par le GIP RNMR.

Les Acanthuridae, espèces dans l'ensemble indicatrices des milieux dégradés, sont présents de manière relativement importante sur l'ensemble de la station avec un nombre d'individus moyen de 94,67 +/- 19,40 ES. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par le GIP RNMR (84 individus en 2008 et 100 individus en 2009).

D'autre part, la famille des Serranidae, indicateur d'un effort de pêche important, est faiblement présente avec en moyenne 1,33 +/- 2,31 individus (8,67 individus en 2008 et 5,66 individus en 2009).



Photo 29 : *Chaetodon trifasciatus*



Photo 30 : *Epinephelus hexagonatus*

C- Au niveau de la pente externe : stations 3 et 4

a- Station 3

La moyenne des poissons comptabilisés sur l'ensemble de la station est de 276,33 +/- 73,79 ES et de 25 espèces de la liste prédéfinie (Cf. Tableau 2.16). La famille majoritairement observée sur cette zone de la pente externe est la famille des Acanthuridae (161 +/- 70,93 ES), *Acanthurus triostegus* (87,33 +/- 104,15 ES), présents en bancs d'une centaine d'individus, *Ctenochaetus striatus* (52,33 +/- 32,08 ES), *Acanthurus nigrofuscus* (16 +/- 13,89 ES), et *Naso unicornis* (5,33 +/- 0,58 ES). La perche d'or, *Gnathodentex aureolineatus* (20,67 +/- 18,88 ES) et les capucins, *Mulloidichthys vanicolensis* (15 +/- 9,54 ES) sont présents en bancs d'une vingtaine d'individus.

Les espèces indicatrices telles que *Chaetodon trifaciatatus* (3 +/- 1,73 ES), *Chatodon meyeri* (0,67 +/- 0,58 ES) ainsi que *Oxymonacanthus longirostris* (2,67 +/- 1,53 ES) sont présentes sur la station étudiée.

Aucun Serranidae n'a été dénombré sur la station.

b- Station 4

La moyenne des poissons comptabilisés sur l'ensemble de la station est de 275 +/- 43,49 ES et de 25 espèces de la liste prédéfinie (Cf. Tableau 2.16). La famille majoritairement observée sur cette zone de la pente externe est la famille des Acanthuridae (105,67 +/- 6,81 ES), *Ctenochaetus striatus* (42,33 +/- 24,95 ES), *Acanthurus nigrofuscus* (57 +/- 31,95 ES), *Acanthurus triostegus* (5 +/- 8,66 ES), et *Naso unicornis* (1,33 +/- 2,31 ES). La perche d'or, *Gnathodentex aureolineatus* (22,33 +/- 33,62 ES), les capucins, *Mulloidichthys vanicolensis* (55,67 +/- 29,91 ES) (bancs de cinquantaine d'individus) et les Pomacentridae, *Plectroglyphidodon dickii* (42,33 +/- 30,66 ES) sont présents sur la station.

Le nombre moyen d'individus (275) et le nombre d'espèces comptabilisés (25) lors de cette campagne de mesures pour la station pente externe sont plus importants que les résultats obtenus en 2009 sur la station permanente suivie par le GIP RNMR (186 poissons comptabilisés en moyenne et 22 espèces). Ce nombre plus important est lié à la présence de bancs de perche d'or, *Gnathodentex aureolineatus* et de capucins, *Mulloidichthys vanicolensis*.

Lors de l'inventaire biodiversité réalisé en 2008 sur la station permanente par le GIP RNMR, un total de 62 espèces différentes de poissons a été comptabilisé.

Les espèces indicatrices telles que *Chaetodon trifaciatatus* (3 +/- 1 ES), *Chatodon meyeri* (1 +/- 1 ES) ainsi que *Oxymonacanthus longirostris* (1,33 +/- 1,15 ES) sont présentes sur la station et le nombre moyen d'individus observés est comparable aux valeurs moyennes enregistrées sur le transect permanent en 2008 et 2009 par le GIP RNMR.

Aucun Serranidae n'a été dénombré sur la station (0,67 individus en 2008 et 0,33 individus en 2009).

2.4.5.6 État de vitalité des peuplements, évolution et sensibilité écologique

Les observations *in situ* faites lors de cet inventaire, l'analyse du taux de recouvrement global du substrat par les organismes benthiques ainsi que le dénombrement de l'ichtyofaune présente sur la zone d'investigation, permettent d'établir la cartographie de sensibilité écologique suivante pour la zone d'étude.

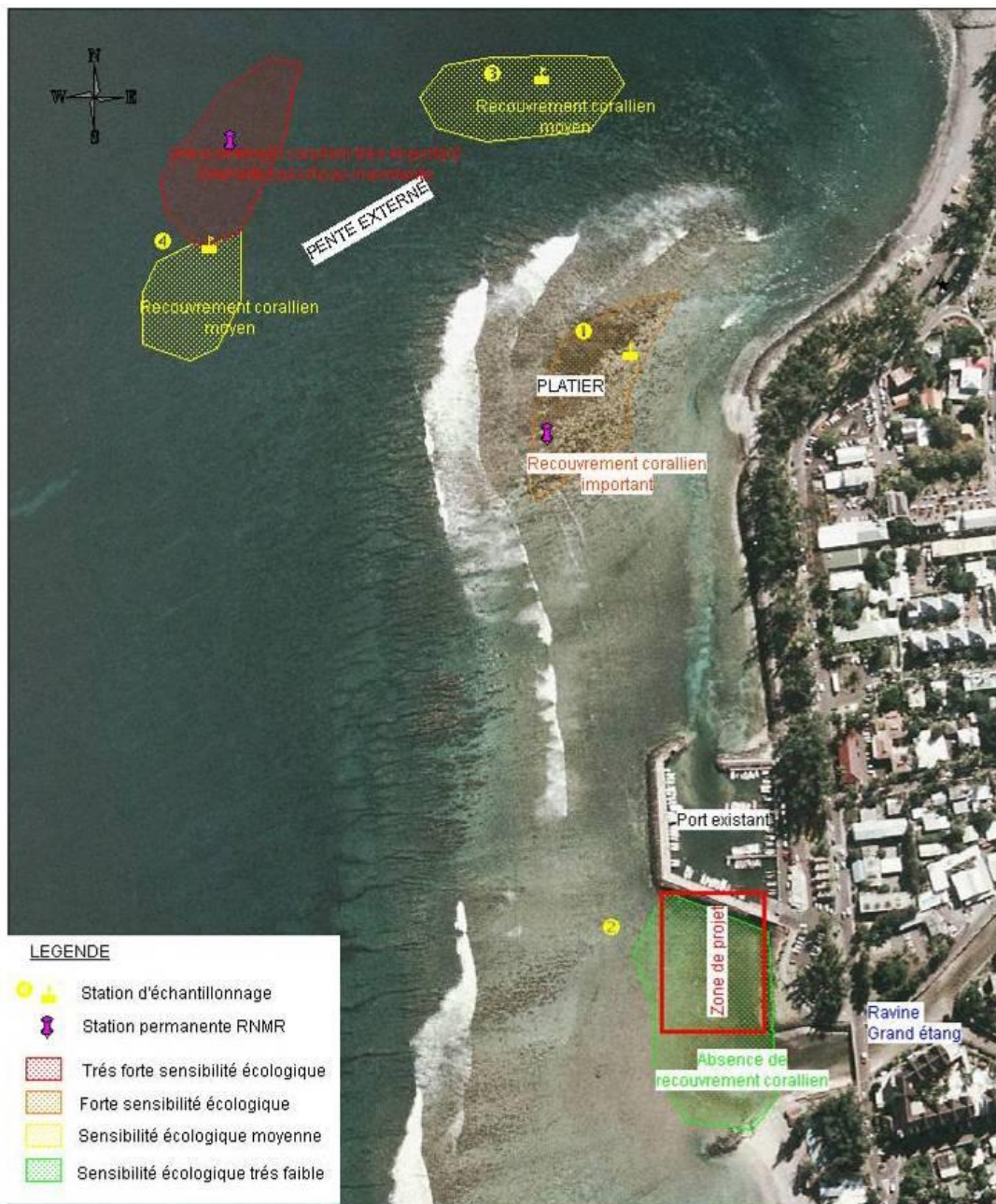


Figure 2.26 : Cartographie de la sensibilité écologique de la zone d'étude

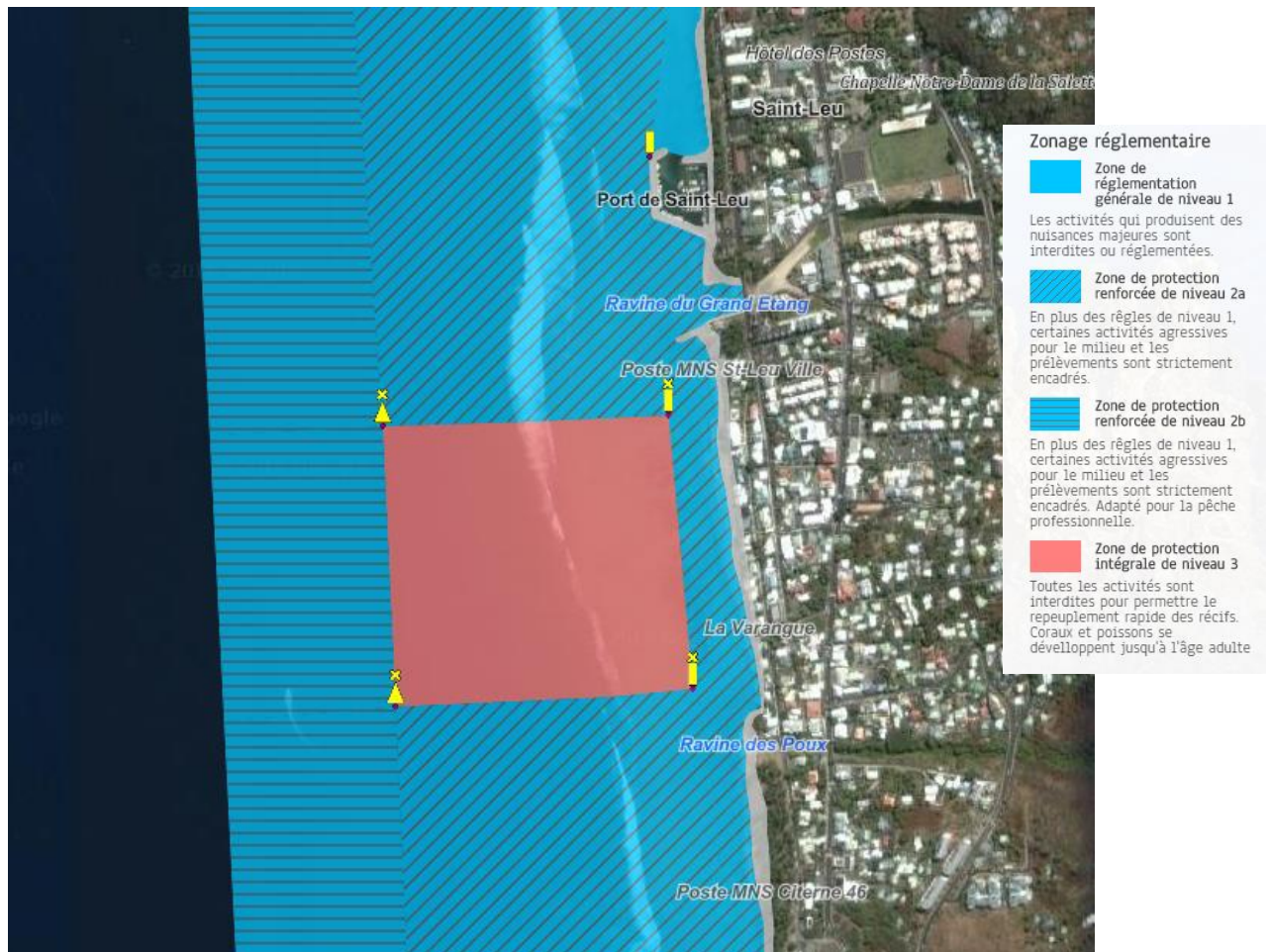


Figure 2.27 : Cartographie du périmètre de la réserve naturelle nationale marine de La Réunion aux abords du projet – Implantation de la zone de protection intégrale de Saint Leu

La zone de platier (station 1) située au niveau de la corne du récif de Saint-Leu est une zone présentant un bon état de vitalité des peuplements récifaux.

En effet, la station 1 étudiée enregistre un recouvrement corallien important dans le contexte de La Réunion avec une couverture moyenne en coraux vivants de 47,92%.

Comparativement aux autres platiers réunionnais, cette valeur est parmi les plus élevées observées. Le nombre d'espèces indicatrices d'un milieu récifal sain sur l'ensemble de la station étudiée confirme l'état de vitalité de cette zone.

Cette zone doit de fait faire l'objet d'une surveillance renforcée pendant le chantier et post travaux.

Le suivi de la station permanente platier effectué par le GIP RNMR, présenté au niveau de la Figure 2.28, montre une évolution cyclique des populations d'Acropores au cours des dix dernières années, qui est par ailleurs observée pour l'ensemble des platiers réunionnais.

Après une chute du recouvrement moyen en 2004, les populations d'Acropores branchus ont recolonisé le platier récifal de la Corne Nord pour chuter de nouveau en 2009. Ce graphique met donc en évidence une bonne dynamique de ce platier qui, malgré des épisodes de stress, possède des capacités de résilience importantes.

Cette zone est à **forte sensibilité écologique**.

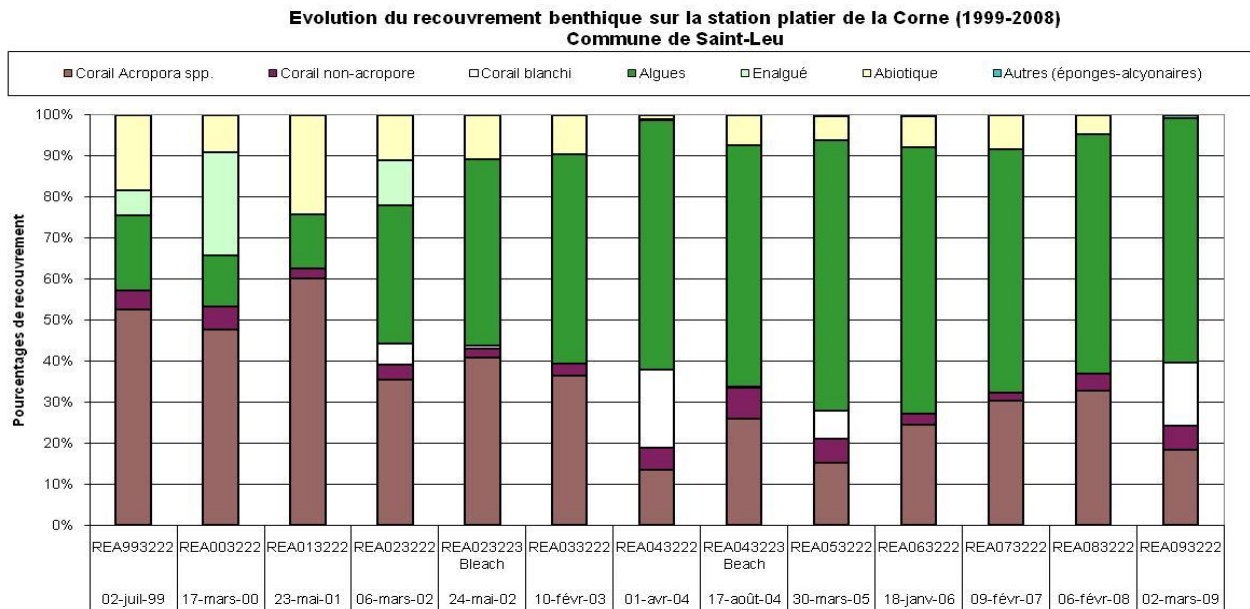


Figure 2.28 : Évolution du recouvrement benthique sur la station platier de la corne du récif de Saint-Leu (1999-2009) / (Source : GIP RNMR)

La zone de pente externe, au niveau de la station 3, située le plus à l'est de la corne du récif de Saint-Leu, est une zone de transition entre la zone de platier et l'embouchure de la Ravine de la Fontaine et présente une sensibilité écologique moyenne.

Cette zone possède un état de vitalité moyen des peuplements récifaux avec un taux de recouvrement corallien de 32%, comparativement aux autres suivis de pente externe des récifs réunionnais.

La zone de pente externe, au niveau de la station 4 sud, située au sud de la corne du récif de Saint-Leu, présente également une sensibilité écologique moyenne.

Cette zone possède un taux de recouvrement corallien moyen à faible de 20,13%. Les peuplements benthiques sessiles récifaux sont composés majoritairement de coraux non-acropores de forme massive et d'acropores submassifs (*Acropora abrotanoides*).

Le nord de cette zone (station 4 nord), située à proximité de la station permanente pente externe suivie par le GIP RNMR, possède quant à lui une très forte sensibilité écologique, avec un très bon état de vitalité des peuplements récifaux. En effet, la station enregistre un recouvrement corallien très important avec une

couverture moyenne en coraux vivants de 74,50%, valeur la plus importante enregistrée au niveau des suivis de la pente externe des récifs réunionnais.

Cette zone doit de fait également faire l'objet d'une surveillance renforcée pendant le chantier.

Les peuplements benthiques sessiles récifaux sont composés majoritairement d'acropores submassifs, *Acropora abrotanoides*, de même que la station permanente. La diversité spécifique corallienne est, dans cette zone, la valeur la plus importante enregistrée au niveau des 4 stations de mesure.

Le suivi de la station permanente « la corne – pente externe » depuis 10 ans est présenté au niveau de la Figure 2.29. Ce graphique montre une légère perturbation des populations coralliennes en 2009 sur la station permanente avec une diminution des coraux du genre *Acropora*, un léger bleaching et une augmentation algale. Ceci permet donc de confirmer l'existence d'un stress avec un impact sur le platier de la corne et une légère incidence sur la pente externe.

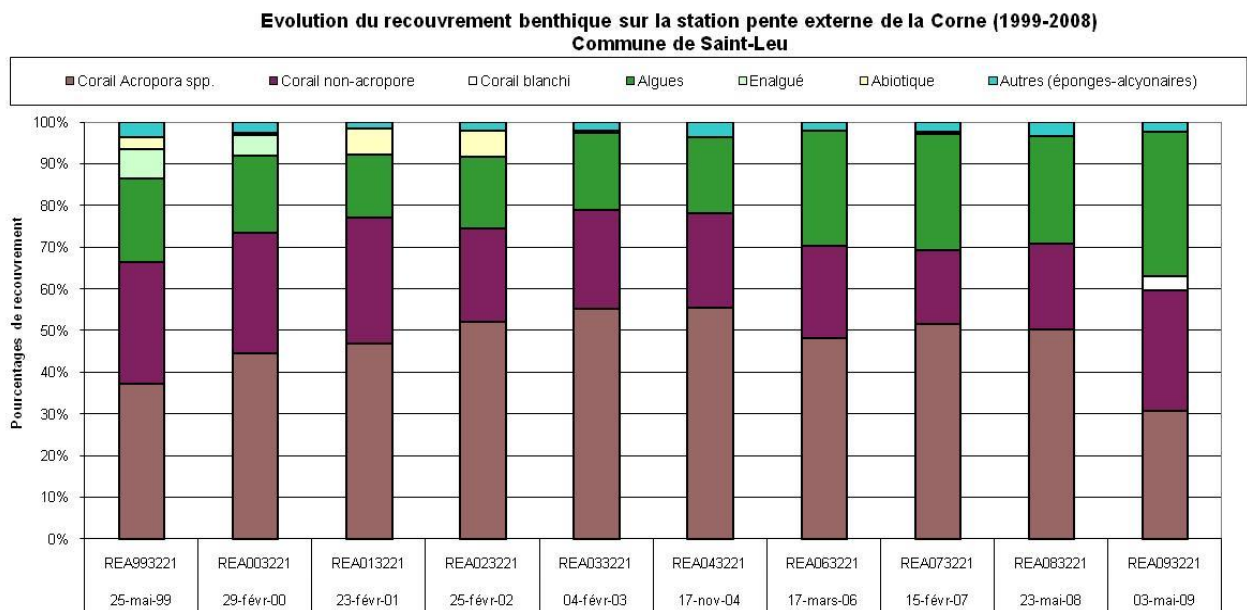


Figure 2.29 : Évolution du recouvrement benthique sur la station pente externe de la corne du récif de Saint-Leu (1999-2009) / (Source : GIP RNMR)

2.4.5.7 Avifaune marine

Le Paille en queue à bec jaune (*Phaethon lepturus*), n'a pas été observé au niveau de la zone d'étude lors des prospections. Le Pétrel de Barau (*Pterodroma barau*), le Puffin de Baillon (*Puffinus lherminieri bailloni*) et le Puffin du Pacifique (*Puffinus pacificus*) sont, quant à eux, fortement susceptibles de survoler le site que ce soit en journée pendant leur phase d'alimentation en mer ou à l'aube et au coucher du soleil lors de leur migration entre leurs sites de nidification dans les hauteurs de l'île et l'océan.

Les différentes études réalisées par la SEOR (Société d'Études Ornithologiques de la Réunion) indiquent une corrélation entre les échouages d'oiseaux endémiques et les éclairages artificiels.

L'enjeu écologique est d'autant plus important dans les traversées de ravines qui constituent des couloirs d'envol pour les jeunes pétrels.

La période la plus sensible est du 1^{er} avril au 15 mai (à la fin de la période d'élevage), avec un pic d'abondance des envols lors de la nouvelle lune.

Le problème des échouages des jeunes pétrels et puffins induits par les éclairages artificiels a déjà été signalé par IMBER dès 1975 et cité dans plusieurs autres études (SIMONS, 1985 ; TELFER, 1987 ; BARRÉ, 1988 ; BOURNE, 1967 ; TELFER et al., 1987).

L'urbanisation croissante de nos côtes et de nos mi-pentes constitue autant de « pièges écologiques » qui mettent en péril le devenir de ces espèces.

Les lumières artificielles sont extrêmement attractives pour les jeunes pétrels et puffins qui s'échouent dans les villes. La grandeur de leurs ailes ne leur permet pas de reprendre leur envol et les condamne alors à une mort certaine (inanition, collision avec des véhicules, chiens et chats, stress thermique). Ces échouages constituent donc une cause de mortalité importante pour ces oiseaux. En effet, LE CORRE et al. (2002) estimait le taux d'échouage des jeunes pétrels de Barau entre 20% et 40 % des jeunes à l'envol il y a quelques années.

Actuellement deux hypothèses sont avancées pour expliquer ce phénomène :

- Les jeunes assimilent les éclairages artificiels aux reflets des étoiles sur la mer. Ces derniers, inexpérimentés, descendent ainsi vers les éclairages publics, se croyant au-dessus de l'océan (REED et al., 1985) ;
- Les Procellariidae se nourrissent de calmars bio-luminescentes (présence d'organes dorsaux émettant une lumière naturelle), et associeraient donc la lumière à une source de nourriture. Cette association et l'inexpérience pourraient expliquer l'attraction des jeunes oiseaux pour les éclairages (IMBER, 1975).

La bibliographie indique des couloirs de vol localisés sur la commune de Saint-Leu (voir Figure 2.30).

Les juvéniles sont attirés par les éclairages, qui les conduisent à s'échouer, parfois après être entrés en collision avec une structure. Cette vulnérabilité apparente oblige à prendre des précautions quant à l'intensité, les périodes et l'orientation des éclairages de l'aménagement (phases chantier et exploitation).

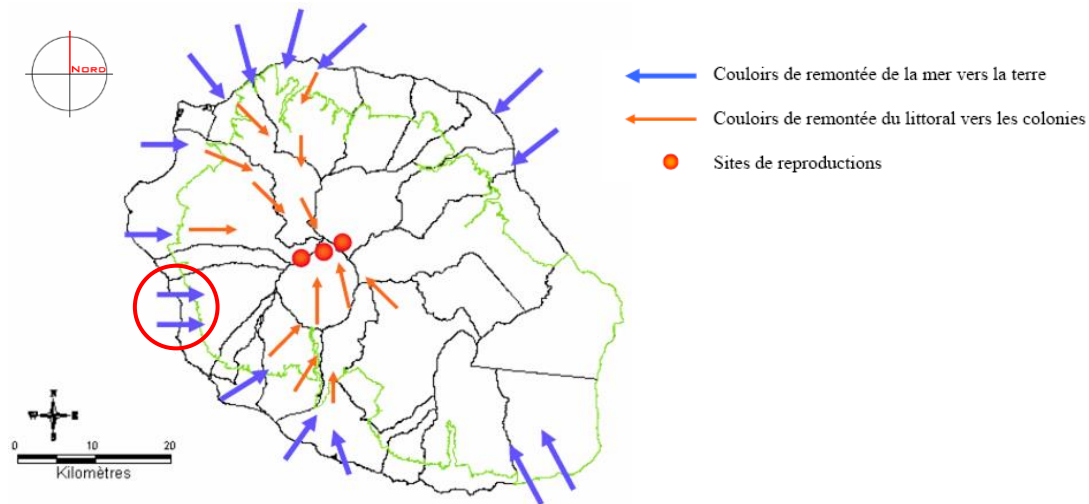


Figure 2.30 : Couloirs de remontée des pétrels de Barau de la mer vers les sites de reproduction et localisation de ces sites. (D'après Probst, 1997) - Source : Stratégie de réduction de la mortalité des pétrels induite par les éclairages publics

2.4.5.8 Faune marine

Au niveau réglementaire, l'ensemble des cétacés présents à La Réunion ainsi que leur habitat est protégé par l'arrêté ministériel du 1er juillet 2011, les plaçant sous l'égide du régime prévu par les articles L.411-1 et suivants du Code de l'environnement.

Dans ce contexte, il est nécessaire de préciser les espèces fréquentant la zone d'influence définie pour le projet ainsi que la fonctionnalité de l'habitat concerné.

Il est précisé qu'en l'absence d'étude acoustique précise, la zone d'étude retenue pour l'étude de la faune marine correspond à une estimation à dire d'expert de l'aire d'influence du projet.

A- Les cétacés

« Description de l'état de référence de la distribution des cétacés – Projet d'extension du Port de Saint Leu », GLOBICE, Juillet 2012

« Etude d'impact du projet d'extension du port de Saint Leu sur les mammifères marins », GLOBICE, Février 2013

Ces études se basent sur les données recueillies par GLOBICE entre 2004 et mars 2012.

a- Inventaire des espèces observées sur le site d'étude

Trois espèces de cétacés ont été recensées au sein de la zone d'étude (cf. fig. 2.30 et 2.31) :

1 espèce de Mysticète (cétacé à fanons) :

- La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) ;

2 espèces d'odontocètes (cétacés à dents) :

- Le grand dauphin de l'Indo-pacifique (*Tursiops aduncus*) ;
- Le dauphin long bec (*Stenella longirostris*).

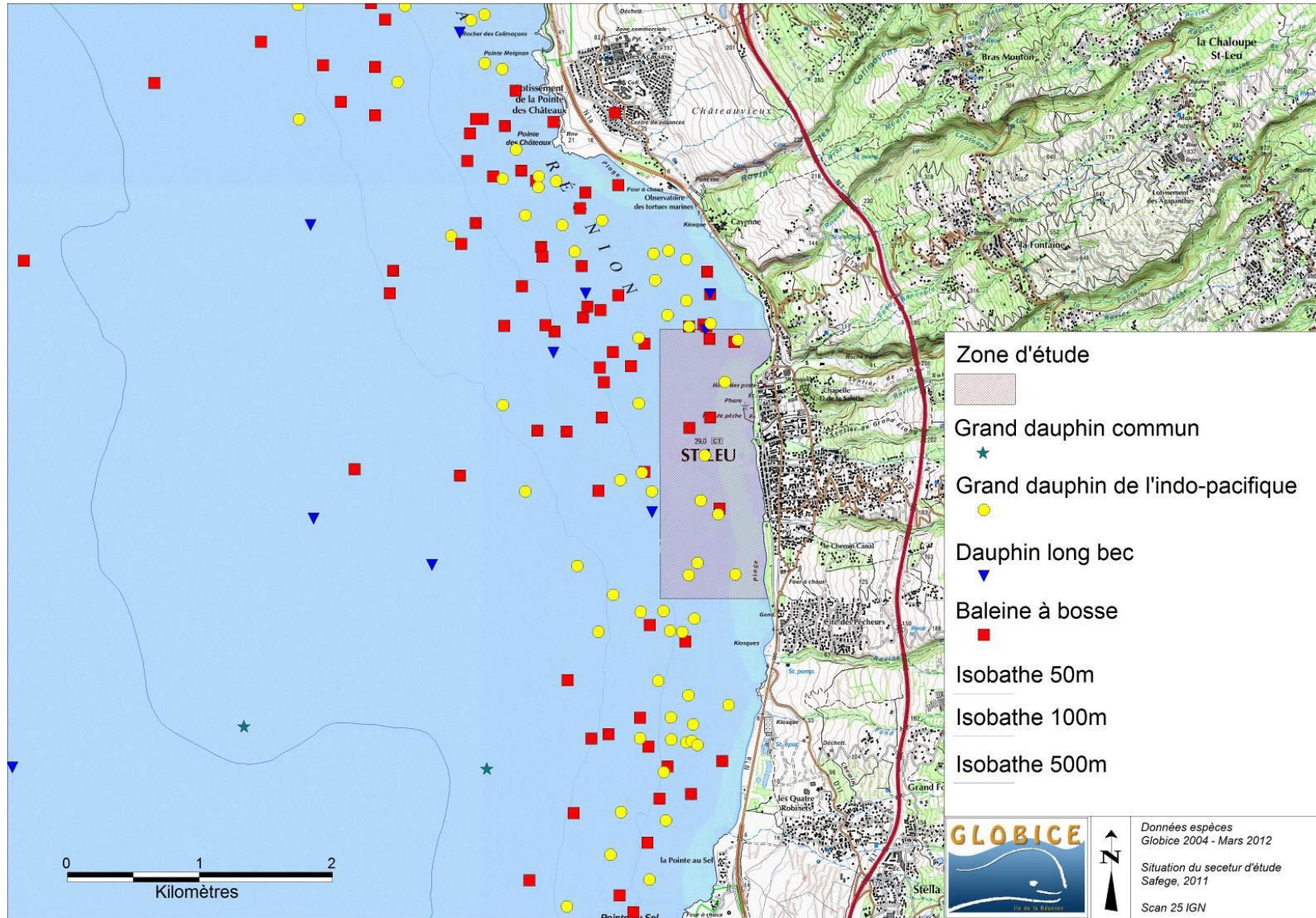


Figure 2.31 : observations des cétacés sur le site d'étude

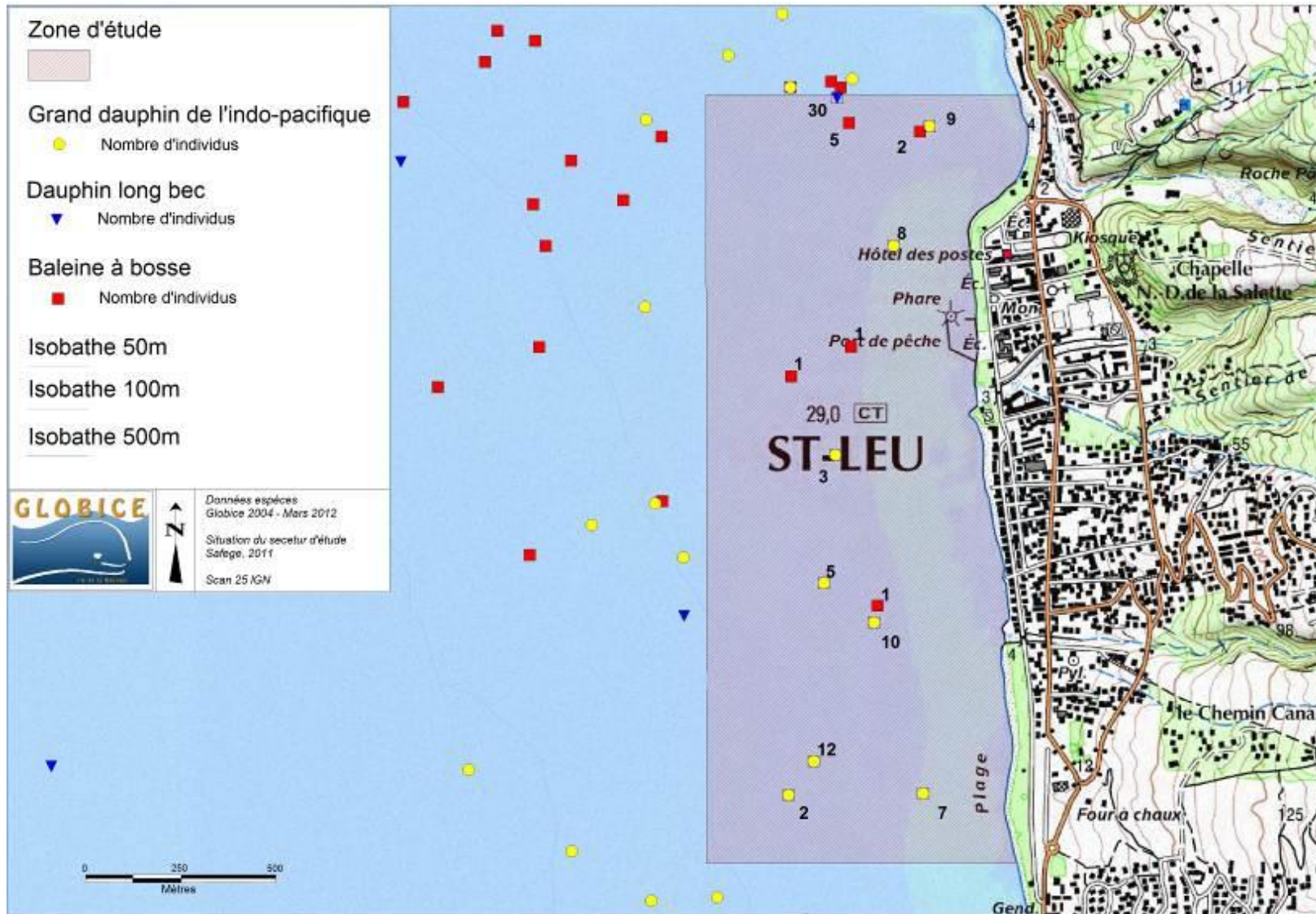


Figure 2.32 : observations des cétacés sur le site d'étude - Zoom

Parmi les espèces observées, le grand dauphin de l'indo-pacifique est le plus communément recensé sur le site d'étude, avec 8 observations de l'espèce, soit 57% des observations. Vient ensuite la baleine à bosse (5 observations, 36% des observations), et le dauphin long bec (1 observation, 7% des observations) (cf. tableau 2.17 et fig. 2.32).

Espèce	Nombre d'observations
Grand dauphin de l'indo pacifique	8
Dauphin à long bec	1
Baleine à bosse	5

Tableau 2.17 : nombre d'observations par espèce sur le site d'étude

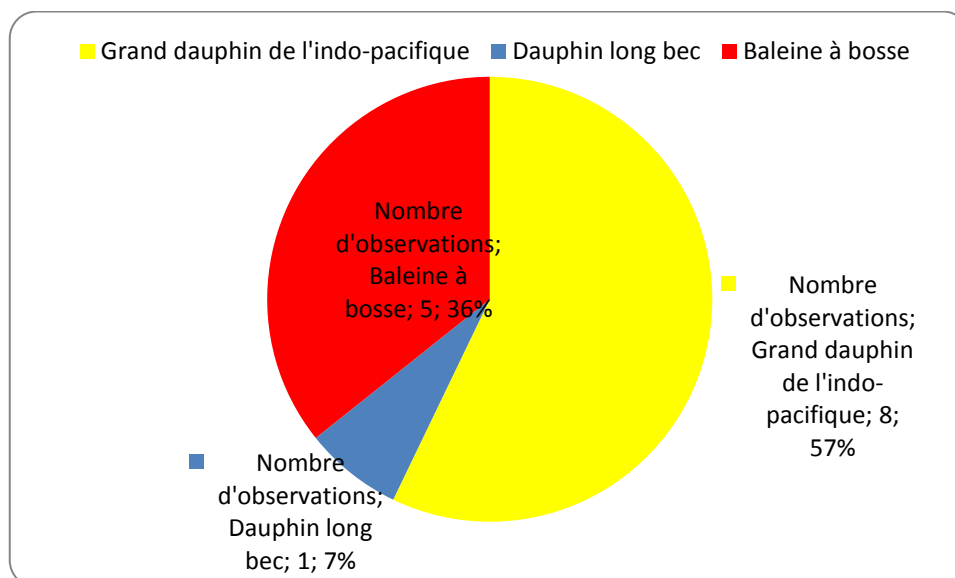


Figure 2.33 : part des observations par espèces

En termes de nombres d'individus observés, le grand dauphin de l'indo-pacifique reste le plus représenté, avec 56 individus, soit 58% des individus observés. Le seul groupe de dauphin long bec observé était composé de 30 individus (31% des individus observés), les observations de baleines à bosse représentant 10 individus (11% des individus observés) (cf. tableau 2.18 et fig. 2.33).

Il est à préciser que ces chiffres représentent le cumul des individus observés lors des différentes prospections, non le nombre d'individus différents identifiés à l'échelle du site.

Espèce	Nombre d'individus
Grand dauphin de l'indo pacifique	56
Dauphin à long bec	30
Baleine à bosse	10

Tableau 2.18 : nombre d'individus observés par espèce sur le site d'étude

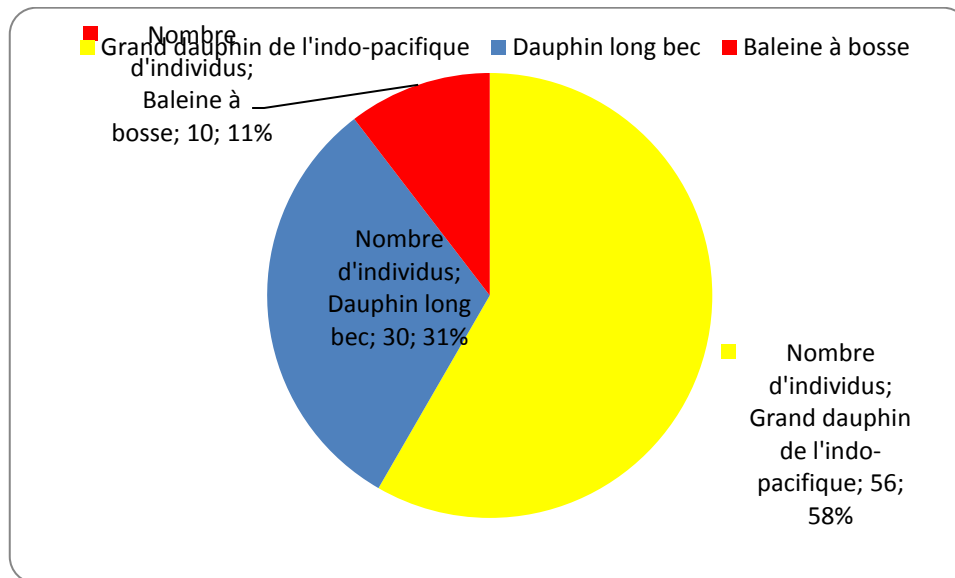


Figure 2.34 : proportion des individus observés par espèce

On déduit des observations les commentaires suivants.

Le grand dauphin de l'indo-pacifique fréquente de manière régulière le site d'étude, les groupes observés étant par ailleurs relativement importants. Concernant la baleine à bosse, si l'espèce fréquente régulièrement la zone, il s'agit de groupes restreints, voire d'individus isolés. Au contraire, le dauphin à long bec, se déplaçant habituellement en groupes importants, représente une part conséquente du nombre d'individus observés, bien qu'une seule observation sur le site d'étude soit à rapporter le concernant.

Le fait que la zone d'étude soit donc fréquentée principalement par les espèces côtières que sont la baleine à bosse, le grand dauphin de l'indo pacifique et le dauphin à long bec, correspond aux observations effectuées à l'échelle de La Réunion par GLOBICE, en fonction de la bathymétrie. La zone d'étude se situe en effet au sein d'une bande bathymétrique peu profonde (0 – 50m), largement utilisée par le grand dauphin de l'indo-pacifique et la baleine à bosse et régulièrement fréquentée par le dauphin à long bec.

b- Caractérisation de la fréquentation de chaque espèce à l'échelle du site d'étude

Grand dauphin de l'indo-pacifique

Comparaison interzone de la fréquentation

La Figure 2.34 ci-dessous met en lumière la fréquentation importante du grand dauphin de l'indo-pacifique sur les deux secteurs que sont le Sud de la baie de St Paul et la bande côtière longeant l'actuelle route du littoral, entre la Possession et St-Denis. Les fréquences d'observation y sont élevées, supérieures à 0.1 observation par kilomètre pour l'ensemble des mailles les plus côtières en Baie de St-Paul, voire comprise entre 0.5 et 1 observation par kilomètre pour l'extrême Sud de la Baie.

En comparaison, le secteur situé au large de St-Leu apparaît moins fréquenté. Les mailles entourant le port, représentant une bande de 2km de large à partir de la côte, ont accueilli moins de 0.01 observation par kilomètre. Ce niveau de fréquentation est comparable à celui relevé sur le secteur au large de St-Pierre, au Sud de l'île.

Globalement, si le secteur entourant le port de St Leu ne constitue pas une zone particulièrement dense en termes d'observations pour le Grand dauphin de l'indo-pacifique, il fait partie de l'habitat utilisé par l'espèce, et est ainsi susceptible d'accueillir ses activités vitales, dans une proportion moindre que le Nord – Ouest de l'île mais qui reste conséquente à l'échelle de La Réunion.

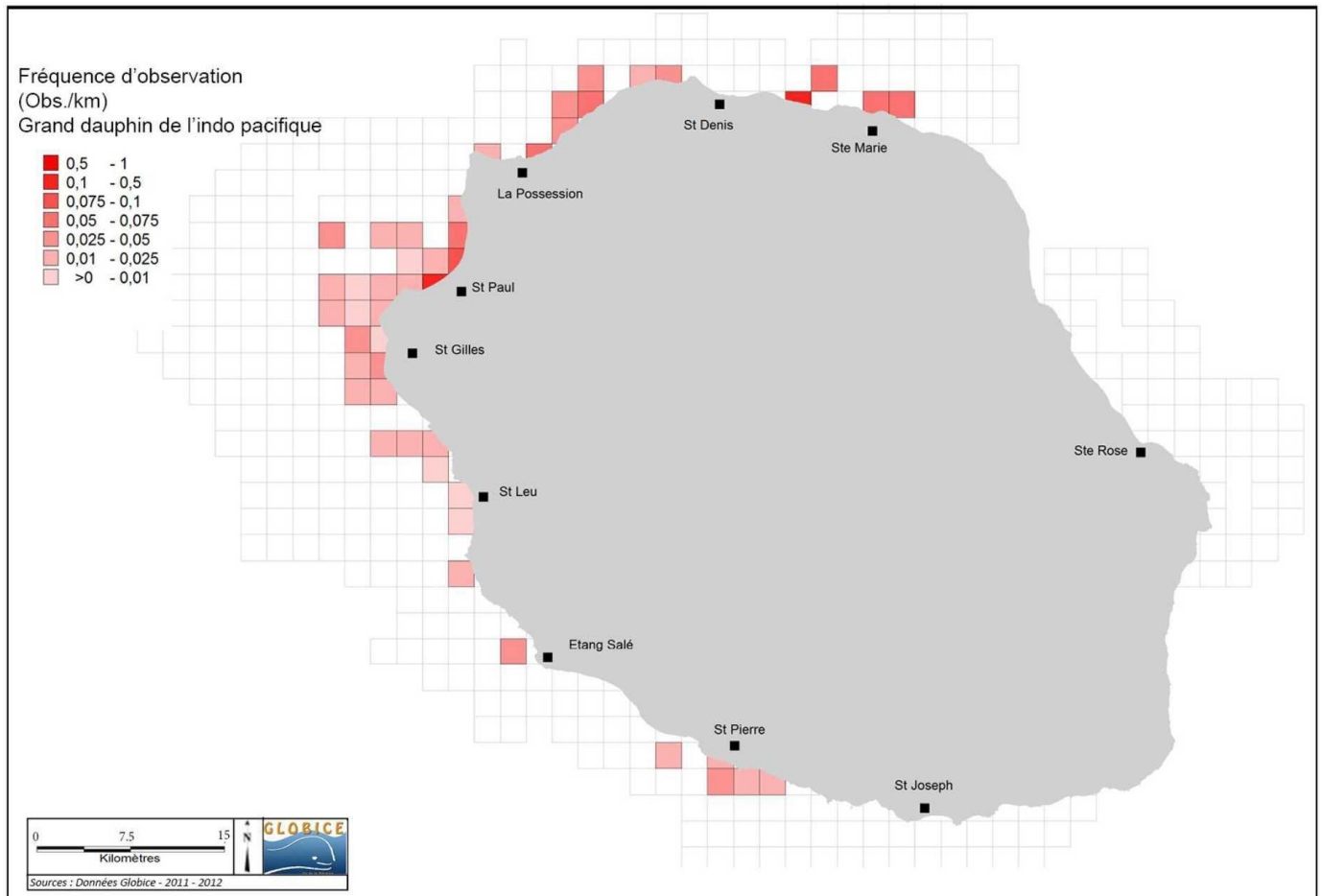


Figure 2.35 : Fréquence d'observation du grand dauphin de l'indo pacifique sur l'année 2012 sur l'ensemble de la Réunion

Caractérisation de la fonctionnalité du site

L'activité des groupes observés a pu être caractérisée dans 4 cas sur 8. Le repos a été identifié à 3 reprises, la prédation à 1 reprise.

Le faible échantillonnage ne permet pas de dégager de conclusion significative quant à une fonctionnalité spécifique du site d'étude. Globalement, à l'échelle de l'île, la bande bathymétrique de 0 à 100 mètres, sur laquelle vient en partie se situer la zone d'étude, correspond à la zone d'habitat préférentiel du grand dauphin de l'indo pacifique, regroupant environ 95% des observations. Il y exerce l'ensemble de ses activités vitales, telles que la prédation, la socialisation, la reproduction et le voyage. Cette zone présente ainsi un intérêt majeur pour l'espèce.

La taille des groupes observés dans la zone d'étude s'étend de 2 à 12 individus, la présence de juvéniles ayant été rapportée à 3 reprises.

L'identification individuelle qui sera détaillée ci-dessous met en lumière que la zone d'étude sert également de zone de transit pour les déplacements vitaux des individus.

Identification des individus

Les données de photo-identification, basées sur l'identification individuelle à partir des marques de l'aile dorsal des animaux, permettent de caractériser le mouvement des individus observés sur le site, la stabilité des groupes et leur degré de fidélité au site.

L'analyse des photo-identifications réalisées lors des 8 observations de l'espèce permet de comptabiliser un minimum de 18 individus différents ayant fréquenté la zone.

Parmi ces individus photo-identifiés sur la période 2004 / mars 2012, 15 ont été observés à 1 seule reprise dans cette même zone, 3 y ont été observés à deux reprises. La zone d'étude ne semble ainsi pas constituer un secteur privilégié par certains individus.

D'une observation à l'autre, la composition des groupes varie, les groupes rencontrés n'étant jamais constitués des mêmes individus.

Les individus identifiés dans la zone d'étude font partie de la population résidente de La Réunion et ont tous été également observés dans d'autres secteurs de l'île, entre St-Pierre et Ste-Suzanne.

Les figures 2.35 et 2.36, présentant les mouvements de 2 individus, sont caractéristiques des déplacements de l'espèce. Ceux-ci s'effectuent au sein d'un corridor côtier, majoritairement en deçà de l'isobathe des 60m. Les individus semblent également se déplacer tout autour de l'île. L'absence d'observation sur l'est est liée au faible taux de prospection de ce secteur.

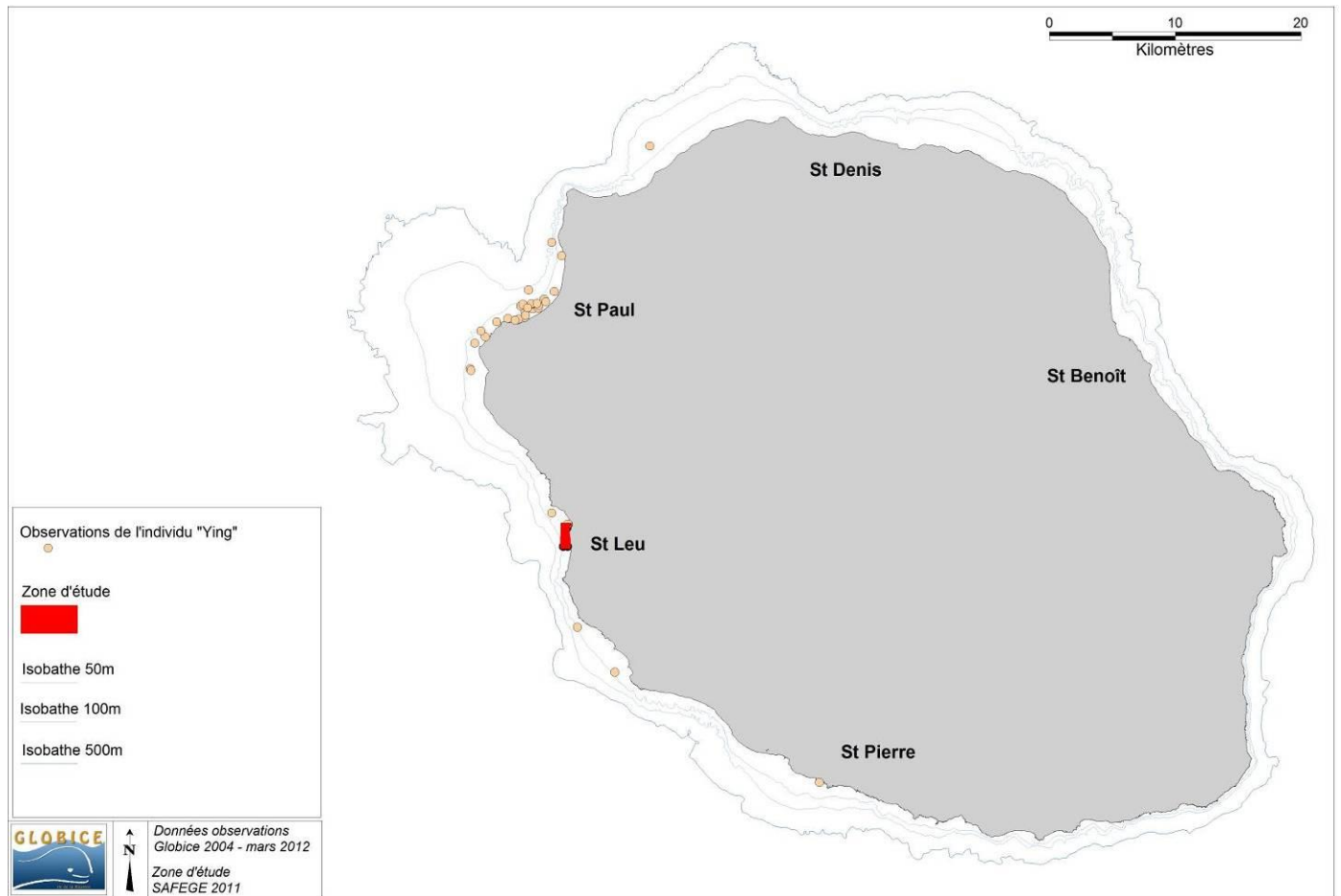


Figure 2.36 : observations de l'individu « Ying » à l'échelle de l'île

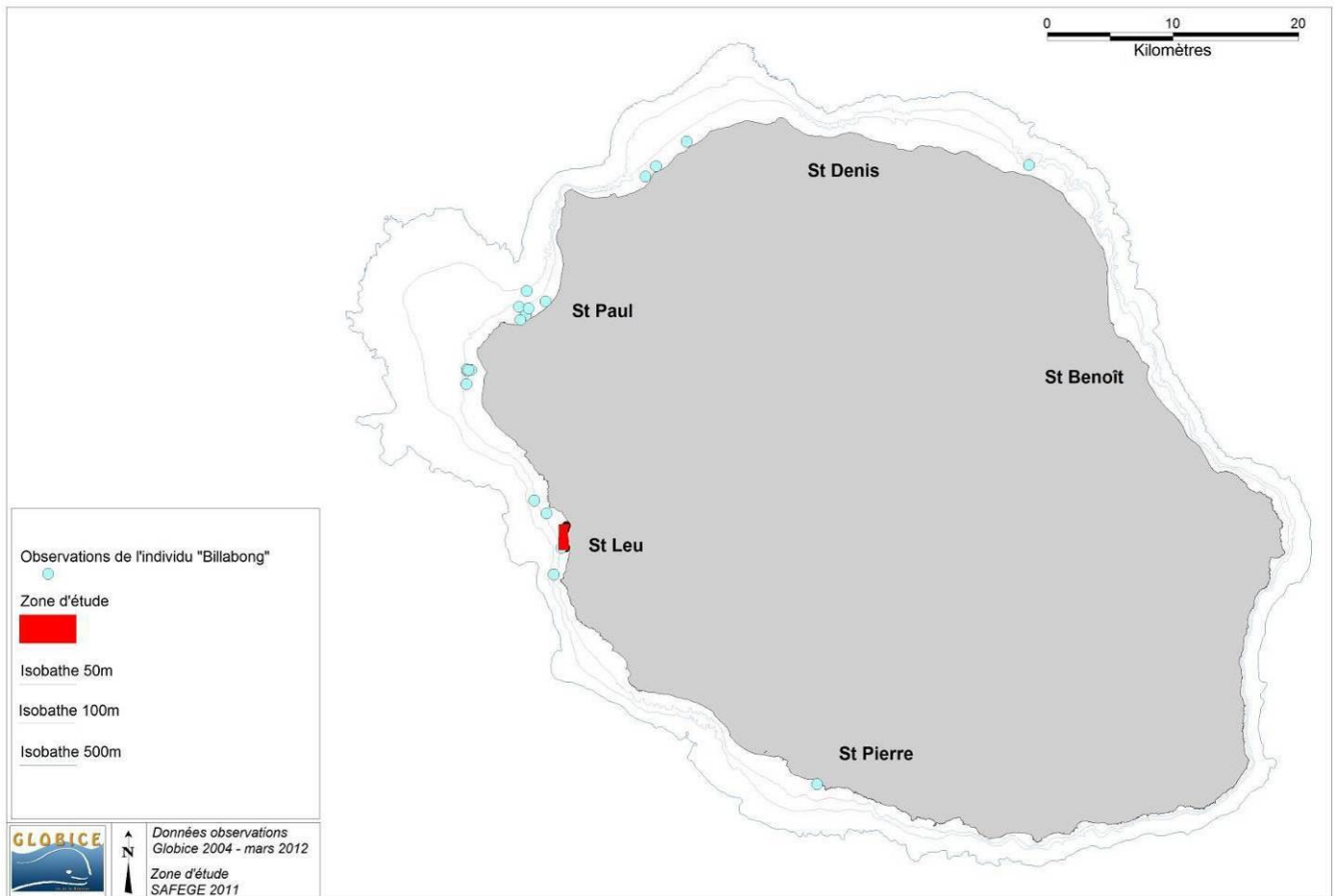


Figure 2.37 : observations de l'individu "Billabong" à l'échelle de l'île

Il apparaît ainsi que les individus identifiés ne sont pas inféodés à la zone d'étude, mais utilisent également d'autres secteurs pour satisfaire leurs besoins vitaux.

A l'image de l'ensemble des eaux côtières de La Réunion, comprises entre 0 et 60m de fond, la zone d'étude joue ainsi un rôle de corridor écologique, utilisé par le grand dauphin de l'indo-pacifique pour ses déplacements vitaux (connexion des différents sites de l'île).

Baleines à bosses

Comparaison interzone de la fréquentation

La baleine à bosse étant une espèce migratrice présente uniquement en hiver autour de La Réunion, seuls les mois de juin, juillet, août et septembre 2012 ont été pris en compte. Durant cette période, un effort de prospection total de 2996 km a permis de comptabiliser un total de 159 observations de baleines à bosse dans les eaux ouest de La Réunion.

La Figure 2.37 met en évidence une fréquence d'observation très importante de la zone dite du « sec de St-Gilles », située face au Cap Lahoussaye. Entre St-Gilles et St-Denis, 41% des mailles prospectées ont fait l'objet d'au moins une observation (33 mailles sur 80). Parmi elles, 11 présentent une fréquence d'observation supérieure à 0.1 observation par kilomètre.

En comparaison, le secteur au large de St Leu apparaît également comme régulièrement fréquenté, bien que dans une proportion moindre. Deux mailles présentent une fréquence d'observation comprise entre 0.025 et 0.005 observation par kilomètre, et une maille présente une fréquence d'observation comprise entre 0.05 et 0.075 observation par kilomètre. Ce niveau de fréquentation apparaît plus faible que le secteur Nord – Ouest, entre St-Gilles et la Grande Chaloupe, également plus faible que le secteur de St-Pierre, au Sud. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la zone ait été prospectée moins régulièrement que les autres secteurs.

Les eaux au large de St Leu sont utilisées par la baleine à bosse, à une échelle moindre que les secteurs au large de St-Gilles, St-Paul, la Possession et St-Pierre, mais à un niveau qui reste conséquent à l'échelle de La Réunion.

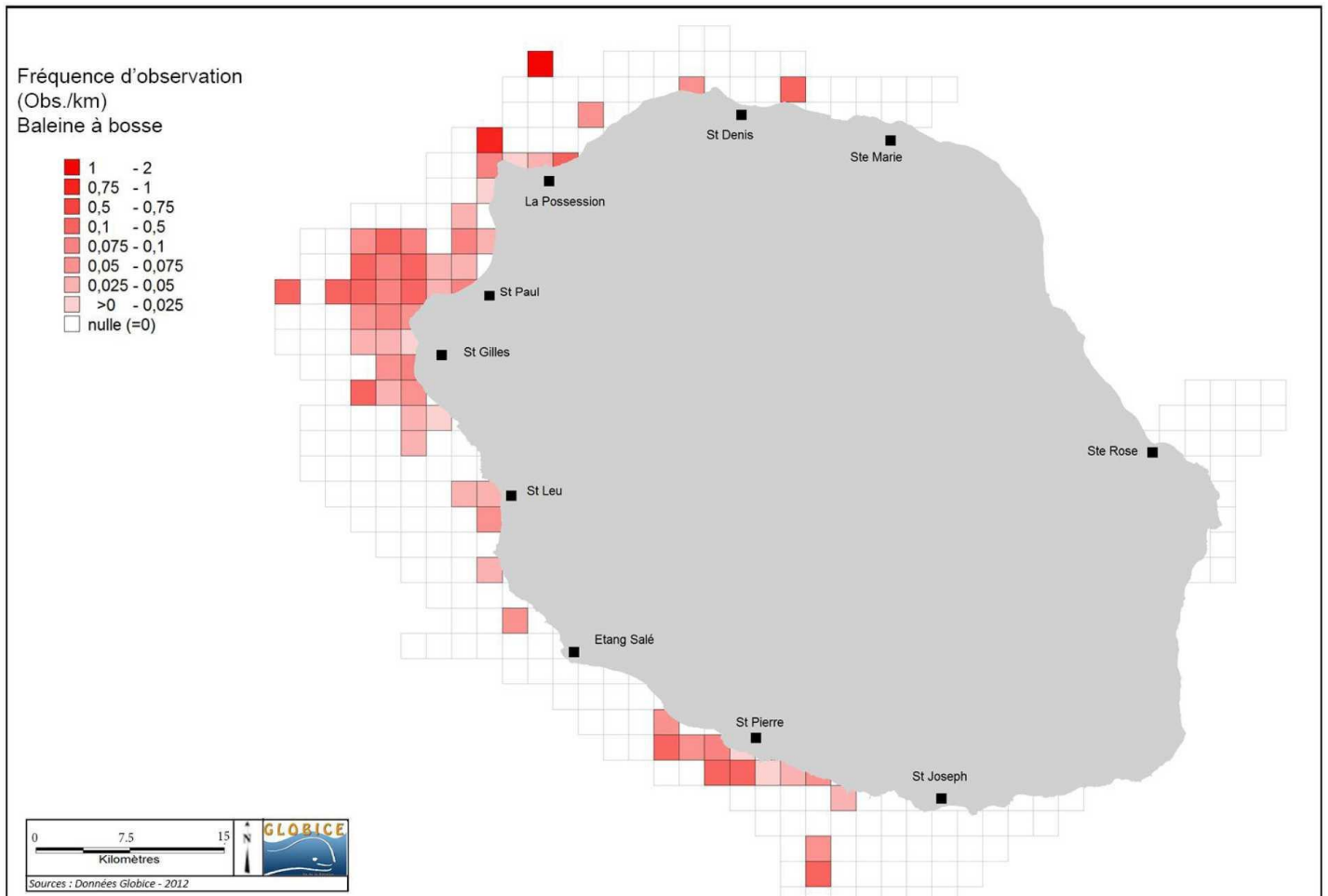


Figure 2.38 : Fréquence d'observation de la baleine à bosse sur l'année 2012 à l'échelle de la Réunion

Caractérisation de la fonctionnalité du site

L'activité des groupes observés a pu être caractérisée dans 3 cas sur 5. Le repos, le voyage et la reproduction ont été identifiés à 1 reprise chacun.

A l'image du grand dauphin de l'indo-pacifique, le faible échantillonnage ne permet pas de dégager de conclusion significative quant à une fonctionnalité spécifique du site d'étude.

Globalement, à l'échelle de l'île, la bande bathymétrique de -20 à -80m, sur laquelle vient en partie se situer la zone d'étude, correspond à la zone d'habitat préférentiel de la baleine à bosse, regroupant environ 83% des observations (cf. figure 2.38). Pour rappel, la bande côtière de 0 à 40m est fréquentée préférentiellement par les mères accompagnées de leur nourrisson, la moitié des observations de couple « mère-nourrisson » sont faites dans cette tranche bathymétrique.

La zone d'étude est ainsi située au sein de l'habitat préférentiel de la baleine à bosse, utilisé par l'espèce pour l'exercice d'activités vitales, notamment la reproduction et l'élevage des jeunes, le repos et le transit. Cette zone présente ainsi un intérêt majeur pour l'espèce.

La taille des groupes observés dans la zone d'étude s'étend de 1 à 5 individus, la présence de juvéniles ou nouveaux-nés ayant été rapportée à 2 reprises, confirmant le rôle de ces eaux de faible profondeur pour l'élevage des jeunes.

L'identification individuelle qui sera détaillée ci-dessous met en lumière que la zone d'étude sert également de zone de transit pour les déplacements vitaux des individus.

Identification des individus

D'une manière générale, les données de photo-identification récoltées par GLOBICE depuis 2004 démontrent que les baleines à bosse se déplacent largement autour de l'île, de nombreuses baleines identifiées étant observées à plusieurs reprises dans des secteurs différents au cours d'une même saison (Dulau et al, *in press*).

A l'échelle du site d'étude, sur les 10 individus observés, 6 ont pu être photo-identifiés, dont 3 ont été observés plusieurs fois à l'échelle de La Réunion.

Les 3 individus « recapturés » (identifiés à plusieurs reprises) sont les individus « Cyclone », « Cookies » et « Surprise », « Cyclone » étant 1 femelle observée accompagnée de son nourrisson au sein du site d'étude. Ces 3 individus ont été observés dans différents secteurs de l'île (figure 2.38).

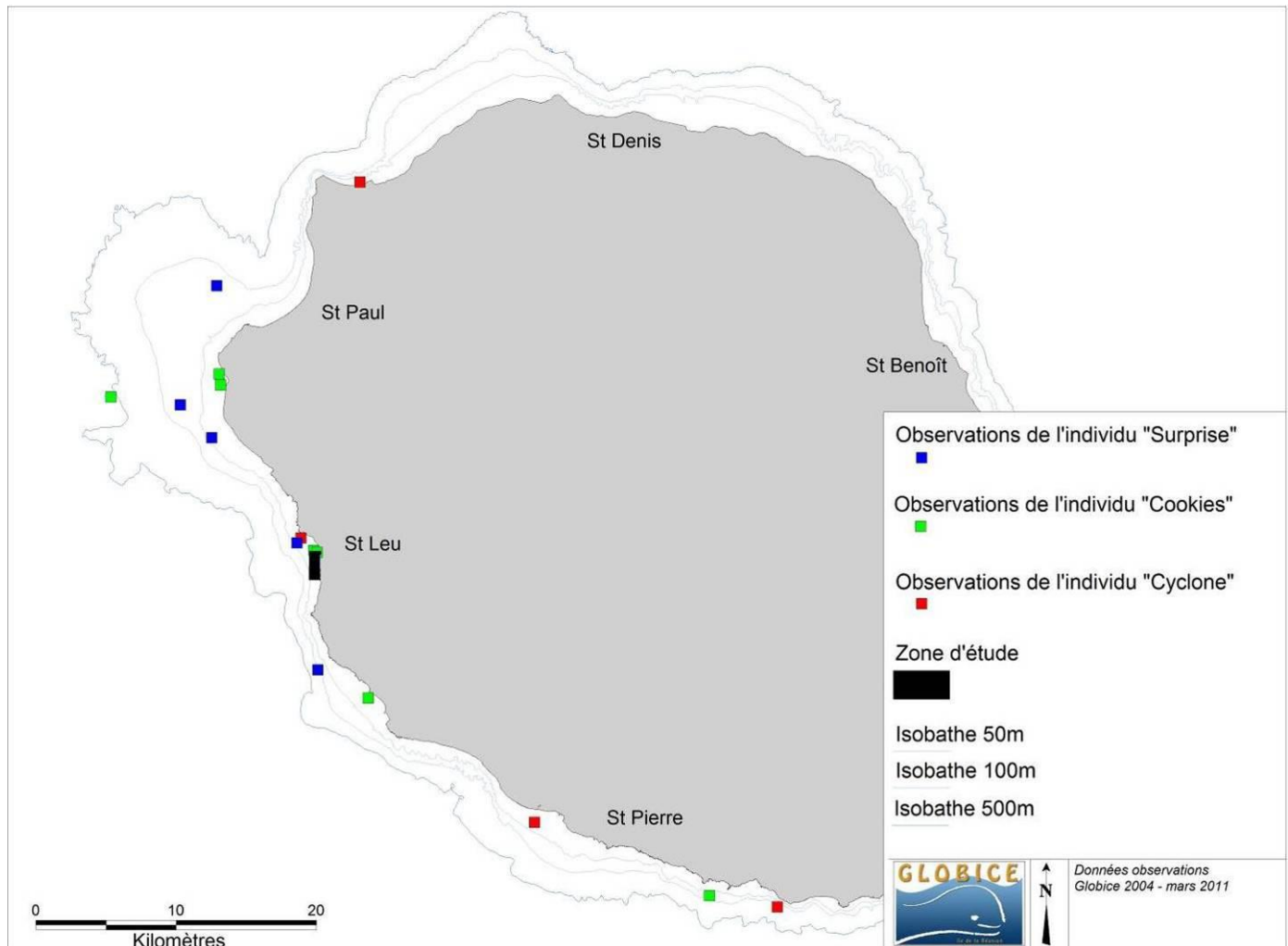


Figure 2.39 : observations à l'échelle de l'île des baleines à bosse identifiées au sein du site d'étude

« Cyclone » a été observée à 5 reprises entre la Possession et St-Joseph, entre le 14 septembre et le 25 octobre 2008. « Cookies » a été observée à 6 reprises entre St-Gilles et Grand-Anse, entre le 14 septembre et le 25 octobre 2008. « Surprise » a été observée à 5 reprises entre St-Paul et le Cap Malizé entre le 5 et le 15 juillet 2009.

La zone d'étude semble ainsi se situer sur un corridor assurant un rôle de connexion entre les différents secteurs de La Réunion. Elle est donc également utilisée par la baleine à bosse à des fins de transit entre ces différents secteurs.

Le dauphin à long bec

Comparaison interzone de la fréquentation

La Figure 2.39 ci-dessous montre que le dauphin long bec fréquente les eaux de l'Ouest de La Réunion de manière plutôt régulière entre la Baie de St-Paul et l'Étang Salé.

La maille englobant le port de St Leu a fait l'objet d'une fréquence d'observation de l'espèce comprise entre 0.025 et 0.05 observation par kilomètre de prospection.

En comparaison, les eaux situées au large de St-Gilles s'avèrent plus fréquentées, deux mailles présentant des fréquences d'observations comprises entre 0.075 et 0.1 observation par kilomètre, six mailles entre 0.05 et 0.075 observation par kilomètre.

Globalement, la fréquence d'observation du dauphin long bec des eaux au large de St Leu est relativement élevée à l'échelle de l'île. St Leu semble ainsi se situer au cœur d'un secteur apprécié par l'espèce, compris entre St-Paul et l'Étang Salé, même si au sein de ce secteur les eaux au large de St-Gilles semblent être plus attractives.

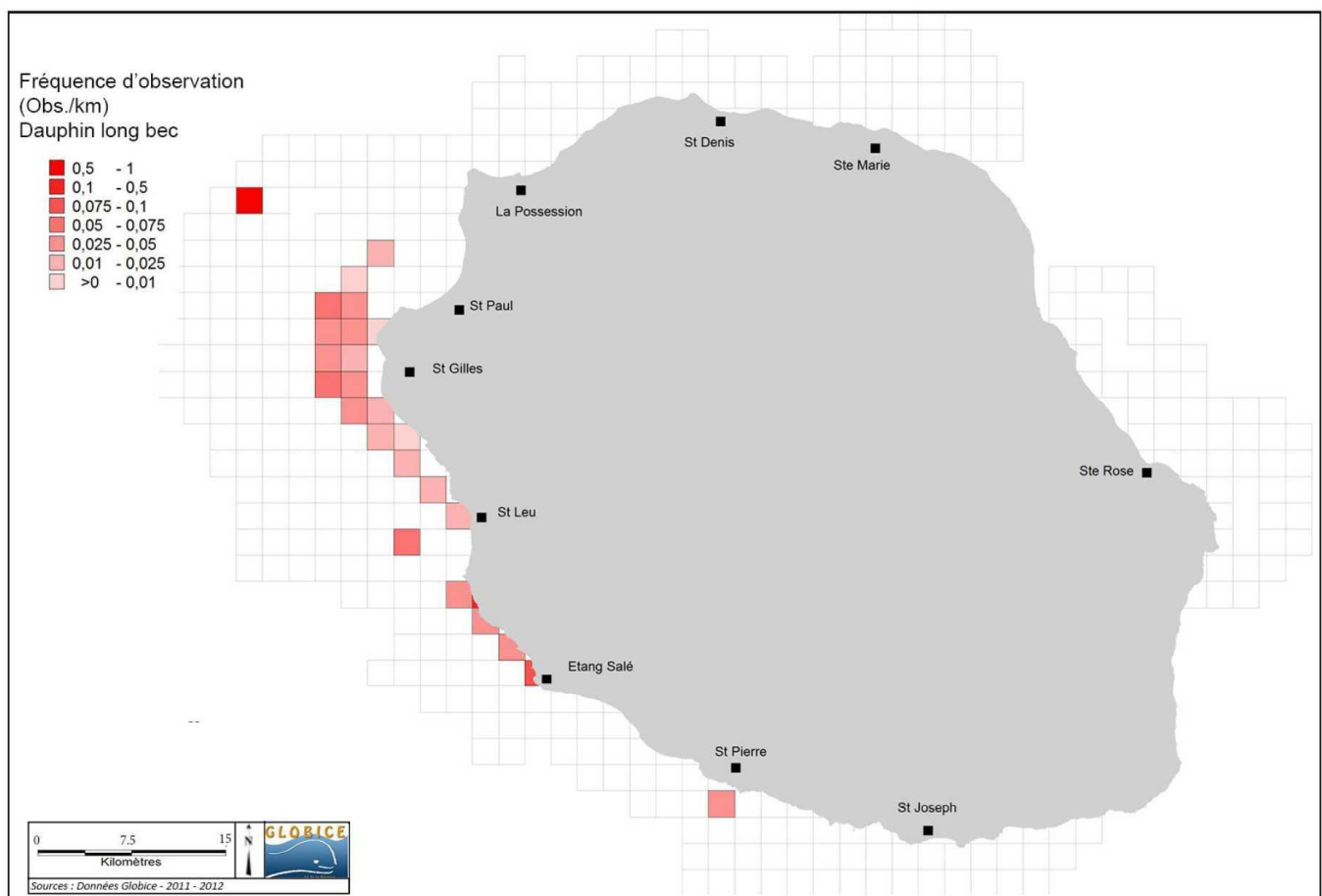


Figure 2.40 : Fréquence d'observation du dauphin long bec en 2012 à l'échelle de la Réunion

Caractérisation de la fonctionnalité du site

L'activité du groupe observé n'a pas pu être déterminée. Si l'on s'en réfère aux éléments disponibles dans la littérature, l'espèce fréquente habituellement les eaux peu profondes durant la journée, lors des phases de repos (Best, 2007), ou de socialisation (Norris et al., 1984).

Étant donnée sa localisation, au sein de la bande bathymétrique comprise entre 0 et 50m de fond, la zone d'étude est donc susceptible d'être utilisée principalement à des fins de repos et de socialisation par le dauphin à long bec.

A l'heure actuelle il n'est pas possible de déterminer si les observations faites dans le secteur correspondent à des groupes stables dans le temps, fréquentant la zone de manière régulière. La composition de groupes et les connexions entre les différents secteurs de l'île et les populations du large sont encore méconnues à l'heure actuelle.

c- Éléments acoustiques

Sons produits par les cétacés

Le présent chapitre a vocation à présenter des éléments issus de la littérature relatifs à la vulnérabilité acoustique des cétacés. La question des impacts acoustiques des projets d'aménagement constitue en effet une problématique essentielle pour ces différentes espèces.

Un bruit de fond ambiant existe naturellement dans les milieux marins, et fait partie de l'environnement naturel des cétacés. A cela vient s'ajouter les bruits provoqués par les activités humaines. L'environnement sonore résulte donc de bruits d'origine physique (vent, intempéries, vagues, turbulence, etc.), biologique (sons émis par les organismes marins) et anthropogénique (trafic maritime, travaux d'aménagements, etc.) et est accru dans les habitats côtiers.

Les cétacés vivent dans cet environnement sonore en utilisant eux-mêmes les sons pour se repérer dans leur environnement, pour détecter et localiser leurs proies et pour communiquer. Ils produisent différents types de vocalises.

Les Odontocètes (cétacés à dents) :

Ils produisent deux types de sons :

- sifflements, à fréquence modulée (4-16 kHz) et d'autres sons pulsés très variés. Ces vocalises, dites « sociales », sont utilisées pour la communication (reconnaissance des individus, cohésion du groupe, etc.) ;
- clics d'écho-localisation qui sont des impulsions de large bande (2-200kHz), de forte intensité et directionnelles, émises avec un intervalle permettant le retour d'un écho. La gamme de fréquence utilisée est variable selon les espèces. Ces clics sont utilisés comme un sonar, pour la localisation des proies et des obstacles.

Les Mysticètes (cétacés à fanons) :

Les mysticètes produisent des sons de fréquences plus basses que les odontocètes, de 12 Hz à 8 kHz, et n'émettent pas de clics d'écho-localisation. Les baleines à bosse sont reconnues comme produisant une multitude de sons, organisés selon une structure hiérarchique complexe, que l'on nomme des « chants ». Ces chants sont émis sur les zones de reproduction par les mâles uniquement et il est supposé qu'ils jouent un rôle dans la sélection sexuelle des partenaires. L'unité de base (parfois appelée *note*) est un son continu de fréquence variable, entre 30 Hz et 8 kHz.

Les caractéristiques acoustiques des sons émis par les espèces concernées par le projet sont présentées dans le tableau page suivante.

Espèce	Type de vocalise	Gamme de fréquence	Fréquences dominantes	Intensité dB re 1 μ Pa
Odontocètes				
Grand dauphin *	Clic écholocalisation	110-130kHz		218-228
	sifflements	0,8-24 Hz	3,5-14,5 Hz	125-173
Dauphin long bec	Clic écholocalisation	<65 kHz		
	sifflements	1-22,5Hz	6,8-17 Hz	109-150
	Train de pulses	-	5-60 Hz	108-115
<u>Dauphin tacheté pantropical</u>	sifflements	3,1-21,4Hz	6,7-17,8Hz	-
	Clic écholocalisation	-	-	-
Mysticètes				
Baleine à bosse	chant	30Hz-8kHz	120Hz-4kHz	144-174

Tableau 2.19 : caractéristiques acoustiques connues des vocalises émises par les espèces concernées par le projet (Richardson, et al., 1995)

Ainsi, les espèces identifiées dans ou à proximité du site d'étude utilisent l'acoustique pour satisfaire différents besoins vitaux (reproduction, communication, prédation). Elles sont donc susceptibles de supporter des dérangements induits par une modification du niveau sonore ambiant et/ou des émissions acoustiques qui interféreraient avec leurs signaux.

Seuils

Les seuils de risque potentiel généralement admis aujourd'hui sont définis par deux niveaux de harcèlement correspondant à des niveaux perçus (Lurton & Antoine, 2007):

- 180 dB re 1 μ Pa : limite de danger, au-dessus de laquelle des effets physiques sont susceptibles de se produire, soit directement (lésions de l'appareil auditif) soit indirectement (réactions paniques de remontée ou d'échouage) ; rester en deçà de ce seuil est une priorité absolue
- 160 dB re 1 μ Pa : seuil au-dessus duquel peuvent se produire des effets notables et durable de comportement (abandon de zone), éventuellement réversible, mais sans créer de danger direct et immédiat.

Ces seuils doivent seulement être considérés comme indicatifs. Ils ne tiennent compte ni de la fréquence, de la durée et de l'occurrence des signaux, ni de l'espèce de cétacé considérée et sont susceptibles d'être modifiées dans les années à venir, en fonction de l'évolution des connaissances (Lurton & Antoine, 2007).

La seule notion de niveau (sans critère de durée) est très insuffisante. Par exemple avec les seuils ci-dessus, un niveau occasionnel de plus de 160 dB re 1 μ Pa mais de courte sera considéré comme ayant un impact sur le comportement des animaux, alors qu'un niveau plus faible, considéré comme acceptable, mais permanent, ou de longue durée, pourra être tout aussi impactant.

d- Identification des enjeux

Estimation de la patrimonialité des espèces

Protection réglementaire

Le statut de protection et le caractère emblématique des espèces de cétacés présentes au sein des zones d'étude, leur confèrent une forte valeur patrimoniale.

En France, l'ensemble des cétacés a le statut d'espèce protégée, par l'arrêté national du 1^{er} juillet 2011. L'article 2 prohibe « la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement intentionnels incluant les prélèvements biologiques, la perturbation intentionnelle incluant la poursuite ou le harcèlement des animaux dans le milieu naturel».

Ce texte protège également les habitats, interdisant : « La destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation compromette la conservation de l'espèce en remettant en cause le bon accomplissement des cycles biologiques ».

L'arrêté de protection du 1^{er} juillet 2011 couvre toutes les espèces de cétacés, les siréniens et plusieurs espèces de pinnipèdes. Il s'applique aux trois espèces identifiées dans le cadre du projet d'extension du port de St-Leu.

Statut de conservation

Au niveau local, l'évaluation du statut de conservation de ces espèces par l'UICN-France et le Muséum National d'Histoire Naturelle, effectuée pour La Réunion en 2010 et à laquelle GLOBICE a participé permet de donner une idée précise du risque de disparition des espèces de l'île.

Le tableau ci-dessous fait apparaître que sur les 3 espèces recensées dans le cadre de l'étude, 2 sont considérées comme menacées selon les critères développés par l'UICN (tableau 2.20) :

- Le grand dauphin de l'Indo-pacifique est considéré comme « En Danger » (EN), de fait de sa population limitée, son habitat côtier très restreint et le risque de dégradation de son habitat ;
- La baleine à bosse est considérée comme « Vulnérable » (VU), de par son habitat côtier pendant la période critique de reproduction et l'augmentation les interactions avec les activités humaines (dégradation de son habitat, augmentation du trafic maritime....).

En revanche, le statut du dauphin long bec ainsi n'a pas été défini du fait du manque de données nécessaires à l'évaluation (DD : Data deficient).

Nom scientifique	Nom français	Catégorie Liste rouge France	Critère Liste rouge France	Catégorie Liste rouge mondiale
<i>Tursiops aduncus</i>	Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique	EN	B(1+2)ab(iii) D	DD
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleine à bosse	VU	EN (B2ab(iii) D) (-1)	LC
<i>Peponocephala electra</i>	Dauphin d'Electre	LC		LC
<i>Stenella attenuata</i>	Dauphin tacheté pantropical	LC		LC
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale tropical	DD		DD
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Dauphin de Fraser	DD		LC
<i>Stenella longirostris</i>	Dauphin long bec	DD		DD
<i>Tursiops truncatus</i>	Grand Dauphin commun	DD		LC
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot	DD		VU

Tableau 2.20 : statut UICN de conservation des cétacés de La Réunion

La zone d'étude présente une sensibilité écologique très forte vis-à-vis de la faune marine avec une fréquentation significative de 3 grandes espèces de cétacés.

Le grand dauphin de l'indo-pacifique et la baleine à bosse présentent un statut d'espèces menacées selon les critères de l'UICN à La Réunion. Le dauphin long bec n'est pas concerné à ce jour pour des raisons d'évaluation incomplète.

Enjeux au niveau de la protection des cétacés

Les enjeux du projet en termes de préservation des cétacés concernent tout particulièrement :

- Ne pas faire barrière aux mouvements des populations locales de cétacés, notamment le grand dauphin de l'Indo-pacifique et la baleine à bosse et limiter l'emprise du projet sur leur habitat ;
- Garantir un environnement sonore compatible avec les fonctions vitales des espèces. Les cétacés utilisant l'acoustique pour se nourrir, se repérer et communiquer, la limitation du niveau sonore ambiant apparaît comme un enjeu majeur, le son étant susceptible de se propager très loin de sa source.

La zone d'influence du projet est ainsi susceptible d'être largement plus étendue que celle ayant servi de base à la présente étude.

Au regard des enjeux de préservation des cétacés vis-à-vis des nuisances acoustiques, les travaux les plus impactants seront interdits pendant la période de migration des baleines à bosse de juillet à octobre.

B- Les Tortues

« Etude d'impact du projet d'extension du port de Saint Leu sur les tortues marines », KELONIA, Juillet 2012

a- Généralités

Les tortues marines sont des espèces migratrices, à maturité tardive et qui occupent au cours de leur cycle biologique des habitats diversifiés (plages, pleine mer, mangroves, platiers, herbiers marins,...) répartis sur une zone géographique très étendue. Le recrutement et les temps de résidence sur ces différents habitats varient en fonction des conditions environnementales et ne sont pas constants au cours de l'année.

Cinq espèces de tortues marines sont présentes dans le Sud-ouest de l'Océan Indien : la tortue verte (*Chelonia mydas*), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*), la tortue caouanne (*Caretta caretta*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue luth (*Dermochelys coriacea*). Ces cinq espèces de tortues marines sont présentes dans les eaux de La Réunion. Parmi elles, deux espèces sont présentes tout au long de l'année sur les côtes réunionnaises : la tortue verte et la tortue imbriquée. Ces deux espèces semblent y trouver des sites d'alimentation et de développement favorables. La première espèce est la seule connue pour se reproduire sur les plages de La Réunion.



Figure 2.41 : Les deux espèces de tortues marines présentes en permanence sur les côtes réunionnaises : la tortue verte (*Chelonia mydas* ; à gauche) et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata* ; à droite)

Toutes les espèces de tortues marines sont protégées. Elles sont inscrites comme « vulnérables », « menacées d'extinction » ou « gravement menacées d'extinction » sur la Liste Rouge des espèces menacées de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), et bénéficient de mesures de conservation dans le cadre de la convention internationale CITES-CMS (Convention on International Trade in Endangered Species - Convention on Migratory Species) et régionale IOSEA-MoU (Indian Ocean – East Asian Marine Turtle Memorandum of Understanding).

La tortue verte *Chelonia mydas* est classée « En Danger » (EN) et la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata* est classée « En Danger Critique d'extinction » (CR) sur les listes internationale, nationale et régionale de l'UICN.

En France, ces espèces de tortues marines sont protégées par l'arrêté du 14 octobre 2005 inscrit au Journal Officiel du 16/12/2005.

b- Fréquentation de la zone d'étude par les tortues marines

Le littoral de St Leu regroupe deux habitats importants pour 2 espèces de tortues marines : la tortue verte *Chelonia mydas* et la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata*:

- des habitats de développement pour les juvéniles sur les récifs frangeants depuis la Pointe des Châteaux jusqu'à la Pointe au sel ;
- des plages de ponte (plus de 90% de ponte observées à La Réunion le sont sur les Plages du Nord de St Leu).

Par ailleurs la tortue de mer est l'emblème de la ville de Saint Leu, qui l'a intégrée dans son logo et en a fait sa mascotte. KELONIA l'observatoire des tortues marines de La Réunion implanté à l'entrée Nord de Saint Leu, est le site touristique le plus visité de la commune avec 122 000 visiteurs en 2011, et un des tout premiers sites touristiques de La Réunion.

Les données utilisées dans l'étude sont extraites du programme de recensement aérien des tortues marines sur la côte ouest de La Réunion selon le protocole mis en œuvre depuis 1998 (de la Pointe au sel à la Baie de Saint Paul) par KELONIA (Sauvignet et al., 2000 ; Michalowski, 2007 ; Jean et al., 2010a).

Au cours des survols en ULM réalisés entre 2003 et 2011, 34 tortues marines ont été observées dans le périmètre de la zone d'étude et 209 dans le périmètre de la Baie de Saint Leu (Figure 2.41). Pendant la même période, 2 909 observations ont été enregistrées sur l'ensemble de la zone d'étude du programme de recensement aérien (longueur totale du transect : 30 km)

Les tableaux présentés sur la carte indiquent le nombre de tortues recensées chaque année sur chacun des deux périmètres. On note une augmentation globale du nombre de tortues marines recensées à Saint Leu depuis 2003.

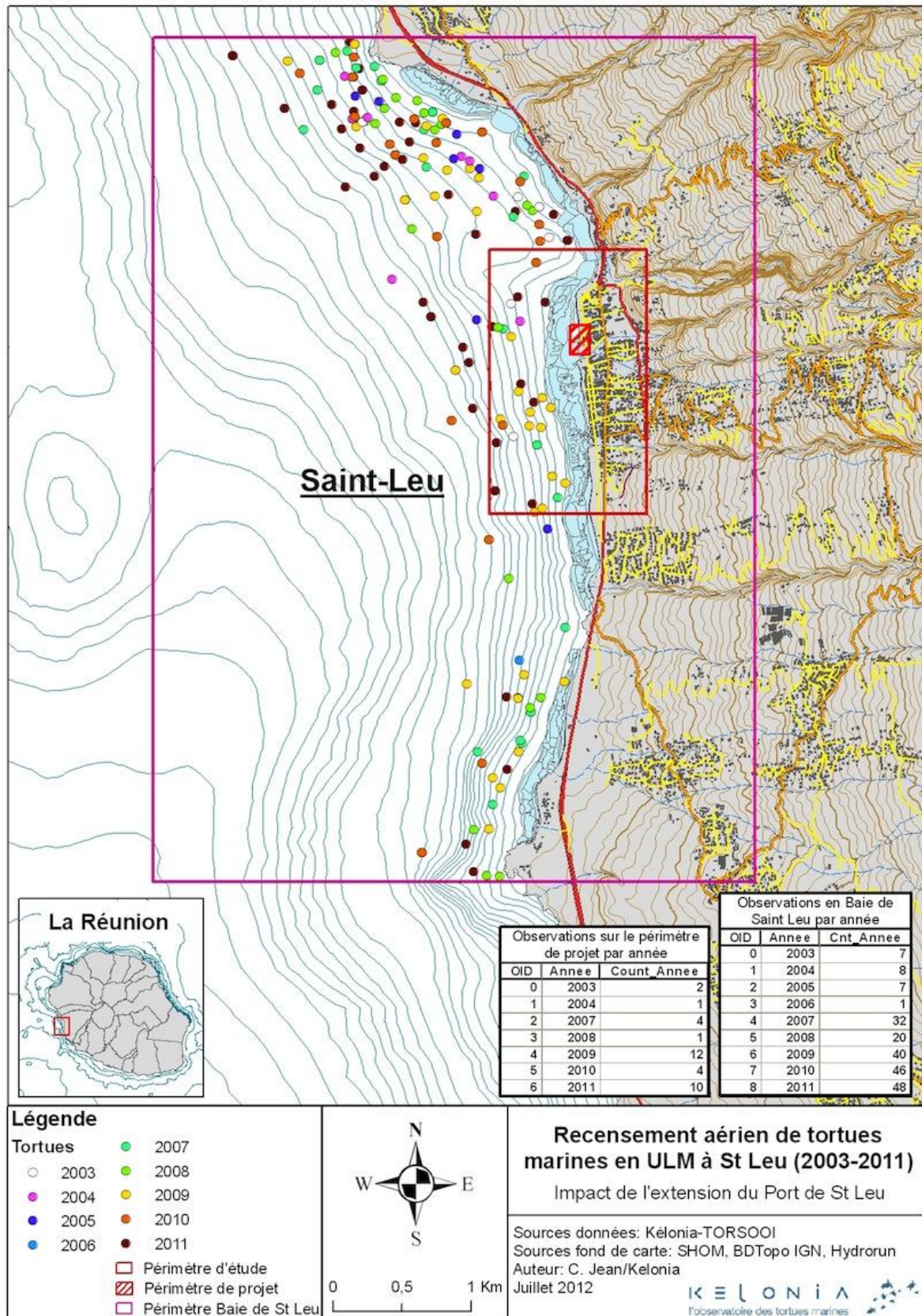


Figure 2.42 : observation aérienne de tortues marines sur le littoral de St Leu

Par ailleurs, la présence régulière de juvéniles (taille <50cm) de tortues dans le chenal et le lagon de Saint Leu est rapportée par les pêcheurs et pratiquants d'activités nautiques. En effet, depuis près de 3 ans, le club nautique de Saint Leu a rapporté plusieurs observations de jeunes tortues en sortie du port (taille < 50cm), à proximité de la base nautique. De même, des pêcheurs et usagers du port ont observé à plusieurs reprises des jeunes tortues à proximité de la digue du port de Saint Leu et en bordure du chenal d'accès au port. Ces observations ont été confirmées par les équipes de KELONIA qui se sont rendues sur place.

Depuis le démarrage du programme de restauration des plages de ponte de tortues marines à Saint Leu, les plages Nord de la commune ont hébergé 90% des pontes observées à La Réunion : 14 nids depuis 2004.

Les tortues vertes femelles viennent pondre entre juillet et octobre sur les plages qui ont fait l'objet de restauration écologique : restauration de la végétation littorale indigène, réduction des nuisances lumineuses (pose de déflecteur, extinction totale ou partielle de l'éclairage public), surveillance durant les épisodes de ponte.

Le suivi par balise Argos d'une femelle en 2011 a montré le comportement entre les pontes successives, mettant en évidence le déplacement le long du littoral précédant la montée nocturne sur la plage. Les femelles ne montent pondre que sur les zones de plage non éclairées.

Les accouplements ont lieu à proximité des plages de ponte. Durant l'accouplement, qui dure plusieurs heures, les tortues dont la mobilité est réduite (seule la femelle nage) sont particulièrement sensibles aux collisions avec les engins rapides.

La zone d'extension du port de Saint Leu se situe sur une zone du récif frangeant peu favorable à la présence des tortues marines en raison de la nature des fonds et de sa profondeur.

En revanche, certains sites de la zone d'étude (abords de la digue, chenal d'accès au port et abords du club nautique) situés à proximité de la zone de chantier sont identifiés comme des habitats de développement des jeunes tortues.

Les plages du Nord de la commune constituent des sites de ponte à fort enjeu. Durant la période de reproduction, les tortues vertes et les tortues imbriquées présentent une vulnérabilité accrue pendant les accouplements et les phases de recherche de zone calme et sombre pour déposer les œufs.

2.5 Milieu humain

2.5.1 Utilisation des sols

Le projet de réaménagement du port se situe dans une zone urbanisée, sur la bande littorale du centre-ville de la commune de Saint Leu. La zone d'étude est actuellement déjà vouée à un usage de plaisance, loisirs, promenades et de pratiques sportives, notamment le long du front de mer aménagé.



Figure 2.43 : Façade maritime aménagée et port de plaisance actuel

2.5.2 Population et cadre de vie

2.5.2.1 Démographie

📖 Sources documentaires : INSEE

La commune de Saint Leu est membre de la communauté de communes TCO (Territoire de la Côte Ouest).

La commune de Saint Leu compte *32 971 habitants en 2012*, contre 30 207 habitants en 2008, 25 314 habitants en 1999 et 20 931 en 1990.

Les populations légales sont désormais actualisées chaque année par l'INSEE. Toutefois, les enquêtes de recensement étant réparties sur cinq années, l'organisme recommande de calculer les évolutions sur des périodes d'au moins cinq ans.

Le taux de croissance de la population sur dix ans a été 2,14 % sur la période 1990-1999 contre 1,9 % pour la région Réunion. Cette croissance démographique reste forte depuis plusieurs années et a tendance à s'accroître (+ 2.3% par an depuis 2008).

2.5.2.2 Habitat

Le projet se situe dans la zone d'urbanisation dense du centre-ville de Saint Leu. Les habitations les plus proches du projet de réaménagement du port se situent à environ 50 m à l'est des ouvrages actuels en arrière de la Rue de la Compagnie des Indes qui est la voie de desserte du front de mer.

2.5.3 Établissements recevant du public

Le port communal constitue un équipement public à part entière à destination des professionnels de la pêche et des plaisanciers.

Les premiers équipements publics à proximité du projet de réaménagement du port sont (Cf. Carte 10) :

- La Mairie de Saint Leu et ses différentes annexes ;
- 3 écoles dont une située face au port actuel ;
- Le bureau de poste ;
- La médiathèque en construction.

On recense également des établissements de restauration à proximité du projet, sur la rive opposée de la ravine du Grand Etang.

2.5.4 Usages de l'eau

L'eau potable distribuée à Saint Leu a pour origine trois types de ressources :

- Ressources superficielles : Source Le Cap, Captages Dussac et Bras de Jeanne sur la commune des Avirons ;
- Ressources souterraines : Puits de la Grande Ravine sur la commune de Trois-Bassins, le Forage de la Petite Ravine, le Forage Fonds Petit-Louis et le Puits des Colimaçons sur la commune de Saint Leu ;
- Ressources de la SAPHIR : Captage du Bras de Cilaos complété en étiage par les forages de la nappe du Gol et par le forage de Fonds Petit-Louis.

La localisation de ces ressources est indiquée sur la Carte 9.

Le site du projet n'est concerné par aucun des périmètres de protection de ces ressources d'eau potable.

2.5.5 Tourisme et loisirs



2.5.5.1 Pavillon bleu

Le Pavillon Bleu est un label à forte connotation touristique, symbole d'une qualité environnementale exemplaire.

Créé par l'Office français de la Fondation pour l'Éducation à l'Environnement en Europe en 1985, le Pavillon Bleu valorise chaque année les communes et les ports de plaisance, qui mènent de façon permanente une politique de recherche et d'application durable en faveur d'un environnement de qualité.

Cet écolabel permet de sensibiliser et de motiver les collectivités locales ou les gestionnaires de ports de plaisance afin qu'ils prennent en compte le critère "environnement" dans leur politique de développement économique et touristique, en complément et en renforcement des directives nationales et/ou européennes obligatoires.

Garant d'une bonne qualité environnementale, le Pavillon Bleu hissé sur une plage ou un port de plaisance véhicule une image positive et dynamique auprès des résidents comme des visiteurs. En ce sens, il favorise aussi une prise de conscience générale envers un comportement plus respectueux de la nature et de ses richesses. Un sondage de l'institut LH2 montre que 65% des français connaissent le Pavillon Bleu et 78% ont envie de passer des vacances dans un lieu Pavillon Bleu.

Le Pavillon Bleu est devenu une référence dans les domaines du tourisme, de l'environnement et du développement durable.

Les plages et le Port de la commune de Saint Leu obtiennent chaque année le label pavillon bleu d'Europe. Cet Eco-label environnemental et touristique, récompense et valorise les efforts en matière d'Environnement et de Développement Durable (DD).

Ce label est attribué sur une base volontaire, annuelle à partir de 4 grandes familles de critères : Éducation à l'Environnement - Environnement général - Gestion des déchets - Gestion de l'eau.

Il n'existe que 2 ports labellisés à La Réunion (Saint Leu et Saint-Gilles).

2.5.5.2 Statut de station classée de tourisme

La ville de Saint Leu valorise ses atouts et travaille à l'obtention du statut de station de tourisme (dépôt de dossier préalable en 2011). Un label exigeant dont l'esprit qui prévaut est articulé sur l'excellence et la pérennité.

Sa situation en bord de mer et les aménagements pour l'accueil des vacanciers définissent naturellement Saint Leu comme une cité balnéaire. Mais la ville se positionne au-delà de ce concept et tend à obtenir le statut de station classée de tourisme.

Avoir le statut de station classée de tourisme implique pour la commune la mise en œuvre d'une politique active d'accueil, d'information et de promotion touristique tendant, d'une part à assurer la fréquentation pluri-saisonnière de son territoire, et d'autre part à mettre en valeur ses ressources naturelles, patrimoniales ou celles qu'elle mobilise en matière de créations et d'animations culturelles et d'activités physiques et sportives.

L'esprit qui prévaut à la définition de la station classée est articulé sur l'excellence, la pluri-saisonnalité et la pérennité.

Aujourd'hui, la commune de Saint Leu a déjà obtenu le statut préalable de « commune touristique » grâce à ses atouts uniques : une image d'authenticité préservée, une offre de structures d'hébergements de différentes natures et niveaux catégoriels, un panel d'activités sportives et de plein air uniques et réputées, des structures touristiques valorisantes telles que le musée de Stella Matutina, le Conservatoire National Botanique de Mascarin, l'Eco Musée du Sel ou encore Kelonia, l'observatoire des tortues marines.

La commune compte également des sites naturels de qualité : le lagon, la plage, la côte sauvage au sud avec le souffleur, la Pointe au Sel, la zone des hauts (forêts et pâturages), un patrimoine architectural inscrit au titre de la protection des monuments historiques et enfin une réelle dynamique culturelle.

Le projet s'inscrit dans la dynamique de demande de classement comme station de tourisme car l'extension et la modernisation du port de pêche et de plaisance favorisera un développement raisonné des activités nautiques et une réappropriation du front de mer de la ville.

2.5.5.3 Usages liés au milieu terrestre

Le front de mer de Saint Leu accueille une promenade très fréquentée par les passants, les sportifs (parcours de santé) et les touristes compte tenu du point de vue qu'elle offre sur la baie, le lagon, le spot de surf et le port.

Ce front de mer accueille également des manifestations culturelles (festival, spectacles autour des rondavelles) et le marché forain hebdomadaire.

La tradition de pêche sur le port de Saint Leu perdure malgré des équipements terrestres désormais inadaptés, en particulier pour la criée.

L'aménagement de la zone portuaire doit permettre de renforcer l'offre de services dédiée à la pêche et aux différentes activités nautiques (plaisance, plongée...) et dynamiser le front de mer en favorisant les échanges entre la ville et le port.

2.5.5.4 Usages liés au milieu marin

A- La baignade

Le littoral de Saint Leu compte un seul site de baignade autorisée, la plage du centre-ville implantée dans le lagon et bénéficiant d'un poste de surveillance MNS.

Le suivi de la qualité des eaux de baignade au niveau de la plage face au récif de Saint Leu rend compte d'une eau de baignade de « bonne qualité » depuis 2007 au regard de la réglementation actuelle.

La plage Saint-Leu MNS a obtenu le classement « Pavillon Bleu » en 2015.

B- Le spot de surf et la « gauche de Saint-Leu »

Le spot de Saint-Leu possède une renommée internationale dans le monde du surf et du bodyboard. En effet, la « gauche de Saint-Leu », qui se brise sur le récif au niveau de la passe nord de la commune possède des caractéristiques très appréciées de ces sportifs.

La meilleure orientation du vent est celle d'est / sud-est à sud pour la formation d'une houle de sud-ouest optimale pour la pratique des sports de glisse.

La meilleure période pour la pratique est comprise entre mai et octobre à marée montante lorsque la gauche de Saint-Leu s'enroule correctement sur le récif.

Au vu du risque requin qui a conduit à interdire la pratique du surf sur ce site depuis quelques années, la municipalité étudie actuellement des dispositifs destinés à sécuriser le lieu et la pratique

Ce spot est certainement le plus connu et le plus prisé de l'île de La Réunion et accueillait il y a quelques années encore des compétitions de niveau international. La sécurisation du site vis-à-vis du risque requin est à l'étude par la commune afin de relancer la pratique.

C- La plongée subaquatique

Aux abords de la zone d'étude, depuis la passe au nord de Saint Leu jusqu'à la Pointe au Sel, on recense de nombreux sites de plongée dont le point de départ est le port de Saint Leu ou la station de l'Étang-Salé-Les-Bains.

Du nord au sud, on peut lister (Cf. Carte 9.) :

- L'épave de Lorenzo à une profondeur de 40 m ;
- Le Sec Zitte au niveau de la passe nord du lagon de Saint-Leu ;
- La vallée de Seb (17 m) ;
- La Roche à Jacques (27 m) ;

- La langoustière (9 m) ;
- Les arches (10 m) ;
- Le Jardin des kiosques (10 m) ;
- Le Banc de sable (8 m) ;
- Le Cimetière (10 m) ;
- La Maison verte (12 m) ;
- Le nez du Pharaon (28 m) ;
- Le Colorado (6 m) ;
- Le Bosy's canyon (9 m).

D- Les activités de pêche et de plaisance

Le littoral de la commune de Saint Leu est inclus dans la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion créée par décret n°2007-236 du 21 février 2007 (Cf. § 2.3.4.2).

Le bassin portuaire actuel a été exclu du zonage de la réserve marine. La zone d'extension envisagée est en revanche incluse dans la zone de protection renforcée de la réserve au sein de laquelle les règles de niveau 2 sont applicables.

Au sein de cette zone, les pêches sous-marines, de loisirs ou professionnelles sont interdites sauf dérogations données aux articles 21 et 22 du décret suscitée et la plongée sous-marine peut être réglementée par le Préfet comme le précise l'article 23 :



Extrait du décret n°2007-236 du 21 février 2007 portant création de la RNMR

II. – Au sein de ces zones de protection renforcée, le préfet délimite un ou plusieurs périmètres réservés à la pêche professionnelle, pour une superficie totale comprise entre 300 et 350 hectares.

Art. 21. – I. – La pêche sous-marine est interdite dans les zones de protection renforcée. Toutefois, sur un espace qui ne peut excéder la zone de pente externe située au nord du cap Boucan-Canot, le préfet peut autoriser une expérimentation de gestion durable de la ressource halieutique par la pêche sous-marine, sur proposition conjointe du gestionnaire et d'une association agréée de pêcheurs sous-marins.

II. – Aucune arme de pêche sous-marine ne peut être introduite dans les zones de protection renforcée, sauf :

1. Dans le cadre de l'expérimentation mentionnée au I du présent article ;
2. Dans les passes et chenaux définis par le préfet, pour entrer et sortir de la zone de protection renforcée, avec une arme non maintenue en charge.

Art. 22. – La pêche de loisir est interdite dans les zones de protection renforcée. Toutefois, en dehors des zones de récifs coralliens, la pêche à la ligne est autorisée depuis les rivages rocheux volcaniques et les plages de sable noir.

La pêche professionnelle est interdite dans les zones de protection renforcée, à l'exception de la pêche à la traîne des calmars et poissons pélagiques ciblés ainsi que pour la pêche au crabe girafe, qui sont soumises à autorisation du préfet.

En outre, une réglementation particulière est édictée par le préfet dans les périmètres qu'il a définis en application du II de l'article 20.

Par dérogation aux dispositions du présent article, dans les zones d'arrière-récif constituées d'un substrat détritique ou sableux, le préfet peut autoriser certaines pratiques de pêche à caractère traditionnel, dans des zones limitées et pour des périodes définies, le cas échéant en dérogation à l'interdiction de pêche de nuit prévue au II de l'article 8.

A noter également qu'une zone sanctuaire a été créée au sud de l'exutoire de la Ravine Grand-Étang, en lien avec le classement de cette zone en ZNIEFF marine de type 1. La zone d'extension du port est située à environ 200 m de cette zone à la protection intégrale.

Aujourd'hui, le port de Saint-Leu est fréquenté par une cinquantaine d'embarcations professionnelles, ce qui est significatif à l'échelle de La Réunion.

Les activités de pêche professionnelle ou de loisirs ainsi que les activités de plaisance sont réglementées par les dispositions du décret n°2007-236 portant création de la RNMR, ainsi que les arrêtés préfectoraux suivants :

- AP n°185 du 13 février 2015 réglementant l'exercice de la pêche marine professionnelle dans les eaux du département de La Réunion

- AP n°186 du 13 février 2015 réglementant l'exercice de la pêche maritime de loisirs dans les eaux du département de La Réunion
- AP n°1919 du 12 décembre 2012 réglementant les pêches traditionnelles de loisirs à l'intérieur de la RNMR

2.5.6 Patrimoine culturel et historique

Sur la commune de Saint Leu, cinq bâtiments sont inscrits au titre de la protection des monuments historiques (régis par les articles 1 à 5 de la loi du 31/12/1993) :

- l'Hôtel des Postes (inscrit – Inventaire des Monuments historiques du 23/09/1987) situé à proximité du projet ;
- l'Église des Colimaçons (inscrit) ;
- le Four à chaux Méralikan (inscrit) ;
- la cheminée du Portail (inscrit) ;
- la distillerie.

Mais d'autres bâtiments remarquables sont à signaler :

- l'Église du centre ville ;
- la Mairie ;
- la Salle des Fêtes.

L'utilisation de la lave volcanique noire pour la construction de l'hôtel des postes, de la mairie et de l'église constitue un trait d'union architectural fort entre ces différents bâtiments du centre-ville.

La zone d'étude se situe dans le périmètre de protection du monument historique de l'Hôtel des postes, sur le parvis de la mairie.

Ce monument a été inscrit le 23 septembre 1987.

L'avis de l'Architecte des Bâtiments de France sera demandé sur l'ensemble du projet architectural.

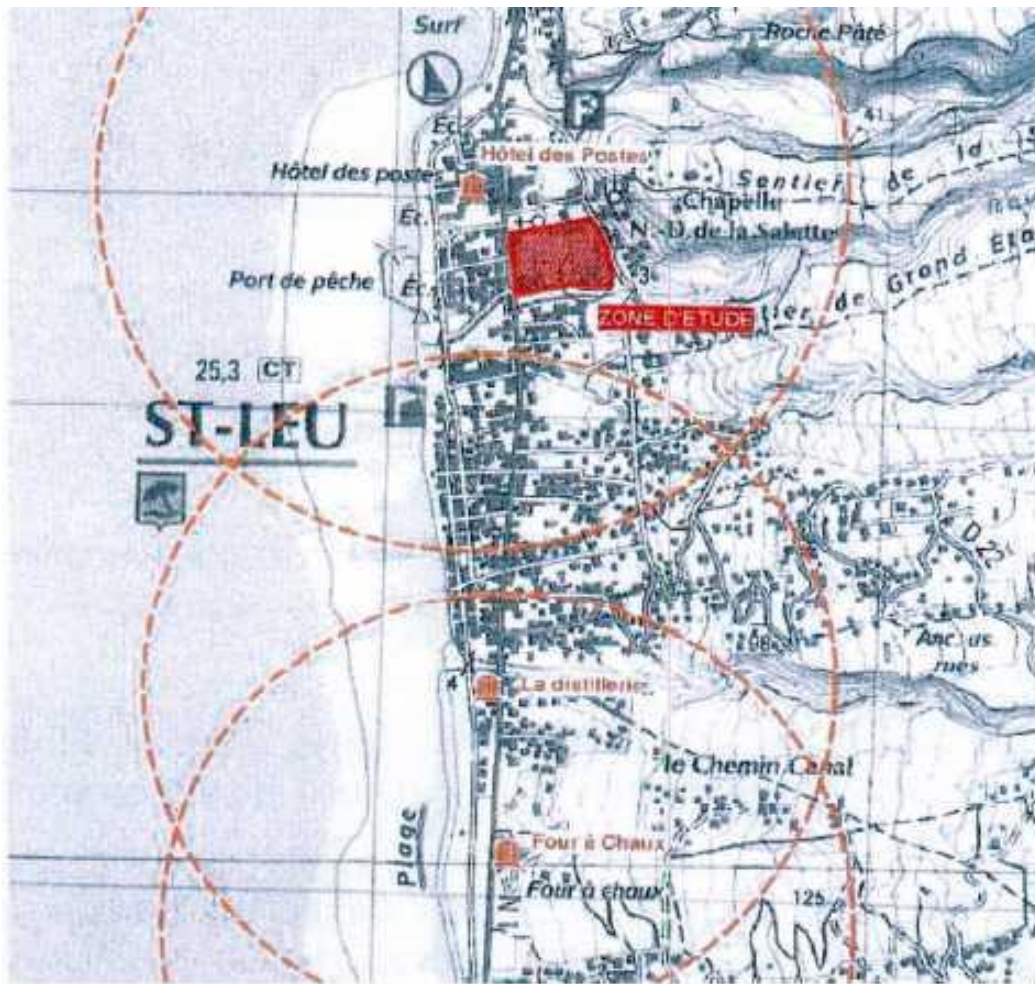


Figure 2.44 : périmètre des monuments historiques

2.5.7 Voies de communication

2.5.7.1 Réseau viaire et accès au site

Ouverte à la circulation en 2009, la Route des Tamarins, projet routier majeur de l'ouest réunionnais, correspond à une nouvelle section de la RN1 qui assure une

nouvelle liaison interurbaine à statut de voie express par les Hauts entre Saint-Paul et L'Étang-Salé.

Le tracé évolue à mi-pentes contournant ainsi les zones balnéaires saturées et permettant une desserte des hameaux des Hauts.

Son profil en amont du centre-ville est à 2x2 voies, l'échangeur le plus proche de la zone centrale de Saint Leu est celui des Colimaçons.

Avant sa mise en service, l'ancienne RN1 traversant le centre-ville de Saint Leu en 2x1 voie représentait l'axe principal de transit ouest-sud.

L'ouverture de ce nouvel axe de circulation a permis de réduire la pression de trafic sur l'ancienne RN1 en la ramenant à un trafic de desserte locale. L'ancienne RN1 dessert toujours le centre-ville à partir de laquelle la trame viaire relativement dense se dessine.

L'accès au port actuel peut se faire :

- directement en entrée nord du centre-ville en quittant l'ancienne RN1 et en longeant le front de mer par la Rue de la Compagnie des Indes ;
- en traversant le centre-ville par l'ancienne RN1 (avenue Général Lambert) et en prenant l'une des rues suivantes perpendiculaires au front de mer :
 - L'Avenue de Chateaufieux ;
 - La Rue du Commandant Henri Legros ;
 - La Rue de l'Étang longeant l'exutoire commun des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang.

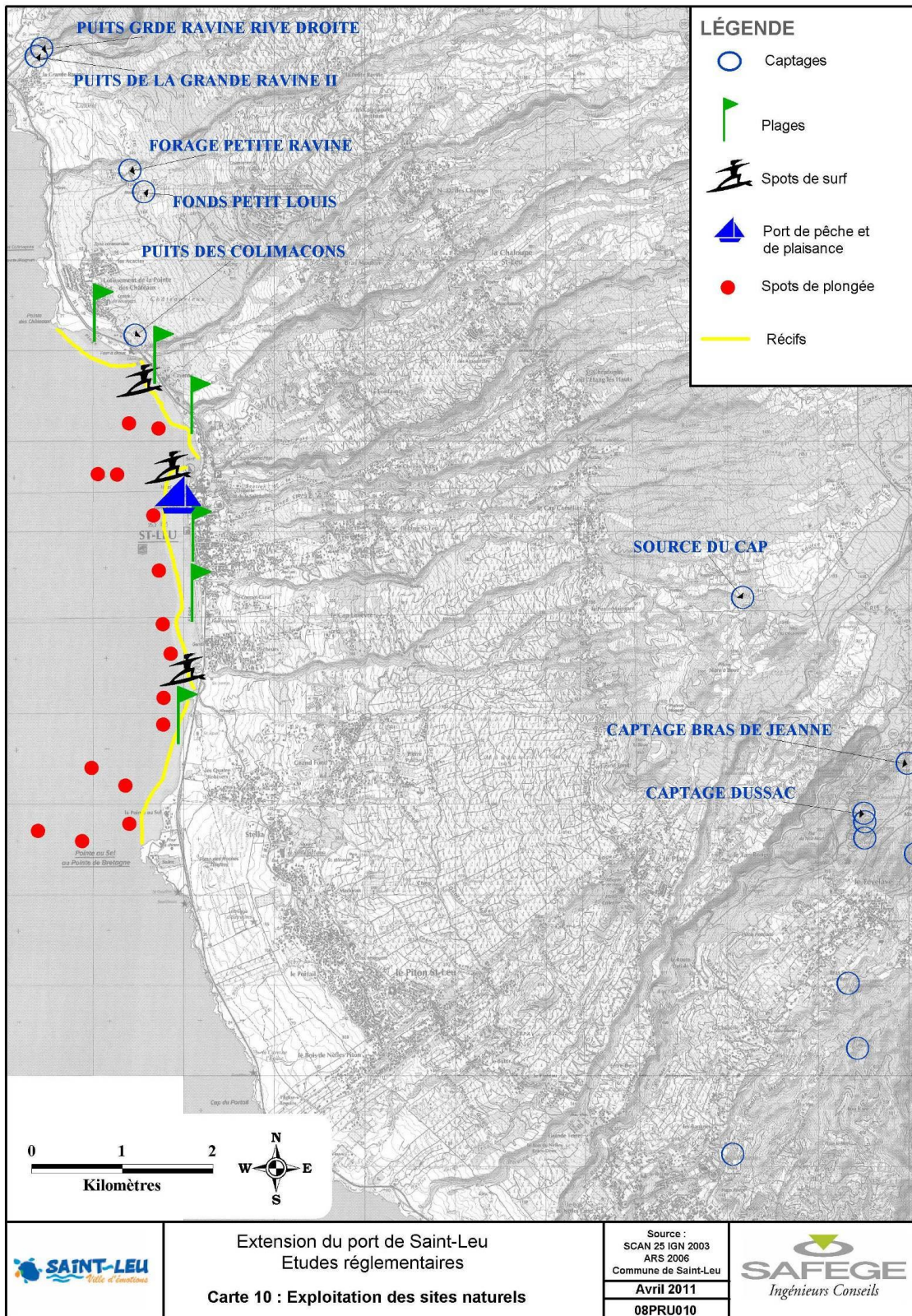
2.5.7.2 Pistes cyclables et cheminement piéton

Le front de mer aménagé de la commune de Saint Leu est actuellement voué à un usage de loisirs, promenades et de pratiques sportives (Cf. Figure 2.43).

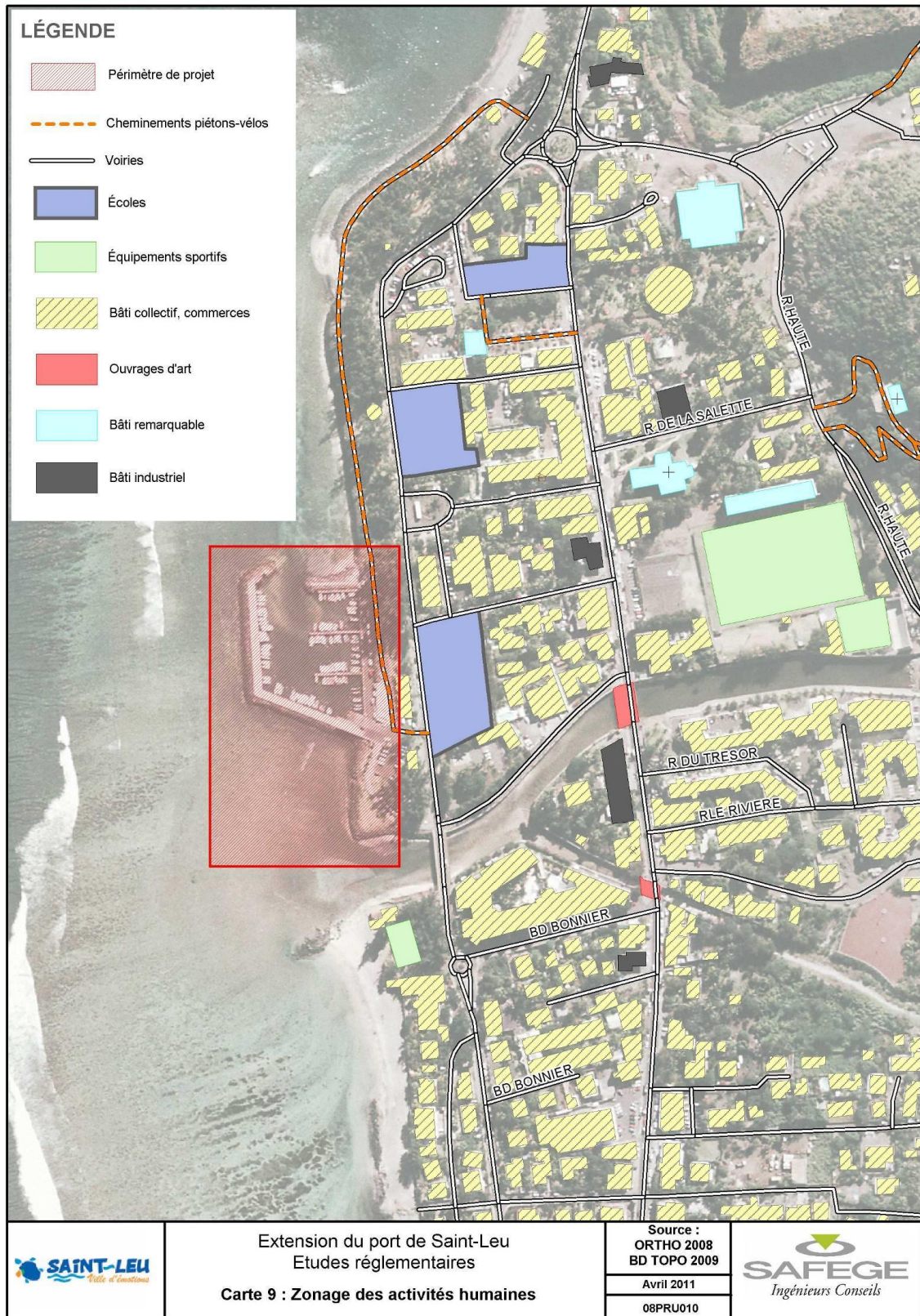
2.5.7.3 Transports en commun

Le réseau intercommunal Kar'Ouest est en charge de la desserte en transports en commun pour l'ensemble du TCO.

Les transports en commun identifiés à proximité de la zone de projet de réaménagement du port de Saint-Leu sont les bus et Car Jaune empruntant l'ancienne RN1 traversant le centre-ville.



Carte 9 : Exploitation des sites naturels



Carte 10 : Activités humaines du territoire

2.5.8 Réglementation et documents d'urbanisme

2.5.8.1 Le code de l'environnement et la loi sur l'eau

Le Code de l'environnement « Partie Législative » a été publié au Journal Officiel du 21 Septembre 2000.

Le livre II relatif aux milieux physiques considère la gestion de la ressource en eau (Chapitre I), régit les obligations relatives aux ouvrages dans le lit d'un cours d'eau et fixe la procédure d'autorisation à laquelle est soumis le projet (Chapitre IV).

La Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 modifie la partie législative du Code de l'Environnement. Elle constitue le texte central de la politique française de l'eau, en conforte les grands principes et optimise l'action publique.


Le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié par le décret n°2006-881 du 17 juillet 2006 définit la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de l'ex Loi sur l'Eau n° 92-3.

Conformément à cette nomenclature, le projet de réaménagement du Port de Saint Leu fait l'objet d'une autorisation au titre du Code de l'Environnement, car il relève des rubriques suivantes :

- 4.1.1.0. Travaux de création d'un port maritime ou d'un chenal d'accès ou travaux de modification des spécifications théoriques d'un chenal d'accès existant, **AUTORISATION**
- 4.1.2.0. Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu :
 - 1° D'un montant supérieur ou égal à 1 900 000 euros ; **AUTORISATION**
 - 2° D'un montant supérieur ou égal à 160 000 euros mais inférieur à 1 900 000 euros. **DECLARATION**
- 4. 1. 3. 0. Dragage et / ou rejet y afférent en milieu marin :
 - 1° Dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence N2 pour l'un au moins des éléments qui y figurent ; **AUTORISATION**

Dans le cas du projet : teneur en nickel > N2 (74 mg/kg).

2.5.8.2 Le Schéma d'Aménagement Régional

 Le document de référence de cette analyse est le Schéma d'Aménagement Régional approuvé le 22 novembre 2011 par le décret n° 2011-1609 et actuellement en vigueur.

Ce document de planification territoriale est opposable à l'ensemble des autres documents d'urbanisme.

La loi n°84-747 du 2 Août 1984 relative aux compétences des régions de Guadeloupe, de Guyane, de Martinique et de La Réunion confère aux conseils régionaux de ces régions des compétences particulières en termes d'aménagement et de planification du territoire. A ce titre, l'article 3 leur commande d'adopter un Schéma d'Aménagement Régional (SAR, 1/100 000è) qui fixe les orientations fondamentales en matière de développement, de mise en valeur en territoire et de protection de l'environnement.

Le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) vaut Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) tel qu'il est défini par l'article 57 de la loi n°83-3 du 7 janvier 1983.

Le SAR évoque l'extension du port de Saint Leu et définit des prescriptions destinées aux projets de port de plaisance qui concernent principalement l'adéquation besoins – ressources et la réduction des rejets issus du ruissellement (collecte et rétention des pollutions).

Par ailleurs, les zones de protection forte telles que définies par les prescriptions du Schéma de Mise en Valeur de la Mer sont multiples sur le littoral de Saint Leu :

- Les espaces naturels remarquables du littoral au titre de l'article L 146-6 du code de l'environnement, parmi lesquels :
 - Les ravines des Poux et de la Fontaine situées à plus de 600 mètres de distance du projet
 - La cote des Souffleurs, située à plus de 2 km plus au sud
 - Le littoral de la Pointe des Châteaux, avec le rocher des Colimaçons, situé à 2 km plus au nord.
- Le périmètre de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion qui s'étend sur l'ensemble du littoral saint-leusien depuis le haut des rivages jusqu'à une limite en mer s'approchant des 50 mètres de profondeur.

En ce qui concerne les espaces naturels remarquables du littoral, le projet n'impacte pas les périmètres concernés qui en sont relativement distants.

Le décret n°2007-236 du 21 février 2007 de création de la RNMR prévoit que les travaux permettant une extension du port de Saint-Leu peuvent être autorisés conformément aux dispositions de l'article L332-9 du code de l'environnement sous réserve d'être compatibles avec les objectifs de la réserve.

Le projet s'insère dans les objectifs du Plan de Gestion de la RNMR et répond aux prescriptions du SAR en matière de ports de plaisance.

Dans ce contexte, il est compatible avec les dispositions du SAR.

2.5.8.3 Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Réunion (SDAGE)

A- Contexte d'application

La directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000, qui vise à établir un cadre pour la gestion et la protection des eaux, a fixé des objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (continentales et côtières) et souterraines :

- La non détérioration de la qualité des eaux ;
- L'atteinte du « bon état » ou du « bon potentiel » des masses d'eau en 2015 ou, en cas d'impossibilité dument démontrée d'ici 2027 ;
- La réduction des rejets de substances prioritaires et la suppression des rejets de substances dangereuses prioritaires.

La transposition en droit français de cette directive (loi n°2004-338 du 21 avril 2004) a validé le fait que les SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) créés par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, seront les « plans de gestion des districts hydrographiques » définis dans la DCE.

La Réunion constitue une région mono-départementale, et un bassin hydrographique (le district) au titre de la directive cadre sur l'eau.

Le SDAGE, réalisé sous l'égide du Comité de Bassin, fixe les orientations fondamentales d'une gestion globale et équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre, conformément à la DCE. Il décline par orientation fondamentale les dispositions nécessaires à l'atteinte de ses objectifs et à la préservation de l'état des eaux.

Le programme pluriannuel de mesures, établi par l'État en application de l'article L. 212-2-1 du Code de l'environnement et figurant en annexe du SDAGE, identifie les actions concrètes à mener par masse d'eau, assorties d'un échéancier et d'une évaluation financière pour atteindre les objectifs du SDAGE.

Le SDAGE a fait l'objet d'une nouvelle programmation pour la période 2016 – 2021.

Une première évaluation de l'état des masses d'eau avait été réalisée en 2005 et avait mis en évidence un déficit de connaissances. En 2013, l'état des masses d'eau a été

réévalué selon les prescriptions de l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

B- Masse d'eau concernée par le projet

La masse d'eau concernée par le projet est la masse d'eau côtière FRLC 111 Zone récifale de Saint Leu.

Cette masse d'eau a pour objectifs :

- Objectif état global : bon état 2027 ;
- Objectif état chimique : bon état 2021 ;
- Objectif état écologique : bon état 2027.

Pour les masses d'eau récifales, le SDAGE 2016 – 2021 relève que « l'indicateur substrats durs développé pour caractériser l'état des zones récifales doit être consolidé. Par ailleurs, les dégradations et les déséquilibres constatés sur certains espaces récifaux sont très probablement multifactoriels et conditionnés par le contexte hydrodynamique. Il est actuellement difficile d'évaluer la résilience de ces milieux, de caractériser et de particulariser les impacts anthropiques liés notamment au changement climatique (blanchissement corallien, acidification du milieu) de ceux engendrés par les apports des bassins versants (eau douce, nutriments, contaminants chimiques, matières organiques, particules fines...) ou induits par les activités de loisirs balnéaires. »

C- Zones protégées concernées par le projet

Zones de captages d'eau destinés à la consommation humaine

La zone de captage concernée est la zone littorale du sud-ouest de l'île de La Réunion, d'Etang Salé à Saint Leu qui constitue une ressource stratégique pour l'alimentation des populations.

Ces captages sont décrits au paragraphe 2.3.3.2 qui traite des eaux souterraines.

Zones de baignade

La zone de baignade concernée est la plage du centre-ville de Saint Leu qui bénéficie d'une qualité de l'eau jugée Excellente selon l'état de 2014.

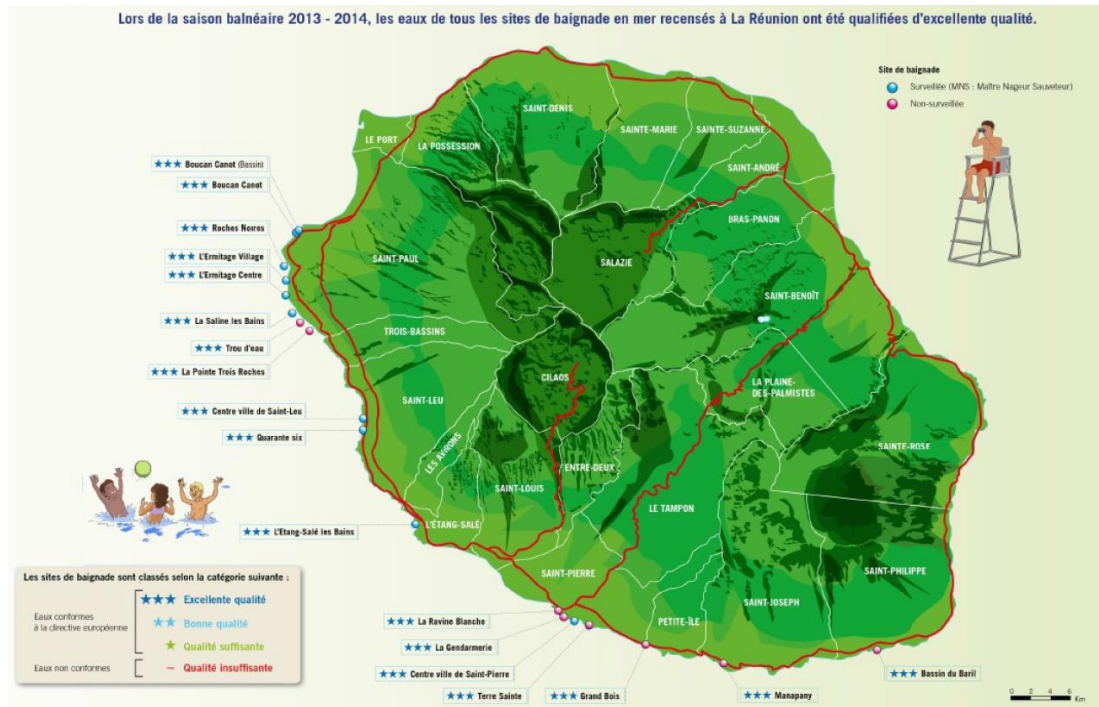


Figure 2.45 : état des lieux de la qualité de l'eau des zones de baignade de La Réunion (source : ARS OI)

La Réserve Naturelle Nationale Maritime de La Réunion

La RNMR et son Plan de Gestion de la RNMR sont présentés au chapitre 2.3.4 qui traite des Espaces naturels sensibles.

D- Orientations fondamentales du SDAGE

Le SDAGE Réunion définit 6 orientations fondamentales et une orientation complémentaire de liaison avec le PGRI.

La compatibilité du projet avec ces orientations fondamentales est présentée dans le tableau ci-dessous :

OBJECTIFS DU SDAGE RÉUNION	
1	<p>Préserver la ressource en eau dans l'objectif d'une satisfaction en continue de tous les usages et du respect de la vie aquatique en prenant en compte le changement climatique</p> <p>En termes d'eaux souterraines, le projet n'est concerné par aucun captage d'eau potable et n'aura pas d'incidence sur la nappe stratégique de la côte ouest. En effet, il ne concerne que des travaux de surface, sans terrassements en grande masse ou fondations profondes susceptibles d'affecter le toit de cette nappe. De façon générale, le projet n'a pas pour objet de mobiliser la ressource en eau pour quelque usage que ce soit.</p>

		La végétalisation du projet sera menée à partir d'espèces endémiques parfaitement adaptées aux conditions du milieu et économes en eau.
2	Assurer la fourniture en continu d'une eau de qualité potable pour les usagers domestiques et adapter la qualité pour les autres usages	Le projet n'est pas concerné par ce point.
3	Rétablir et préserver les fonctionnalités des milieux aquatiques	<p>Le projet entre dans le cadre de l'aménagement du territoire tout en préservant la qualité de la masse d'eau côtière concernée car il ne génère pas d'intrant supplémentaire sur son bassin versant.</p> <p>La compatibilité du projet avec le Plan de Gestion de la RNMR est présentée au chapitre 2.3.4 qui traite des Espaces naturels sensibles.</p> <p>La mise en place de techniques d'éco-conception spécifiques des infrastructures portuaires va permettre de reconstituer des écosystèmes marins calmes propices au développement des juvéniles.</p> <p>Par ailleurs, le projet va permettre d'améliorer la connaissance des milieux aquatiques marins environnants au travers des procédures de suivi de la qualité de l'eau et d'acquisition de connaissance sur les grands mammifères marins mises en place.</p>
4	Lutter contre les pollutions	<p>Le projet ne sera responsable d'aucun rejet supplémentaire par rapport à la situation actuelle et à ce titre n'engendrera pas de dégradation de la qualité des eaux de surface. Les eaux de ruissellement feront l'objet d'un traitement préalable par déboureur – séparateur à hydrocarbures avant rejet au milieu naturel.</p> <p>Néanmoins, l'augmentation du nombre des usagers du port pourrait augmenter sensiblement les déchets ou rejets dans la masse d'eau côtière.</p> <p>Un espace spécifique dédié à la récupération des déchets portuaires sera aménagé dans l'enceinte portuaire et des mesures d'information et de sensibilisation des usagers seront mises en œuvre.</p>
5	Favoriser un financement juste et équilibré de la politique de l'eau, notamment au travers d'une meilleure application du principe pollueur-payeur	Le projet n'est pas concerné par ce point.
6	Développer la gouvernance, l'information, la communication et la sensibilisation pour une appropriation par tous des enjeux	Le projet n'est pas concerné par ce point.
	Reprise des objectifs et dispositions du PGRI visant la prévention des inondations au regard de la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau	Le projet ne sera responsable d'aucune aggravation de l'aléa fort lié à la présence des deux ravines à proximité du site et de l'aléa moyen du centre-ville de Saint-Leu, les aménagements étant prévus en dehors des zones inondables.

	<i>En particulier, une étude hydraulique spécifique a démontré que la zone d'implantation de la future capitainerie était hors zone d'aléa moyen</i>
--	--

Tableau 2.21 : Compatibilité du projet avec les objectifs du SDAGE Réunion

Le projet ne présente pas d'incompatibilité avec les objectifs du SDAGE Réunion et de la DCE.

2.5.8.4 Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la micro-région Ouest (SAGE)

Également institués par la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau (Code de l'environnement, articles L.212-3 à L.212-7), les SAGE fixent à une échelle plus locale les objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur et de protection des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques.

A l'échelle de La Réunion, quatre périmètres ont été retenus correspondant aux quatre micro-régions.

Le SAGE Ouest a été validé par arrêté préfectoral du 19 juillet 2006. Il concerne les communes du Port, la Possession, Saint-Paul, Trois-Bassins et une partie de Saint-Leu (à partir de la Ravine du Cap).

La révision du SAGE est devenue nécessaire suite aux évolutions législatives (Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatique (LEMA) du 30 décembre 2006). Le SAGE Ouest révisé a été approuvé par arrêté préfectoral n°2015-1367 du 29 juillet 2015.

Le SAGE Sud concerne une partie de la commune de Saint-Leu (entre les Avirons et la Ravine du Cap), les Avirons, Étang-Salé, Saint-Louis, Cilaos, Entre-Deux, Saint-Pierre, Le Tampon, Petite Ile, Saint-Joseph et Saint-Philippe. La Commission Locale de l'Eau a été créée par arrêté préfectoral du 23 juillet 2001. Le projet de SAGE Sud a été validé par la CLE le 1er octobre 2003 et est, actuellement, en phase de consultation.

La zone d'étude entre dans le périmètre du SAGE Ouest.

A- Enjeux de la gestion de l'eau dans l'Ouest en quelques chiffres

Le territoire du SAGE Ouest comprend 6 sous bassins hydrologiques remarquables par la qualité des milieux, en particulier la Ravine Saint-Gilles, l'Étang de Saint-Paul et l'écosystème récifal. La qualité des eaux y est globalement bonne mais présente une tendance à la dégradation.

➤ Des ressources en eau limitées et mal réparties

En 2003, pour les usages AEP et industriels, les ressources étaient exploitées à hauteur de 90 % de leur potentiel (estimé à 136 000 m³/jour à l'étiage sans la phase Salazie).

Le projet d'Irrigation du Littoral Ouest (ILO) doit alimenter 7 000 ha irrigués et couvrir une partie des besoins en eau potable (17 millions de m³ par an).

➤ **Une urbanisation galopante**

La région Ouest jouit d'une activité économique très dynamique et est en pleine mutation (route des Tamarins, extension du Port, Irrigation du Littoral Ouest, Eco-cité Cambaie...).

Le TCO accueillera près de 51 000 habitants supplémentaires d'ici 2020, ce qui se traduit mécaniquement par une augmentation des besoins en eau, des rejets d'eaux usées et des surfaces imperméabilisées.

➤ **Des pertes en eau trop importantes**

Les consommations domestiques en eau potable sont élevées : 0,275 m³/jour/hab sur le territoire, contre 0,250 m³/jour/hab pour La Réunion et 0,210 m³/jour/hab en Guadeloupe.

Les consommations des collectivités sont également importantes (7 000 m³/jour). Les retards en matière d'infrastructures liées à l'eau sont conséquents (réseaux de distribution d'eau et d'assainissement).

La mise en place des protections réglementaires des ressources en eau et des milieux naturels accuse elle aussi un retard important en cours de rattrapage.

➤ **Des eaux pluviales peu maîtrisées**

La gestion des eaux pluviales sur la côte Ouest est à ce titre caractéristique.

Les outils de planification et de gestion sont inexistants. Les conséquences sont graves : risques pour les biens et les personnes et pollution des milieux récepteurs (ravines, étang, lagon).

B- La stratégie du SAGE Ouest : la recherche du bon équilibre

La compatibilité du projet avec les 4 enjeux de gestion du SAGE Ouest est présentée dans le Tableau 2.22 ci-après :

OBJECTIFS DU SAGE OUEST	
1	<p>Préserver et restaurer la qualité des milieux aquatiques, atouts socio-économiques du territoire et garants de l'équilibre fonctionnel du bassin versant</p> <p>Les mesures associées, notamment en phase travaux, doivent permettre de réduire au maximum ou compenser les éventuels impacts indirects sur les milieux sensibles de l'espace côtier.</p> <p>Le projet n'a aucune incidence sur les espaces naturels remarquables du littoral.</p> <p>Les rejets d'assainissement sanitaire sont collectés dans le cadre du projet. Une unité de traitement spécifique assure une pré-épuration</p>

		des eaux grises issues de l'aire de carénage. Les boues issues de cette unité seront valorisées sur un site agréé.
2	Améliorer la gestion du ruissellement pluvial et du risque inondation par l'aménagement du territoire	Une étude hydraulique spécifique a permis de conclure que les aménagements terrestres prévus ne sont pas implantés en zone d'aléa inondation moyen. La gestion du ruissellement pluvial est assurée sur le plan qualitatif et quantitatif par des ouvrages de collecte et de traitement spécifiques.
3	Garantir une gestion durable de la ressource en eau	Les consommations d'eau seront raisonnées à l'échelle du projet. Des dispositifs de récupération des eaux pluviales seront installés.
4	Clarifier – adapter la gouvernance aux caractéristiques du territoire et asseoir le rôle de la CLEO.	Le projet n'est pas concerné par ce point.

Tableau 2.22 : Compatibilité du projet avec les objectifs du SAGE Ouest

Le projet ne présente pas d'incompatibilité avec les objectifs du SAGE de la micro-région ouest approuvé en juillet 2015.

➤ Le plan d'actions

Plus de 90 actions sont déclinées en 7 domaines opérationnels

- EAU : Eau potable – Irrigation
- PLAN : Planification - Aménagement du territoire
- EU : Assainissement des eaux usées
- EP : Maîtrise des eaux pluviales
- AGRI : Pratiques agricoles
- NAT : Milieux Naturels
- COM : Communication - Formation

Certaines actions sont prioritaires en raison de leur caractère réglementaire, de leur impact vis-à-vis d'un ou plusieurs objectifs fixés et de la durée nécessaire à leur mise en œuvre.

➤ Les principaux bénéfices attendus

- un équilibre entre les ressources et les besoins en eau ;
- une meilleure qualité de service ;

- des économies sur le long terme pour les collectivités ;
- un meilleur suivi des ressources et une meilleure connaissance des impacts des pollutions ;
- une sensibilisation de la population aux problèmes de gestion de l'eau sur le territoire de TCO.

2.5.8.5 Le Plan de Gestion des Risques Inondation de La Réunion

Le Plan de Gestion des Risques Inondation (PGRI) de l'île de La Réunion a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 15 octobre 2015.

La politique de gestion du risque inondation en France a pour cadre la directive européenne 2007/60/CE, dite directive "inondation", qui a été transposée en droit français par l'article 221 de la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010 (articles L.566-1 et suivants du Code de l'environnement). Sa mise en œuvre est précisée par le décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.

A l'échelle du territoire, le PGRI définit, pour la période 2016 – 2021, les priorités de gestion spécifiques les plus à même d'atteindre les grands objectifs de la stratégie nationale, c'est-à-dire les grandes orientations qui permettent de réduire les conséquences négatives des risques d'inondation.

A- Les objectifs du PGRI

En encadrant et optimisant les outils actuels existants (plans de prévention et programmes d'actions de prévention contre les inondations), le plan de gestion traite de tous les aspects de la gestion des risques d'inondations : information préventive, connaissance, surveillance, prévision, prévention, réduction de la vulnérabilité, protection, organisation du territoire, gestion de crise et retour d'expérience. Il formalise la politique de gestion des inondations à l'échelle du département et en particulier pour les territoires à risque important (TRI).

Sur la base d'un diagnostic du territoire, le plan de gestion des risques d'inondation fixe un cap (5 objectifs), des thématiques (21 principes) et les moyens (70 dispositions pour les atteindre) pour cette politique.

Les 5 objectifs sont :

➤ Mieux comprendre le risque

La bonne connaissance de ces phénomènes et de leur dynamique, ainsi que la cartographie des zones inondables, constituent un préalable pour mettre en œuvre des stratégies de gestion adaptées sur les territoires.

➤ Se préparer et mieux gérer la crise

Dès lors que les inondations sont inévitables, la capacité des territoires à s'organiser pour gérer les crises et rebondir après un événement concoure à réduire les impacts négatifs de cet événement naturel.

➤ **Réduire la vulnérabilité actuelle et augmenter la résilience des territoires**

L'urbanisation dans les zones inondables s'est fortement développée et il y a actuellement 1 réunionnais sur 4 qui habite en zone inondable.

➤ **Concilier les aménagements futurs et les aléas**

Compte tenu de l'exiguïté du territoire aménageable, l'enjeu majeur est de réussir à positionner ces populations et les activités connexes en prenant en compte le mieux et le plus en amont possible les aléas (et les changements climatiques) de façon à ne pas aggraver, voire réduire la vulnérabilité.

➤ **Réunionnais, tous acteurs de la gestion du risque inondation**

La gestion du risque inondation à La Réunion a et reste essentiellement prise en charge par les pouvoirs publics, sans implication suffisante de la population.

La méconnaissance du risque auquel les habitants peuvent être exposés les amène à être moins vigilants face à ce risque, voire à se sentir moins concernés.

Aussi l'enjeu est de positionner le citoyen en tant qu'acteur de la prévention du risque plutôt que de le limiter à subir l'aléa inondation.

B- La portée juridique du PGRI

Le PGRI possède une portée juridique à l'égard de nombreuses décisions administratives dans le domaine de l'eau et de l'urbanisme.

En application des articles 1.562-1 et 1.566-7 du code de l'environnement, les décisions administratives prises dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendues compatibles avec les dispositions du PGRI.

C- La compatibilité du projet avec le PGRI

Dans le cadre de la politique de gestion des risques, l'arrêté préfectoral n°66 SG/DRCTCV du 25 janvier 2013 a arrêté la liste des territoires à risque important sur l'île de La Réunion. La commune de Saint Leu sur laquelle est implantée le projet ne figure pas sur cette liste. En conséquence, les objectifs particuliers du PGRI liés à chaque TRI ne sont pas concernés.

L'emprise terrestre du projet est située en zone d'aléa moyen au titre du PPRI comme mentionné au paragraphe 2.3.3.3 du présent document.

Une étude hydraulique locale a permis d'analyser les conditions de débordement de la ravine du Grand Etang dans la zone du centre-ville et de fait préciser l'aléa inondation par débordement de cours d'eau au droit du projet terrestre.

Il en résulte que l'emprise du projet apparaît en dehors de la zone inondable pour la crue de référence du PPRI.

Cette cartographie de l'aléa permet de déroger aux prescriptions du règlement du PPRI relatives au positionnement du plancher des aménagements bâtis, à savoir la capitainerie du projet, au-dessus de la cote de référence, soit 1 mètre au-dessus du terrain naturel.

OBJECTIFS DU PGRI de La Réunion			
1	Poursuivre la compréhension des phénomènes d'inondation	P1 : améliorer la connaissance de la chaîne Pluie-Débit P2 : améliorer la connaissance des phénomènes méconnus P3 : bancariser la connaissance pour éclairer les décisions et la diffuser	Non concerné Non concerné Non concerné
2	Mieux se préparer et mieux gérer la crise lors des inondations	P1 : renforcer les outils de prévision et de surveillance pour mieux anticiper la crise P2 : améliorer les outils de gestion de crise pour limiter les conséquences des inondations sur les personnes, les biens et la continuité des services et des activités	Non concerné Non concerné
3	Réduire la vulnérabilité et augmenter la résilience du territoire face aux inondations	P1 : réaliser des diagnostics de vulnérabilité du territoire et réduire cette vulnérabilité P2 : connaître et améliorer la résilience des territoires sur les TRI P3 : réaliser des diagnostics de vulnérabilité des bâtiments présents en zone inondable et réduire cette vulnérabilité P4 : mettre en place des diagnostics vulnérabilité des activités économiques P5 : garantir la sécurité des populations présentes à l'arrière des ouvrages de protection P6 : inscrire les ouvrages de protection dans une approche multi-critères P7 : surveillance et intervention sur les cours d'eau P8 : mettre en œuvre la compétence GEMAPI	Non concerné Non concerné Non concerné Le projet n'est pas situé dans une zone à inondation fréquente Non concerné Non concerné Le projet n'a pas vocation à générer des embâcles dans la ravine du Grand Etang Non concerné
4	Concilier les aménagements futurs et les aléas	P1 : renforcer la prise en compte du risque dans l'aménagement P2 : réduire l'impact des eaux pluviales	Le projet n'est pas implanté en zone inondable pour la crue de référence conformément aux conclusions d'une étude hydraulique spécifique.

		<p>P3 : planifier et concevoir des projets d'aménagement résilients</p> <p>P4 : principes d'élaboration des SLGRI et des PAPI</p>	<p>La gestion quantitative des eaux pluviales sera prise en compte dès la conception du projet. Les ouvrages afférents seront dimensionnés conformément au Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales élaboré par la DEAL Réunion.</p> <p>Le projet n'est pas implanté en zone inondable pour la crue de référence conformément aux conclusions d'une étude hydraulique spécifique.</p> <p>Non concerné</p>
5	Réunionnais tous acteurs de la gestion du risque inondation	<p>P1 : diffuser l'information disponible et communiquer sur les phénomènes</p> <p>P2 : développer la prise de conscience des collectivités, des acteurs économiques et du public sur les risques d'inondation</p> <p>P3 : accompagner les sinistrés pour accélérer le retour à la normale</p>	<p>Non concerné</p> <p>Non concerné</p> <p>Non concerné</p>

Tableau 2.23 : Compatibilité du projet avec les objectifs du PGRI

Le projet ne présente pas d'incompatibilité avec les objectifs du PGRI de La Réunion approuvé en octobre 2015.

2.5.8.6 Plan Local d'Urbanisme

Le Plan Local d'Urbanisme découpe le territoire de la commune en différents secteurs sur lesquels les modalités d'occupation du sol sont définies.

Le PLU de Saint Leu a été approuvé le 26 février 2007. Trois procédures ont été menées par la suite :

- une révision rendue nécessaire du fait de la réduction de zones agricoles et d'espaces boisés classés ;
- une révision pour la modification de zonage d'un lotissement d'habitat rural ;
- une modification pour l'intégration de la ZAC du Portail dans le PLU.

Le site de la zone de projet de réaménagement du port de Saint -Leu est classé au PLU en zone UP (Cf. Carte 11) qui correspond aux aménagements liés aux activités portuaires situés sur le Domaine Public Maritime (DPM).

Les zones du centre-ville à l'arrière du port actuel sont classées au PLU en zone UA qui correspond notamment à la partie la plus dense du centre-ville de Saint Leu. Ce secteur regroupe la majorité des commerces, des services et des équipements publics de la commune. Ce sont aussi des zones de constructions à usage d'habitation, caractérisées par un tissu urbain relativement dense.

Une petite partie longeant l'exutoire de la Ravine Grand-Étang est classée en zone UAt correspondant aux espaces à vocation touristique.

Les zones en bordure du front de mer sont classées en zone NI qui couvre les parties de zones littorales aménagées ou susceptibles de l'être à des fins de loisirs et de tourisme sous forme de structures légères.

De manière plus générale, l'exutoire commun aux Ravines Grand-Étang et petit-Étang est classé en zone naturelle N qui correspond aux espaces naturels équipés ou non, à protéger en raison de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt, notamment du point de vue esthétique, historique ou écologique, ou de leur caractère d'espaces naturels.

Extraits du règlement du PLU de Saint Leu

Zone UP :

↳ « Occupations et utilisations du sol interdites :

Sont interdites toutes les occupations et utilisations non mentionnées ci-dessous. »

↳ « Occupations et utilisations du sol soumises à des conditions particulières :

Les constructions ou aménagements nécessaires aux activités de pêche et de nautisme ainsi que les aménagements liés au fonctionnement du port et à l'animation commerciale et touristique :

- *les locaux de stockage, de réparation mécanique ;*
- *les installations frigorifiques ;*
- *les locaux destinés à la vente des produits de la mer ;*
- *les locaux liés aux activités tournées vers la mer (clubs de plongées, centres nautiques...);*
- *les snacks, bars, et locaux de restauration ouverts au public dans la limite de 150 m² de SHON ;*
- *les locaux d'hébergement liés au gardiennage des équipements dans la limite de 30 m² de SHON ;*
- *la réhabilitation et l'extension des boxes existants. »*

Zone UA et UAt :

↳ « Occupations et utilisations du sol interdites :

1. Les activités soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement au sens de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, sauf celles visées à l'article UA 2 ;
2. Les constructions à usage industriel et d'entrepôt ;
3. Les terrains de camping et de caravaning ;
4. L'implantation et l'extension des constructions et installations à usage agricole ;
5. Les aires naturelles de camping ;
6. Les dépôts de ferrailles et les décharges ;
7. L'ouverture de carrières ;
8. Les divers modes d'utilisation du sol prévus à l'article R 442-2 du paragraphe C du Code de l'Urbanisme ;
9. Les habitations légères de loisirs ;
10. En secteur UAt les créations et extensions d'établissements industriels et artisanaux, les nouvelles constructions à usage d'habitation permanente sauf celles prévues à l'article UA2 II ;
11. Les entrepôts et les commerces dont la surface de réserve excède la surface de vente ;
14. L'implantation et l'extension de constructions ou installations à usage agricole. »

↳ « Occupations et utilisations du sol soumises à des conditions particulières :

1. Les activités soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement au sens de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, dès lors que l'activité est inscrite sur la liste figurant dans les dispositions générales du règlement ;
2. Les travaux d'aménagement et d'extension des installations classées existantes, soumises à autorisation ou à déclaration, dès lors que les modifications s'accompagnent de la mise en œuvre des dispositions nécessaires pour éviter une aggravation des nuisances ;
3. Dans le secteur UAt :
 - les constructions à usage d'hébergement touristique et de loisirs, sans hébergement permanent,
 - les commerces liés à ces activités,
 - les locaux d'habitation du personnel indispensable au fonctionnement et au gardiennage des établissements.
4. Les travaux d'extension et d'aménagement sur les constructions faisant l'objet d'une protection au titre de l'article L. 123-1 7 du code de l'urbanisme, localisés aux documents graphiques, dès lors qu'ils peuvent être conçus dans le sens d'une

préservation des caractéristiques esthétiques ou historiques des dits bâtiments. Ces bâtiments sont soumis au permis de démolir ;

5. Dans la zone de déficit en logement social délimitée aux documents graphiques annexés au règlement (centre-ville, Étang Saint-Leu et Piton Saint-Leu), tout projet visant à créer plus de 600 m² de surface hors œuvre nette (SHON) destinée à l'habitation doit prévoir d'affecter au logement social au moins 20% de la surface hors œuvre nette d'habitation prévue dans l'opération ;

Pour les opérations d'aménagement (ZAC, lotissement) visant à créer plus de 1 200 m² de SHON destinée à l'habitation, l'obligation d'affecter 20% de la surface au logement social s'applique de manière globale à l'ensemble de la SHON.

Zone N et Nl :

↳ *« Occupations et utilisations du sol interdites :*

Sont interdites toutes les occupations et utilisations non mentionnées ci-dessous. »

↳ *« Occupations et utilisations du sol soumises à des conditions particulières :*

1. Les constructions, ouvrages ou travaux liés à la prévention des risques naturels, les travaux d'infrastructures liées aux réseaux, les constructions, ouvrages ou travaux liés au stockage ou au traitement des eaux, ainsi que les équipements liés à la protection de l'environnement (déchetterie, plateforme de compostage...) ;

2. La réhabilitation ou extension des équipements publics existants ;

3. Les travaux d'aménagement et d'extension mineure pour mise aux normes sanitaires (limités à 20m² SHOB) réalisés sur des constructions à usage d'habitation existantes à la date d'approbation du PLU ;

4. En secteur Nh et Nc, ...

5. En secteur Nt, ...

6. En secteur Nl, les aménagements légers à vocation touristique et de loisirs ouverts au public, sans hébergement, et permettant la libre circulation des piétons : points d'arrêts, points de vue, kiosques, chemins piétons, mobilier urbain etc... correspondant aux aménagements autorisés par l'article R 146-2 du code de l'urbanisme ;

7 En secteur Nb, ...

8 En secteur Nc, ...

9. En secteur Nsc, ...

10. Les installations et travaux divers prévus à l'article R. 442-2 du code de l'urbanisme tels que les affouillements et exhaussements du sol nécessaires aux travaux d'infrastructure et les aires de jeux et de sports ouvertes au public en secteur Nt.

11. Les travaux d'extension et d'aménagement sur les bâtiments faisant l'objet d'une protection au titre de l'article L. 123-1 7 du code de l'urbanisme, localisés

aux documents graphiques, dès lors qu'ils peuvent être conçus dans le sens d'une préservation des caractéristiques esthétiques ou historiques des dits bâtiments. Ces bâtiments sont soumis au permis de démolir.

Le projet est directement compatible avec le règlement de la zone UP du PLU de la commune de Saint Leu, dès lors qu'il s'insère dans son milieu environnant.

Il est également en cohérence avec les zonages des espaces voisins tels que le centre-ville de Saint Leu classé au PLU en zone UA et UAt, le front de mer inscrit en tant que zone NI ou encore la partie classée en zone naturelle N correspondant à l'exutoire commun des Ravines Grand-Étang et Petit-Étang.



Carte 11 : Contraintes réglementaires : SAR et PLU

2.6 Synthèse des principaux enjeux environnementaux

Voir tableau au paragraphe 1.1.7 dans le Résumé Non technique.



**JUSTIFICATION DU
CHOIX DU PROJET**

3

Justification du choix du projet

3.1 Rappel du contexte

Le port de pêche et de plaisance de Saint Leu est un port de faible capacité (150 emplacements), y compris à l'échelle de La Réunion.

Ce port présente un niveau de saturation significatif avec une forte demande d'emplacements supplémentaires, que ce soit pour les plaisanciers ou les professionnels (bateaux de pêche de petite taille, plongée, excursions...) qui conduit à un niveau de remplissage du bassin de 100% en situation actuelle, et alors même que les ports les plus proches (Saint Gilles, Saint Pierre) présentent une situation similaire.

Par ailleurs, les activités nautiques y sont freinées par l'insuffisance du tirant d'eau du bassin portuaire, des conditions d'agitation médiocres en cas de très fortes houles et une offre de service minimaliste (capitainerie / information, bornes multi-services, aire de carénage, sécurisation des bateaux...).

La gestion actuelle du port ne permet pas une prise en compte réelle des exigences de gestion environnementale vis-à-vis des problématiques macro-déchets, eaux grises, eaux de ruissellement, entretien des sanitaires et vestiaires.

Par ailleurs, l'accès terrestre à l'emprise portuaire est perturbé par les conflits d'usage en matière de stationnement sur le front de mer qui restreignent l'activité des professionnels.


C'est pourquoi le TCO et la commune de Saint Leu souhaitent étendre la capacité d'accueil du port avec l'aménagement d'une centaine d'emplacements supplémentaires, en cohérence avec les dispositions du SAR (estimation du besoin complémentaire à 150 anneaux en 2011).

Cette opération a également pour objectif de réaménager et moderniser les aménagements existants afin d'améliorer la qualité du service rendu à l'usager et ouvrir la ville sur le port et le front de mer en renforçant son potentiel de lieu d'échanges et d'événementiel.

Une mission de maîtrise d'œuvre partielle a permis de déterminer un programme d'aménagement au stade de l'Avant-projet, qui présente une importance majeure pour la commune de Saint-Leu :

- opportunité de valorisation du front de mer par le développement des activités de pêche et de plaisance ;
- mais également mise en œuvre d'une dynamique de développement économique et touristique afin d'offrir des activités de détente et de loisirs accessibles à tous.

L'extension du bassin portuaire et l'augmentation de la capacité d'accueil imposent une restructuration globale des espaces techniques et des équipements associés du port (capitainerie, criée, parcs de stationnement).

 Programme technique détaillé du projet de réaménagement et d'extension du Port de Saint Leu – Étude urbaine et de développement touristique de Saint Leu (BRED AMO – groupe GINGER, Janvier 2012).

3.2 Objectifs généraux du projet global d'aménagement urbain de la zone portuaire

Actuellement, c'est la RN1A, à savoir l'avenue Général Lambert, qui constitue le pôle d'attraction du centre-ville de Saint Leu, autour des commerces, de la mairie et de l'église.

L'objectif général du projet est de renforcer la cohérence et l'identité touristique et balnéaire du centre-ville en ouvrant la ville sur son front de mer, et en lui permettant de se réapproprier son lien avec la mer et le lagon, tout en préservant son patrimoine historique.

Ce projet a vocation à générer un impact économique et touristique fort pour la commune de Saint Leu par une augmentation de la fréquentation touristique et des activités nautiques et balnéaires.

Dans une dynamique de promouvoir un développement économique et touristique respectueux de son environnement, le Territoire de la Côte Ouest (TCO) et la ville de Saint Leu ont orienté le projet vers une démarche d'éco conception et d'adaptation aux besoins et aux contraintes environnementales du site.

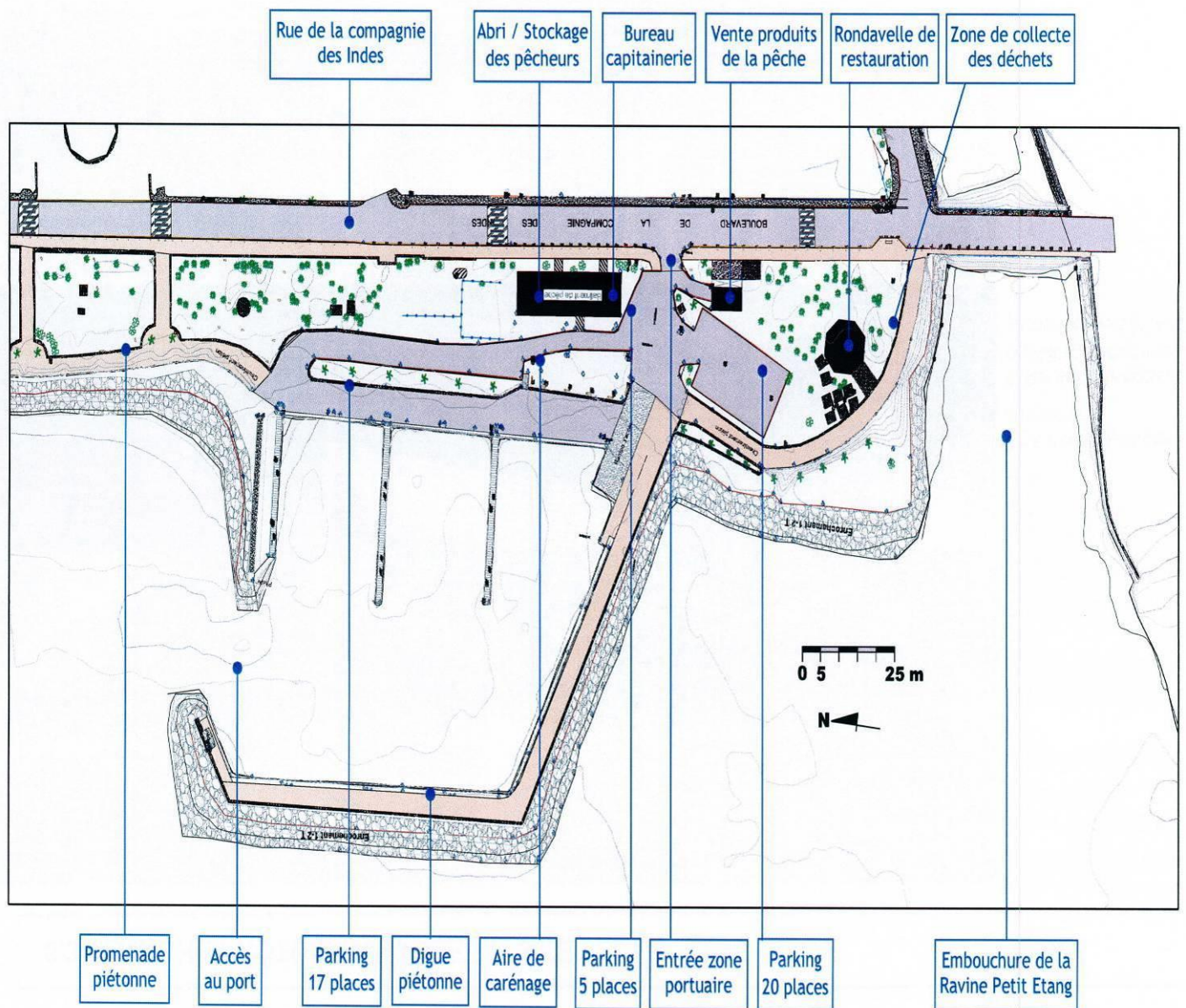


Figure 3.1 : situation actuelle de la zone à restructurer

Dans le cadre du projet présenté, les emprises terrestres du port seront dédiées aux services aux plaisanciers, aux cheminements doux et aux activités événementielles, voire à de la restauration.

Il est également prévu d'aménager des équipements complémentaires sur les terrains communaux situés face au port existant, de l'autre côté de la rue de la Compagnie des Indes. Ces deux terrains sont occupés, l'un par une école qu'il est prévu de démolir, l'autre par un parc de stationnement avec des locaux associatifs en structure légère, planté de grands filaos.

Cet aménagement est envisagé dans le cadre d'une deuxième tranche.

La zone libérée de l'autre côté de la rue de la Compagnie des Indes pourrait permettre d'accueillir des locaux commerciaux liés au nautisme ou au tourisme, des activités de restauration et un parc de stationnement relativement important.

Il est donc proposé de positionner les parkings en retrait de la zone portuaire et à proximité des voies d'accès, ce qui permet de reporter le flux automobile de la rue de la Compagnie des Indes et de libérer un vaste espace piétons paysager entre le port et les activités commerciales.

La liaison ville – port peut ainsi s'effectuer par le prolongement de la rue du Commandant Legros.

L'ensemble bâti sera homogène en termes de volumétrie, hauteur, choix des matériaux...

Un haut niveau de qualité environnementale (insertion dans le site, faible consommation énergétique, adaptation des matériaux aux ambiances marines et au climat) est visé.

3.2.1 Emprise du projet

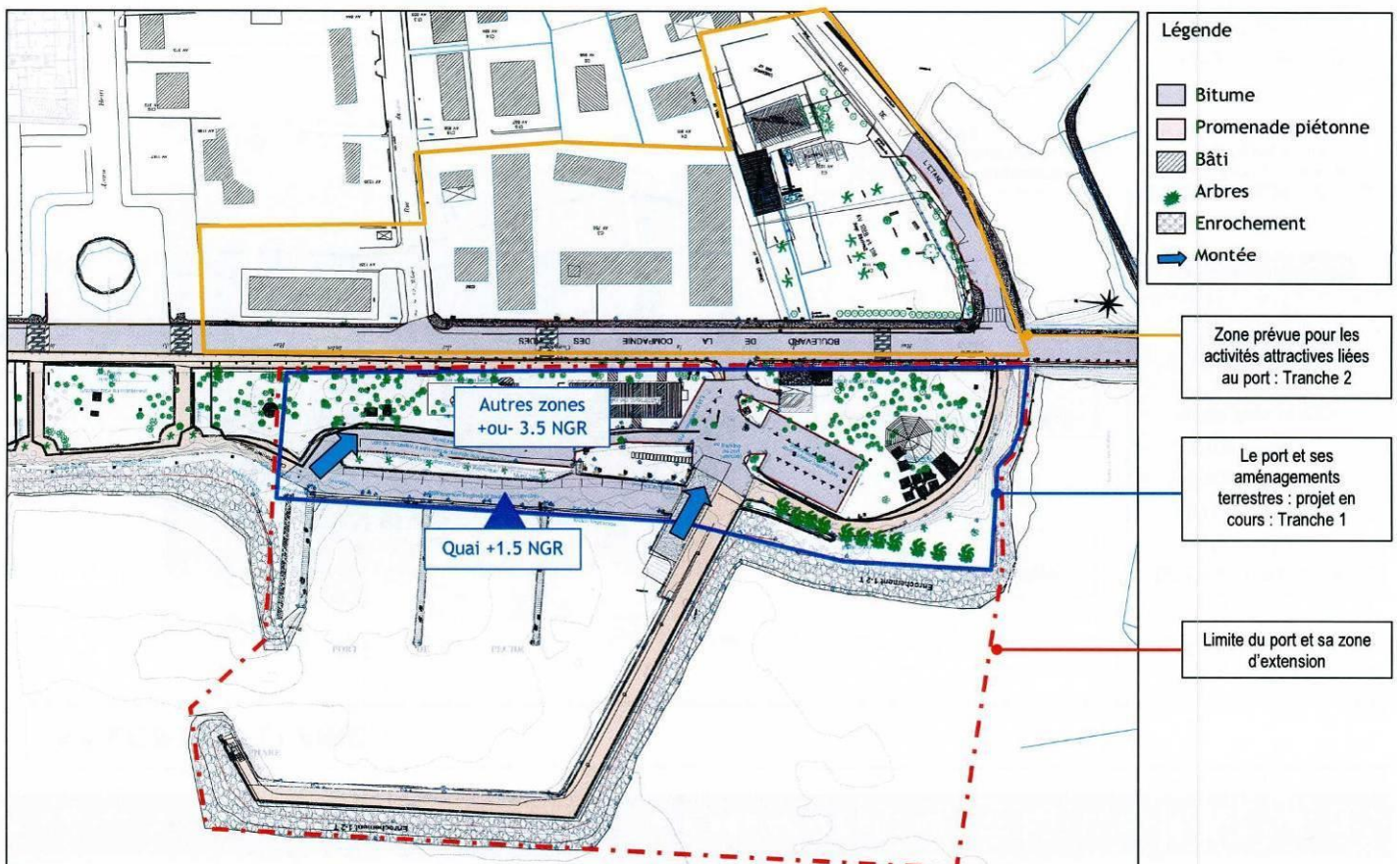


Figure 3.2 : emprise du projet global

3.2.2 Description du projet

NOTA :

Les plans datant de l'AVP élaboré par le bureau d'études EGIS font apparaître des propositions d'aménagement urbain pour le projet d'ensemble. Ceux-ci ont ensuite été affinés par un architecte spécialement missionné par la commune de Saint-Leu puis par le TCO pour la programmation architecturale et paysagère des aménagements terrestres du port.

Les différences observées pour la partie terrestre entre les plans de l'AVP d'EGIS et les plans de programmation urbaine et paysagère de l'architecte PERRIN s'expliquent par l'évolution chronologique du projet. Aujourd'hui, les documents qui prévalent pour les aménagements terrestres sont les plans les plus récents de l'architecte PERRIN.

3.2.2.1 Bilan capacitaire et économique

Le port actuel comporte 145 postes occupés à 100% selon la répartition suivante :

- 119 pour les unités de plaisance ;
- 26 pour les unités de pêche.

Le projet prévoit de porter la capacité d'accueil à 241 postes, soit 96 emplacements supplémentaires.

Le bassin de population concerné est situé sur le territoire de la commune de Saint Leu. La liste d'attente pour l'obtention d'un emplacement a été estimée en 2013 à 40 places. Cette liste d'attente est considérée comme partielle car les candidats potentiels connaissant l'impossibilité d'obtenir un anneau ne formalisent pas de demande.

Par ailleurs, cette liste a été en progression constante au cours des dernières années, de l'ordre de +14% par an.

La création de 96 places supplémentaire prévues dans le cadre du projet correspond à une évaluation des besoins de moyen terme une fois que les candidats seront informés de l'augmentation à venir de l'offre.

Comme évoqué dans la suite, l'augmentation de capacité retenue tient également compte des emprises disponibles et en particulier de la volonté de ne pas modifier le débouché des ravines du Grand et du Petit Etang.

CATEGORIE	CAPACITE ACTUELLE	DEMANDES NON FORMALISEES		DEMANDES NON FORMALISEES	DEMANDES EFFECTIVES ESTIMEES
		Liste d'attente	Évolution annuelle sur 4 ans		
Plaisance	104	40	+20	+40	+100
Pêche	26	5	+2	0	+7
Total	130	45	+2	+40	+107

Tableau 3.1 : Estimation du besoin réel (GINGER, 2012)

Il n'existe pas de politique tarifaire pour le port actuellement. Les prix moyens de location annuelle à La Réunion sont les suivants :

- 450 euros pour les bateaux de 0 - 5 m,
- 750 euros pour les bateaux de 5 - 6 m,
- 1 050 euros pour les bateaux de 8 - 10 m.

La stratégie du gestionnaire vise l'équilibre d'exploitation sur la base de cette tarification indicative en y intégrant les provisions pour le renouvellement du matériel et de certains équipements. L'équilibre d'exploitation pour le futur port pourrait être atteint en 10 ans.

A- Bilan des besoins

Les besoins identifiés en matière de bâtiments et d'infrastructures concernent :

- Une capitainerie qui accueillera les bureaux du maître de port, l'administration du port, l'accueil des usagers, l'information météo et la station radio ;
- Des locaux dédiés à l'activité de pêche (box, stockage, point de vente) ;
- Des locaux commerciaux dédiés aux activités nautiques ;
- Un espace événementiel ;
- Des locaux sanitaires ;
- Des parcs de stationnement dédiés aux usagers.

Les constructions et aménagements seront conçus dans une démarche d'offre de prestations fonctionnelles de qualité et respectueuses de leur environnement, tout en conciliant une approche économique rigoureuse.

L'atteinte de ce double objectif suppose de respecter les impératifs suivants :

- Une géométrie simple et lisible qui s'adapte aux spécificités du site (topographie, orientation) ;
- Une circulation des usagers claire et facilitée, avec un jalonnement et une signalétique adaptés ;
- Un éclairage naturel privilégié avec une orientation adaptée du rayonnement solaire afin d'assurer le confort thermique du personnel et du public;
- Une ventilation naturelle traversante en lieu et place de la climatisation mécanique ;
- Un traitement des abords qualitatif et offrant un confort et une sécurité adaptée aux usagers ;
- Un choix des équipements et matériaux reposant sur la durabilité au regard des conditions climatiques et d'ambiance, la facilité d'entretien et l'économie d'énergie ;
- Une accessibilité universelle des locaux (enfants en bas âge, personnes âgées, personnes porteuses de handicap de tout ordre...) ;
- Mise en œuvre de dispositifs d'insertion sociale pour la population locale pendant le chantier ;
- Possibilité d'évolution dans le temps des bâtiments et des équipements.

La conception du projet sera réalisée dans l'esprit du référentiel Perene 2009.

3.2.2.2

Les éléments du programme

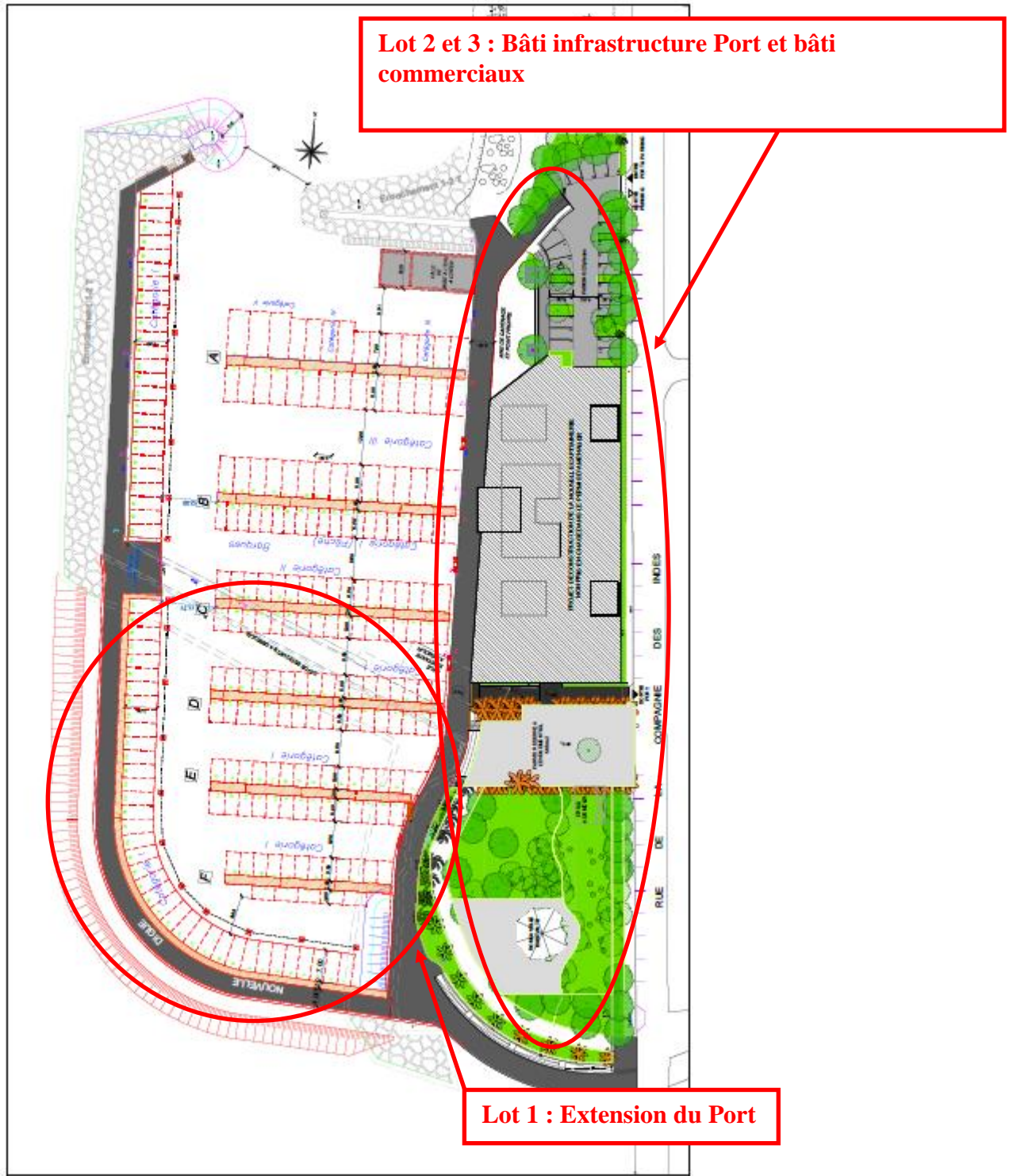


Figure 3.3 : Implantation générale (source TCO – Avril 2016)

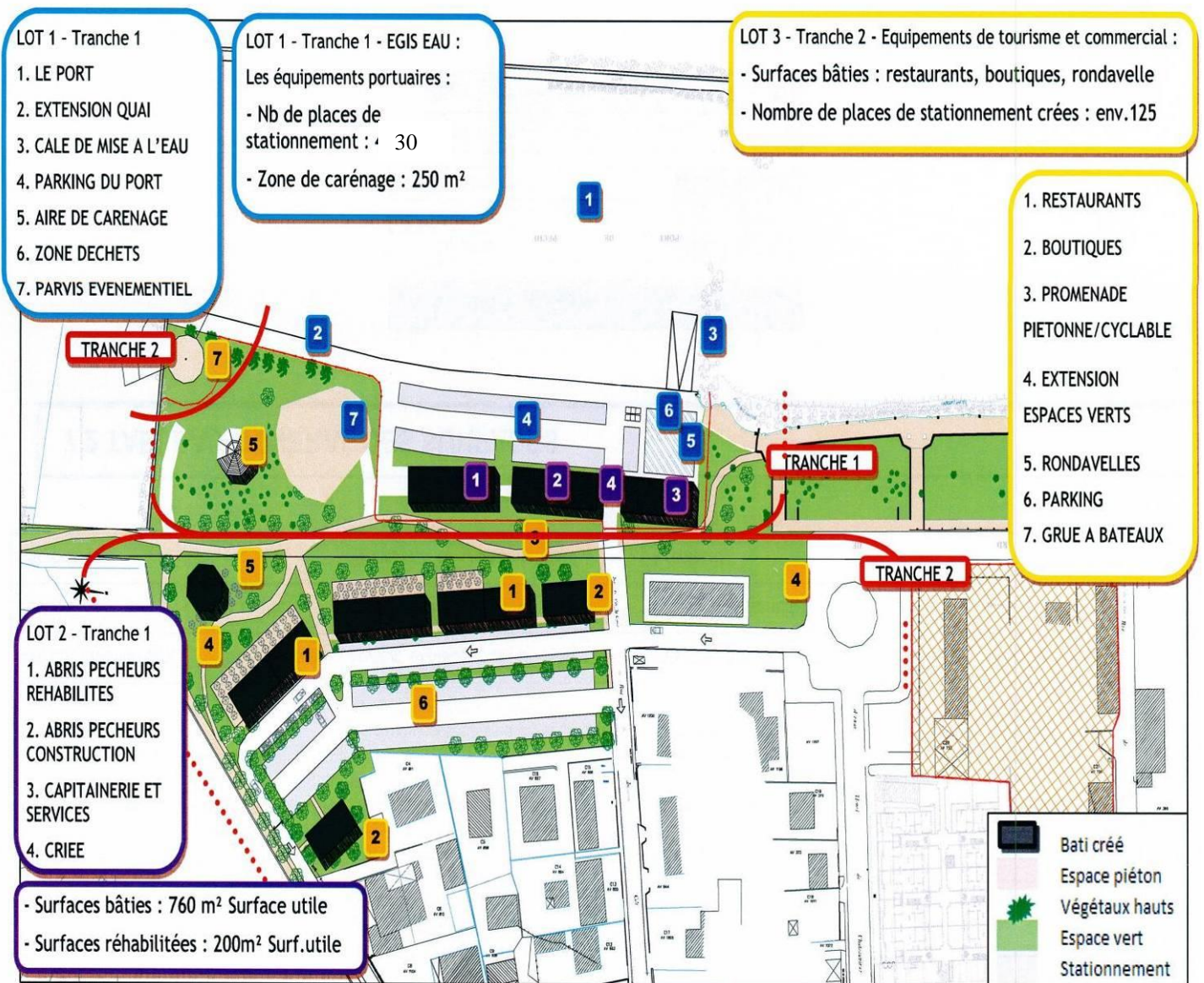


Figure 3.4 : Schéma des aménagements terrestres prévus

Les équipements portuaires du programme regroupent :

- La capitainerie sera organisée autour de bureaux avec vue directe sur le port, un espace de stockage, un espace d'accueil et d'information pour le grand public sur les activités nautiques de la zone, sensibilisation et pédagogie à l'environnement, un espace d'exposition, un espace polyvalent et des locaux commerciaux attenants en lien avec les activités nautiques et de la mer pour prestataires privés ou associatifs ;
- Un point de vente poisson au grand public de type criée ;
- La Maison des pêcheurs qui accueillera des espaces de stockage individualisés à la location, des sanitaires-douches, un local de réunion-information (type club) et des casiers de consigne (pour les adhérents n'ayant pas d'espace de stockage) ;
- Le bassin portuaire proprement dit dont l'extension au sud sera protégée par une digue en enrochements qui assurera la continuité de la digue existante ;

Les emplacements seront desservis par des appontements flottants équipés de bornes multi-services (eau, électricité) et disposant d'un accès contrôlé.

Le tirant d'eau du bassin sera augmenté afin de faciliter la circulation des bateaux dans le bassin.

L'aire de carénage sera pérennisée et délimitée avec la mise en œuvre d'une rétention et d'une collecte des eaux grises et des huiles souillées, ainsi que l'amélioration de l'éclairage et de la desserte eau et électricité.

Un point propre sera créé à proximité directe de l'aire de carénage composé d'une zone de récupération et de tri des déchets

- Les services portuaires seront renforcés par l'aménagement d'un parc de stationnement réservé aux usagers du Port et aux services de secours,
- La signalétique sera renforcée par l'installation de panneaux d'information dédiés aux usagers de la mer (conditions de navigation, réglementation, sensibilisation à l'environnement) et au grand public.

Le quai sera séparé en deux zones par un traitement de sol différencié.

La partie la plus proche de l'eau sera réservée aux piétons et aux cyclistes. Le traitement de sol rappellera celui du cheminement piéton existant, il sera accompagné de bancs, de poubelles publiques et de points d'éclairage réguliers. L'éclairage et le mobilier existant sera à déposer.

La végétation existante est principalement constituée de filaos et de badamiers. Elle sera conservée dans la mesure du possible.

Le traitement paysager prévoit :

- la création d'un espace événementiel attenant à la rondavelle existante. Cette zone évènementielle permettra l'animation du Port au travers de concerts ou autres manifestations dans un cadre paysager verdoyant. Des gradins seront réalisés dans le programme des infrastructures. Cette espace devra être engazonné, éclairé et une borne électrique sera mise en place pour permettre d'accueillir sono et rampe de spots ;
 - la création d'un large mail piétonnier de front de mer planté ;
 - la revalorisation de l'ensemble des espaces privilégiant les végétaux endémiques ;
 - la mise en lumière légère du bâtiment de la capitainerie participant à l'animation nocturne du front de mer.
- Les services portuaires seront renforcés par l'aménagement d'une zone de récupération et de tri des déchets et l'installation de panneaux d'information dédiés aux usagers de la mer (conditions de navigation, réglementation, sensibilisation à l'environnement).
 - Des équipements commerciaux et de loisirs qui entrent dans le cadre d'une 2^{ème} tranche d'aménagement de l'autre côté de la rue de la Compagnie des Indes :
 - Des restaurants avec terrasse et rondavelles de restauration,
 - Des commerces en lien avec le monde de la mer (location ou vente de matériel de pêche ou plongée, équipements nautiques...) et des établissements de tourisme,
 - Des espaces de jeux et de loisirs extérieurs (jeux pour enfants, terrains de pétanque...) et une ludothèque,
 - Des sanitaires publics.

Le réaménagement de cette zone en retrait du front de mer s'accompagnera d'une modification de la trame viaire avec notamment la requalification piétonne de la rue de la Compagnie des Indes, entre la ravine du Grand Etang et l'Hôtel des postes) et le renforcement des liaisons piétonnes avec le centre-ville.

Cette requalification permettra de créer un espace dédié à l'événementiel et d'étendre le marché forain.

Des parcs de stationnement seront aménagés aux abords des commerces, ainsi que des parcs à vélos.

Les berges de la ravine, les voies piétonnes et le mail de la rue de la Compagnie des Indes feront l'objet d'un traitement paysager soigné avec une forte végétalisation et la conservation des filaos existants. Des kiosques à pique-nique pourront également être installés.

Dans le cadre de cet aménagement, les locaux actuels de la capitainerie, des abris pêcheurs et de vente de poisson seront démolis.

Les matériaux issus de la démolition (matériaux de construction, déblais...) feront l'objet de procédures de recyclage par les entreprises en charge des travaux.

3.3 Projet d'extension du Port

Dans le cadre de la réflexion préalable sur l'aménagement, plusieurs scénarios ont été envisagés :

- création d'un port à l'intérieur des terres sous la forme d'une marina accessible par la ravine du Petit Étang ;
- création d'un port à sec ;
- extension du port en mer ;
- extension du port en mer avec éco-conception.

3.3.1 Comparaison des variantes

L'extension du Port participe d'une démarche d'aménagement plus globale du front de mer de la ville de Saint Leu :

- L'ouverture du centre urbain sur la mer ;
- La requalification du front de mer et sa réaffectation aux modes de déplacement doux ;
- Un développement touristique et économique de la ville s'appuyant sur les activités nautiques.

Cette extension passe par l'augmentation de l'offre d'emplacements pour les bateaux et l'affectation de nouveaux espaces terrestres pour les activités associées.

Une 1^{ère} solution alternative à l'extension en mer du bassin portuaire actuel consiste en l'aménagement d'un port à l'intérieur des terres sous la forme d'une marina accessible par la ravine du Petit Étang.

Le site envisagé est le stade sportif situé en rive droite de la ravine du Grand Etang.

Cette solution se heurte aux contraintes suivantes :

- Le foncier nécessaire pour cet aménagement est évalué à 23 hectares d'un seul tenant, soit 16,5% du foncier du centre-ville qui est lui-même contraint par la topographie, le lagon et les ravines ;

L'emprise nécessaire représente donc une part démesurée du foncier du centre-ville et serait susceptible d'affecter l'harmonie de l'hyper-centre autour de sa trame viaire et de ses atouts patrimoniaux.

Cet aménagement suppose également de délocaliser les installations sportives.

- Le tirant d'air sous les ponts (inférieur à 1,65 m) et le tirant d'eau dans la ravine (de l'ordre de 0,5 m) nécessitent pour assurer la circulation nautique de réaliser un dragage très significatif de la ravine (de l'ordre de 1 m) et un réhaussement du tablier des ponts qui s'avère techniquement très délicat au regard de la densité de construction autour des ouvrages (aménagement d'un point mobile).

Ce scénario d'aménagement présente donc des contraintes foncières, urbanistiques et techniques très lourdes qui nécessitent de reconfigurer entièrement les abords de la ravine du Grand Etang et représentent des investissements inabordables pour la Collectivité.

Il est également à attendre des coûts d'exploitation très importants en raison des travaux de dragage à réaliser de façon annuelle.

Il se caractérise également par un impact environnemental sensible sur la ravine du Grand Etang.

LES CONTRAINTES LIEES A LA MARINA TYPE PORTUAIRE



CONTRAINTES TECHNIQUES :

- ❗ **Contraintes liées aux ravines Grand Etang et Petit étang.**
- ❗ **Contraintes liées aux ouvrages de franchissement de la Ravine**
(Pont de la RN11 & Pont de la compagnie des Indes (front de mer))
- ❗ **Contraintes liées à la marée :**
 - Influence de la marée sur les tirants d'eau
 - Influence de la marée sur les tirants d'air
- ❗ **Contraintes liées aux surcotes**
- ❗ **Contraintes liées aux agitations dans le lagon**
(Résultant essentiellement des houles du large)
- ➡ **Contraintes liées aux courants**
(Résultant de la marée et du déferlement des vagues)

Contraintes Géotechniques

CONTRAINTES REGLEMENTAIRES :

Règlements nationaux:

- Etude d'impact sur l'environnement
- Enquête publique
- Demande d'autorisation préfectorale au titre du Code de l'Environnement
- Dossier Installation classée pour la Protection de l'Environnement
- Délimitation du périmètre portuaire

Règlements locaux:

- Mise en conformité du PLU
- Demande de concession du Domaine Public Maritime
- Demande d'autorisation de travaux dans la Réserve Naturelle Marine
- Mise à jour du Plan de Prévention des Risques d'Inondations
- Inscription du projet au futur SAR/SMVM
- Prise en compte de l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France

Figure 3.5 : Les contraintes techniques et réglementaires liées à la Marina

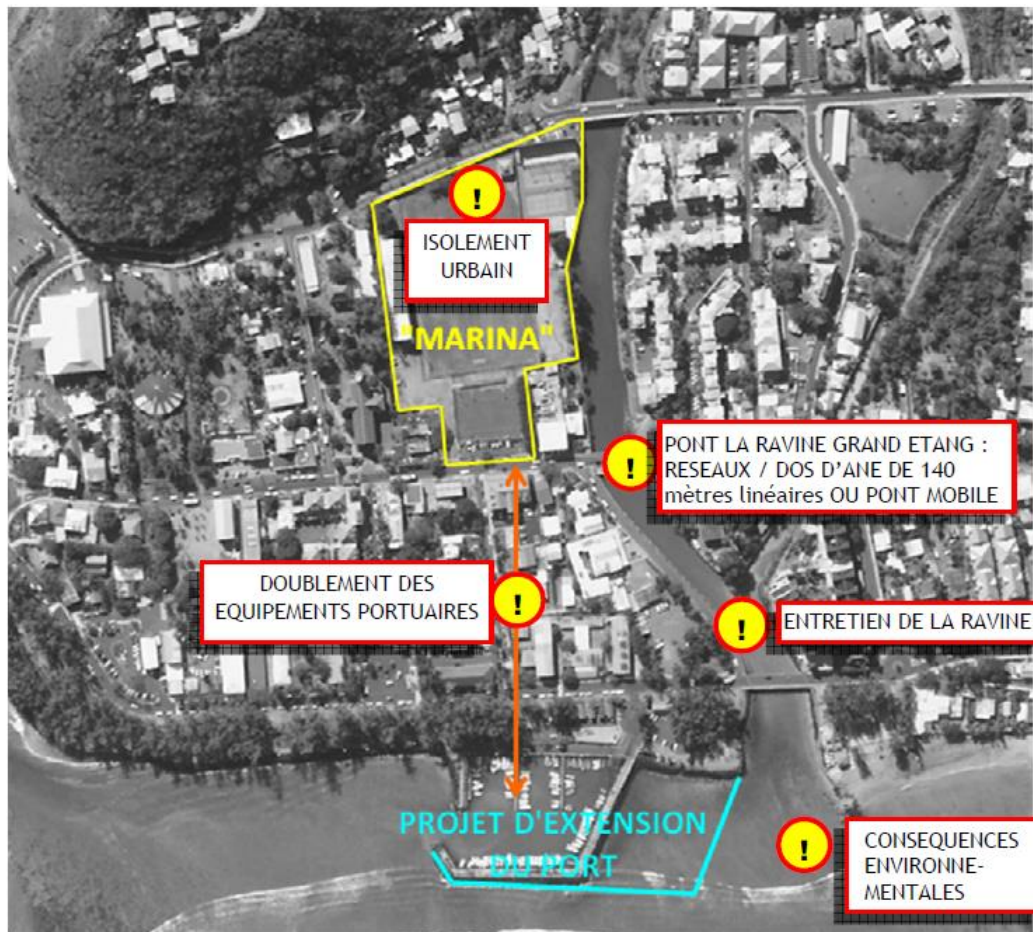


Figure 3.6 : Synthèse des contraintes

Le 2^{ème} scénario d'aménagement consiste à aménager un port à sec.

Cette solution pose là encore le problème du foncier terrestre disponible à proximité immédiate du port actuel.

Par ailleurs, il est à craindre que les conflits d'usages sur l'espace public entre d'une part les manœuvres des bateaux stockés sur le port à sec et d'autre part le mail de promenade de la rue de la Compagnie des Indes, ne perturbent fortement l'attractivité du site, voire présentent un caractère de danger.

Et ce, d'autant qu'un port à sec ne présente d'intérêt que sur le plan fonctionnel (stockage des bateaux). Il n'a pas la fonction de vitrine touristique, voire d'élément patrimonial d'un bassin de vie, que peut assurer un port à flot qui se prête à la déambulation le long des quais et autour duquel peuvent être organisés des manifestations et spectacles événementiels.

Cette solution engendre donc également des contraintes techniques et foncières très fortes.

Elle nécessite également un traitement paysager très soigné pour assurer l'intégration de la superstructure du port à sec qui présente un impact visuel important dans un ensemble bâti environnant de faible hauteur.



Figure 3.7 : Synthèse des contraintes liées au Port à sec : scénario n°1

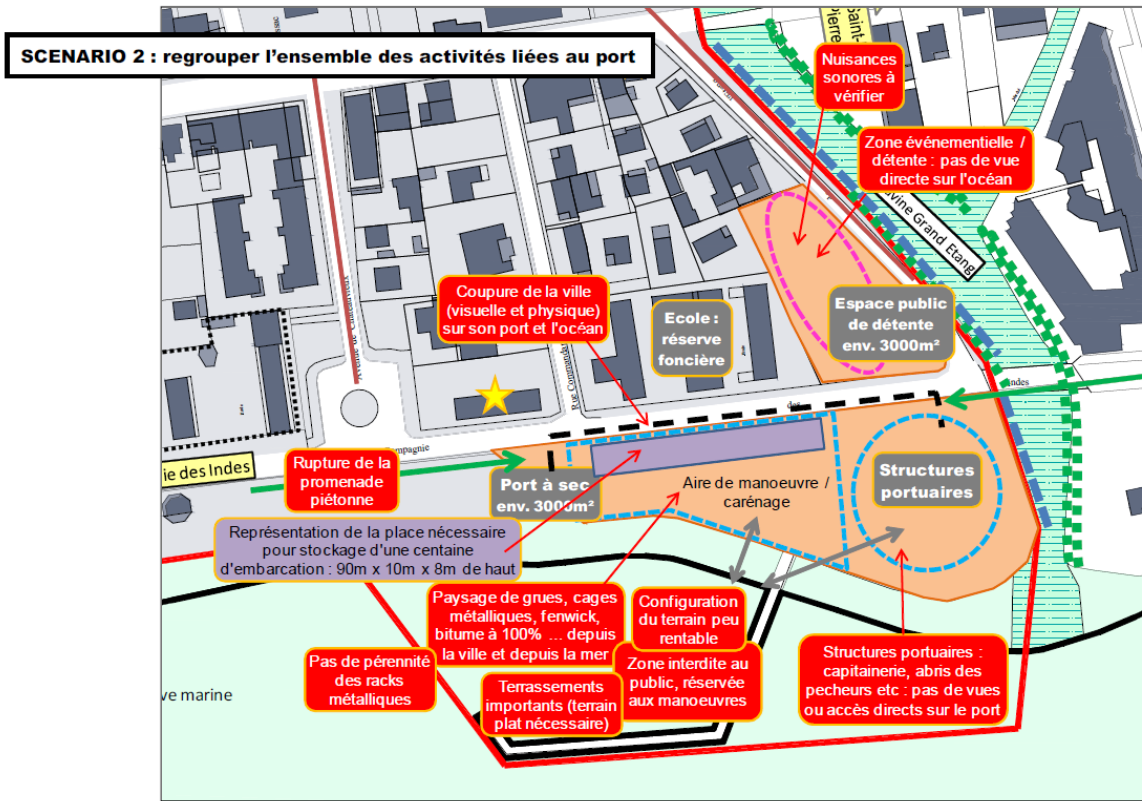


Figure 3.8 : Synthèse des contraintes liées au Port à sec : scénario n°2

Exemple d'un port à sec : Marseillan (34) : Impact visuel / Aménagements nécessaires



- Ce port a intégré un service d'hivernage à sec.
- Port à sec de 350 places pour bateaux de plaisance,
 - Places de stationnement temporaire à flot,
 - 3 Élévateurs de 9 et 12T, 1 Grue,
 - 1 Rampe de levage automatisée
 - 1 Port à sec automatique Phar'O



Figure 3.9 : Exemple de port à sec

Face à ces contraintes jugées rédhibitoires, le scénario d'aménagement d'une extension du bassin à flot ne présente pas d'inconvénient foncier ni technique car ne nécessite pas d'intervention dans le lit de la ravine.

Par ailleurs, cette alternative permettrait de doter la ville de Saint Leu d'un équipement portuaire cohérent et modernisé, qui de fait le rendrait attractif et participerait au développement économique et touristiques de la ville, tout en permettant aux saints leusiens de se réapproprier leur front de mer.

Ce scénario d'aménagement présente toutefois des enjeux très forts sur le plan environnemental vis-à-vis des écosystèmes récifaux et de la faune marine qui nécessitent d'apporter des solutions compensatoires spécifiques.

C'est pourquoi, la réflexion sur le parti d'aménagement a évolué progressivement vers la mise en œuvre de dispositifs répondant à cet impératif.

Ces dispositifs comprennent la mise en œuvre d'une démarche ambitieuse de sensibilisation des usagers de la mer et de la plage aux enjeux de la faune marine et aux dangers de la navigation de plaisance (risques de collision...).

Ils intègrent également des mesures de réduction des enjeux fortes en phase chantier que ce soit en termes de planification des travaux (adaptation aux périodes de passages des baleines à bosse et de reproduction des tortues marines), de limitation des nuisances sonores du chantier ou de rétention des pollutions turbides.

Ils reposent enfin sur la mise en place de techniques d'éco-conception des ouvrages portuaires (digues de protection, quais, appontements) qui favorisent la reconstitution des habitats de l'éco-système, notamment pour ce qui concerne les juvéniles.

Les deux premiers scénarios ont donc progressivement été écartés car ils présentent des contraintes foncières insolubles. Le projet de marina nécessite des aménagements techniques qui ont un impact financier inacceptable pour la Collectivité.


Le projet d'extension en mer s'est donc imposé comme la solution à privilégier. Au regard des enjeux environnementaux très forts et de la politique de développement touristique durable impulsée par la commune de Saint Leu et du T.C.O, un 4ème scénario incluant des mesures de réduction fortes des impacts et l'intégration de solutions techniques d'éco-conception adaptées aux ouvrages portuaires (voir chapitre 3.3.1) a été retenu.

L'analyse multicritères pour les 4 alternatives figure sur le tableau page suivante.

Variantes	Réglementation	Technique	Impact environnemental global	Foncier	Qualité de l'aménagement paysager	Economie et tourisme
	Contrainte	Contrainte	Destruction / Perturbation d'espèces et d'habitats	Contrainte	Intégration et utilisation	Dynamique de développement
Marina	Très Forte : réalisation d'une enquête publique avec étude d'impact et d'une DUP avec expropriation. réalisation des autorisations pour les ouvrages à créer...	Très Forte : réalisation d'un nouveau port, démolition de l'ancien, modifications de pont pour permettre l'accès à la Marina, creusement du chenal d'accès ravine Petit etang...	Très Forte : perturbation voire destruction des espèces piscicoles éventuellement présentes dans la ravine Petit Etang, démolition éventuelle de l'ancien Port qui engendrerait des perturbations sur le lagon (faune marine comprenant des espèces protégées et récif corallien)	Très Forte : aménagements à l'intérieur de la commune de Saint Leu qui nécessitent une acquisition foncière importante	Bonne : intégration paysagère du site, choix des couleurs, des matériaux et du mobilier urbain, mais isolement urbain et doublement des équipements portuaires	Forte : intégration de la Marina dans le centre ville, économie dynamisée mais isolement urbain
Port à sec	Très Forte : réalisation d'une enquête publique avec étude d'impact et d'une DUP avec expropriation. Réalisation des autorisations pour les ouvrages à créer...	Très Forte : réalisation d'un nouveau port, démolition de l'ancien, modifications de pont pour permettre l'accès au port à sec, creusement du chenal d'accès ravine Petit etang, réalisation d'une écluse...	Très Forte : perturbation voire destruction des espèces piscicoles éventuellement présentes dans la ravine Petit Etang, démolition de l'ancien Port qui engendrerait des perturbations sur le lagon (faune marine comprenant des espèces protégées et récif corallien)	Très Forte : aménagements à l'intérieur de la commune de Saint Leu qui nécessitent une acquisition foncière importante	Mauvaise : Les ports à sec ne sont pas attractifs, fort impact des bateaux hors d'eau, perte du caractère naturel	Faible : Un port à sec n'est pas attractif et ne permettra pas un développement significatif du tourisme. Seules les activités nautiques pourront éventuellement se développer avec l'augmentation du nombre d'anneaux.
Port en mer	Forte : réalisation d'une enquête publique avec étude d'impact. Réalisation des dossiers d'autorisation. Réalisation des dossiers de dérogation espèces protégées	Moyenne : extension du Port, travaux en eau	Forte : perturbations sur le lagon (faune marine comprenant des espèces protégées et récif corallien)	Faible : pas d'acquisition foncière	Bonne : intégration paysagère du site, choix des couleurs, des matériaux et du mobilier urbain, végétalisation du site soignée	Forte : réappropriation du front de mer par les habitants de saint Leu et les touristes, économie et tourisme dynamisé
Port en mer avec éco conception	Forte : réalisation d'une enquête publique avec étude d'impact. Réalisation des dossiers d'autorisation. Réalisation des dossiers de dérogation espèces protégées	Moyenne : extension du Port, travaux en eau, dispositif éco conception	Moyenne : perturbations sur le lagon (faune marine comprenant des espèces protégées et récif corallien) mais mise en place de mesures compensatoires et réductrices comprenant l'éco conception du Port	Faible : pas d'acquisition foncière	Bonne : intégration paysagère du site, choix des couleurs, des matériaux et du mobilier urbain, végétalisation du site soignée	Forte : réappropriation du front de mer par les habitants de saint Leu et les touristes, économie et tourisme dynamisé. Développement durable du tourisme avec l'éco conception du Port. Adhésion à la politique de développement de la commune.

Tableau 3.2 : Comparaison des variantes analysées pour le projet d'extension du Port de la commune de Saint leu

3.3.2 Description des aménagements

 Rapport AVP + Dossier de plans réalisé par le groupement EGIS EAU / EMO / YCP / NEO - Avril 2010.

3.3.2.1 Organisation fonctionnelle du plan d'eau

A- Organisation et capacité d'accueil actuelles du port

Le port actuellement saturé abrite de petites embarcations (à faible tirant d'eau du fait de la limite imposée par la profondeur du chenal curé à -1,1 m NGR en 2000). Il a une capacité d'accueil de 145 places.

La flottille se compose essentiellement de canots traditionnels en bois d'environ 5.5 mètres et de barques, le plus souvent à fond plat, de gabarit 4,80 à 8 mètres, ainsi qu'un navire de 10 mètres destiné à la plongée.

Ces embarcations sont pour la plupart utilisés à des fins de pêche professionnelle ou de loisirs ou à de la plongée sous-marine aux abords immédiats de la côte.

On recensait en 2013 une trentaine de professionnels de la pêche à Saint Leu (inscrits au registre des Affaires Maritimes) et clubs de plongée.

Le plan d'eau est organisé de la manière suivante :

- Quai Sud + Quai ouest réservés aux pêcheurs professionnels (20 unités) - Zodiac et clubs de plongée (6 unités) ;
- Quai Est + les deux pontons : 119 plaisanciers.

A noter que le plan masse portuaire défini dans le cadre des travaux de réaménagement du port en 2000 prévoyait 135 anneaux répartis conformément au plan suivant :

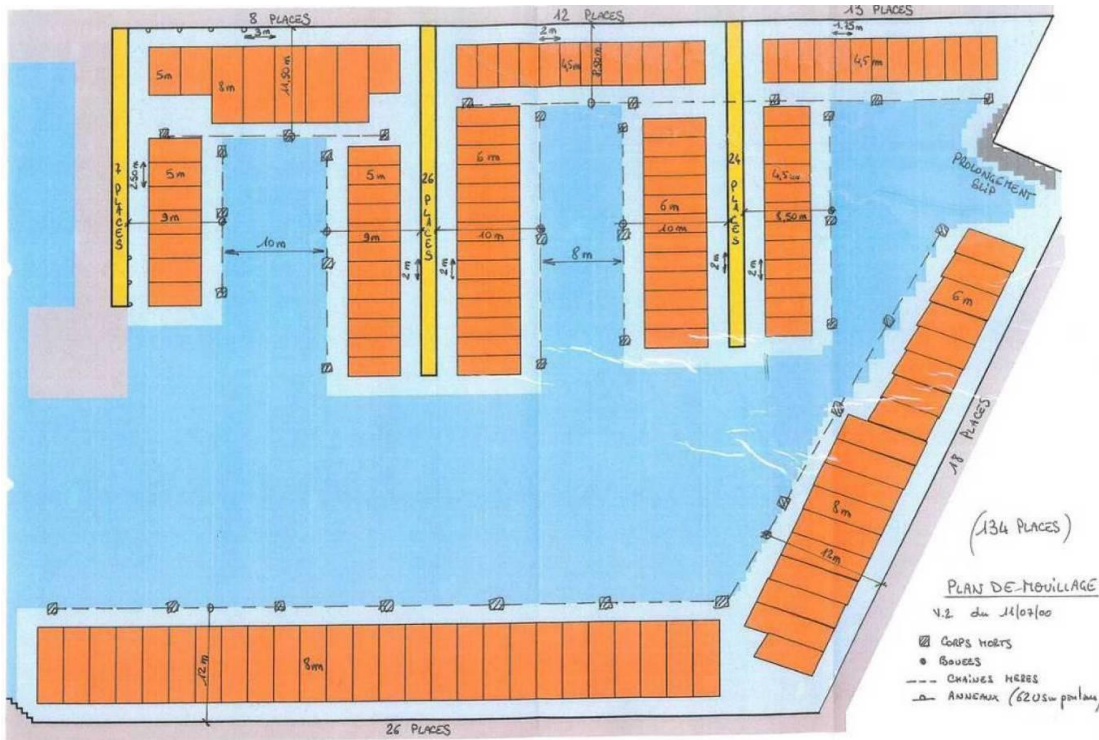


Figure 3.10 : Plan de mouillage

B- Organisation et capacité d'accueil futures du port

Les principes généraux de cette nouvelle organisation portuaire sont les suivants :

- Une extension du plan d'eau portuaire vers la ravine sans empiéter dans son lit avec un déplacement de la digue de protection actuelle ;
- Une réorganisation du plan d'eau destinée à en améliorer la fonctionnalité (amélioration des conditions de circulation, déplacement de la rampe de mise à l'eau à l'entrée du port, regroupement des bateaux par catégorie, adaptation des dimensions des postes aux divers types de bateaux) ;

Cette réorganisation permet également d'offrir des espaces spécifiques aux différents usages (pêche, plaisance, loisirs) ;

- Une extension d'environ 5 m de la digue principale afin d'améliorer les conditions d'agitation du plan d'eau et ainsi renforcer le confort et la sécurité des usagers ;
- La mise en place d'appontements flottants (en lieu et place des existants) qui offrent un confort d'utilisation supérieur, une meilleure intégration paysagère et une souplesse accrue dans la gestion de l'espace portuaire ;

- Un amarrage sur catways qui permet un meilleur maintien à poste des embarcations et une adaptation de la largeur des postes aux bateaux (souplesse pour le remplissage du bassin à flot).

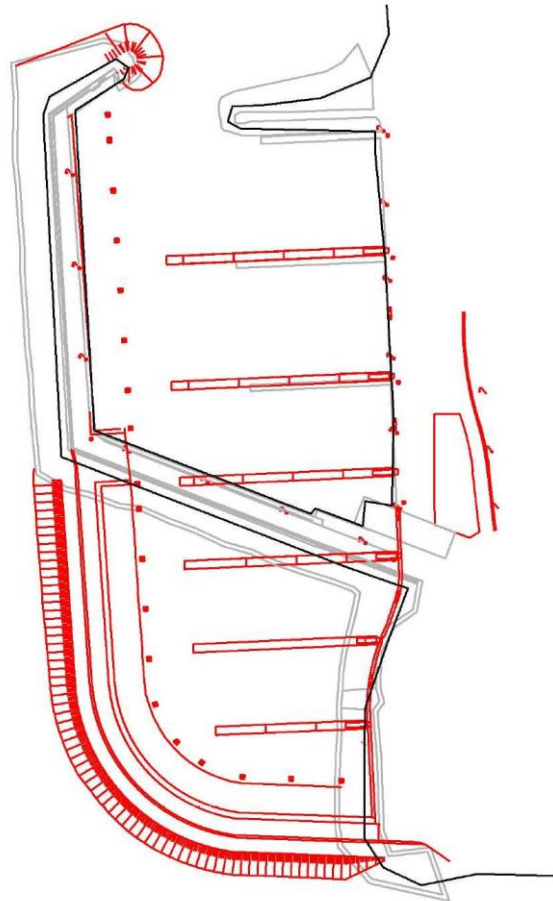


Figure 3.11 : Plan de masse de l'existant et des aménagements prévus

Les emplacements et les espaces de navigation à l'intérieur du bassin à flot sont dimensionnés conformément aux règles de l'art.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques de la nouvelle organisation portuaire en ce qui concerne la flotte, les espaces de navigation, les postes et le type d'amarrage.

Dimensions hors tout du bateau			Dimensions du poste		Nombre de postes	% de la flotte	Type d'amarrage	Usage potentiel	Localisation	Dimension chenal	Distance entre appointements	
Longueur maxi (m)	Largeur maxi (m)	Catégorie	Longueur (m)	Largeur (m)								
4,5	2,5	1	5	3	97	40%	Catways	Plaisance	C sud D E F	8	18	
5,5	2	1	6	2,5	21	9%	Catways	Pêche (barques)	B sud	9	21	
5	2,5	1	7	3	62	26%	Chaînes et corps morts	Plaisance / pêche	Quai digue	9 à 12 m	-	
5,5	2,5	2	6	3	17	7%	Catways sur ponton	Plaisance / pêche	C	9	21	
6,5	3	3	7	3,5	7	3%	Catways	Pêche / plaisance / Accueil visiteurs	A	-	-	
7,5	3	3	8	3,5	30	12%		Pêche / plaisance	A B	12	28	
8	3	4	9	3,5	4	2%		Tous	A	-	-	
10	4	5	11	4,5	3	1%		Professionnel de loisirs (plongée...) / Accueil visiteurs	A	-	-	
TOTAL					241	100%						

Tableau 3.3 : Organisation du futur port

Nota : cette répartition est donnée à titre indicatif. L'exploitant a la possibilité de l'adapter au jour le jour en fonction de la demande, sous réserve de respecter les règles de l'art.

3.3.2.2 Eco-conception portuaire

L'éco-conception portuaire consiste à intégrer aux ouvrages maritimes des habitats artificiels pour la faune marine afin de soutenir la biodiversité et le renouvellement des ressources marines.

Le coût des habitats artificiels a été intégré au montant global des travaux.

Au-delà des dispositifs d'ores et déjà retenus dans le cadre du projet, le TCO se réserve la possibilité d'associer des porteurs de projet partenaires susceptibles de proposer des prototypes supplémentaires à des fins de recherche.

En outre, des démarches de communication autour du thème de l'écologie de type « classes à projet d'action culturelle » seront engagées à destination des écoles.

L'éco-conception portuaire est une démarche récente en France qui à ce jour n'a concerné qu'un nombre restreint de projets.

3.3.2.3 Point propre

Là encore, le TCO et la commune de Saint Leu affichent leur volonté de réaliser un projet respectueux de son environnement et inscrit dans une dynamique de développement économique et touristique durable.

Un espace spécifique dédié à la récupération des déchets portuaires sera donc aménagé dans l'enceinte portuaire. Il pourra être implanté à proximité de l'aire de carénage.

Ce local pourra contenir :

- Un poste de récupération des produits toxiques ;
- Une cuve de récupération des huiles ;
- Un conteneur pour les bidons d'huile ;
- Une colonne pour les piles ;
- Un bac pour les batteries ;
- Un conteneur pour les fusées de détresse usagées ;
- Une caisse pour les palettes ;
- Un fût avec couvercle pour le stockage des filtres ;
- Un bac de stockage des cartons ;
- Une armoire de récupération des fûts ;
- Une benne ouverte pour le tout-venant ;
- Une benne fermée étanche pour la récupération des déchets souillés (pots de peinture, pinceaux etc.) ;
- Des équipements de sécurité ;
- Des équipements pour la gestion des pollutions portuaires accidentelles.

Un diagnostic spécifique conforme à la labellisation « Port propre » sera réalisé durant les études de conception détaillées afin :

- d'établir un diagnostic qualitatif et quantitatif précis des pollutions et déchets générés actuellement par le port ;
- de préciser l'organisation du local déchets et son dimensionnement, et vérifier la cohérence de son implantation au regard des cheminements autour du bassin ;
- de préciser le mode de collecte et de tri des déchets portuaires.

3.3.2.4 Digue de protection

La digue de protection existante est constituée d'enrochements de 1 à 2 tonnes.

Si on prend en compte dans les calculs de dimensionnement une surélévation du niveau des océans de 0,5 m, ce dimensionnement n'est plus conforme.

L'étude d'agitation réalisée dans le cadre des études d'Avant-Projet montre des hauteurs significatives de houle pour une période de retour centennale en pied de digue qui varient entre 1,2 m à l'enracinement de la nouvelle digue Sud à l'embouchure de la ravine et 2,8 m au niveau du raccordement avec la digue existante.

Le pré-dimensionnement de la carapace de la digue a conclu sur l'utilisation d'enrochements de 2 à 3 tonnes disposés en talus bicouche avec une pente de 3 Horizontal pour 2 Vertical.

Ce dimensionnement permet d'envisager une réduction du risque de dommages pour un épisode centennal dans un rapport de 1 à 5 par rapport à la digue actuelle.

Le talus sera arasé à la cote 2.2 m NGR et une berme de 3,5 m de largeur pour la récupération des eaux de franchissement sera aménagée. La carapace sera butée en pied dans le terrain naturel (zone d'affleurements).

Si les investigations géotechniques à réaliser à l'occasion des études détaillées montrent que le substrat dur est en certains endroits plus profonds, une alternative de butée de pied sera alors proposée de type enrochements ensouillés dans les sédiments meubles du fond. Le haut de carapace s'appuiera sur un mur en moellons comme pour la digue existante.

Un dalot sera intégré dans le corps de digue. Il favorisera les échanges d'eau avec le lagon et donc le renouvellement des eaux du futur bassin portuaire. Ce dalot sera situé au-dessus des fonds afin d'éviter la pénétration de sédiments dans le port par charriage. Il pourra être fermé par l'insertion d'une plaque métallique côté port s'il s'avère que sa présence n'est pas nécessaire pour un avivement satisfaisant des eaux portuaires ou qu'il favorise, malgré les protections prises, l'ensablement du port.

Côté bassin portuaire, la digue sera munie d'un quai présentant une double plate-forme :

- Une plateforme en béton désactivé de largeur 4 m à la cote d'environ 1,5 m NGR ;
- Une plateforme plus basse de largeur 1,5 m revêtue d'un platelage en bois ou matériau de synthèse du même type que celui des pontons.

La plateforme supérieure accueillera les bornes de distribution d'eau et d'électricité. La plateforme inférieure sera équipée de défenses, de taquets d'amarrage, d'extincteurs, de bouées de sauvetage et d'échelles de sécurité.

Le parement visible entre les deux plateformes sera traité sur le plan architectural (par exemple béton matricé ou pierres sèches).

Les bateaux occupant les nouveaux postes créés le long de la future digue seront amarrés d'un côté sur le quai et de l'autre sur une ligne de mouillage (bouée, chaîne et corps mort) à l'instar du mouillage dans le bassin à flot actuel.

3.3.2.5 Extension du bassin et dragage

A- Cotes de dragage

Les cotes de dragage ont été arrêtées :

- A -1,8 m NGR pour le futur bassin ;
- A -1,8 m NGR et -1,4 m NGR pour le bassin existant

La partie centrale du port pourra être sur-creusée à -1,8 m NGR afin de constituer un piège à sédiments. Ce dragage complémentaire sera interrompu à 10 m de tout ouvrage existant (digue ou quai) et aucun dragage ne sera effectué à moins de 1,5 m du pied des ouvrages existants.

Le pied des ouvrages existants sera rechargé avec de petits enrochements de 10 à 50 kg pour prévenir toute érosion régressive ou affouillement.

Nota :

Le chenal existant a été établi en 2000 à la cote -1,1 m NGR. Le tirant d'eau des embarcations est donc limité par cette contrainte plus que par le tirant d'eau disponible dans le port.

Le bassin portuaire doit toutefois être dragué plus profondément que le chenal pour les raisons suivantes :

- assurer la sécurité des bateaux pendant les épisodes de fortes houles qui se caractérisent par des oscillations importantes du plan d'eau (en lien direct avec le niveau d'eau dans le lagon) auxquelles s'ajoute le clapot ;
- conserver une réserve pour la sédimentation dans le port permettant d'espacer dans le temps les opérations de curage du port.

B- Méthodologie de dragage

La méthodologie de dragage est détaillée au chapitre 5.2.2.1.

La définition de la méthodologie de dragage du bassin existant et de son extension nécessite des études techniques approfondies non disponibles à ce stade.

Les modalités de dragage devront toutefois respecter un cahier des charges rigoureux dans le but de réduire au maximum :

- les émissions turbides dans le lagon et donc l'impact du dragage sur l'écosystème marin ;
- la teneur en eau des matériaux à transporter.

Le dragage du port pendant la phase d'exploitation pourra être réalisé à la pelle hydraulique placée sur une barge. La pelle hydraulique équipée d'un grappin de décharge ou d'un godet dépose les sédiments dans un chaland accolé ou ponton.

Les matériaux de dragage seront transportés vers des carrières agréées pour le stockage et le traitement des matériaux salés.



Grappin de décharge



Godet

Figure 3.12 : Exemple de grappin de décharge et de godet pouvant être utilisés pour le dragage



Pelle mécanique sur barge

Figure 3.13 : Pelle mécanique sur barge

a- Bassin à flot futur

La zone d'extension sera draguée après la construction de la nouvelle digue de protection et avant la démolition de la digue de protection existante. Ce dragage aura donc lieu en milieu confiné sans aucun contact avec les eaux du lagon.

Ce nouveau bassin isolé du lagon pourra également être utilisé comme bassin de ressuyage si nécessaire.

Le futur bassin sera établi à la cote -1,8 m NGR à l'aide d'une pelle hydraulique ou d'un brise roche hydraulique (BRH).

b- Bassin à flot actuel

Les deux principales méthodologies de dragage qui pourront être mises en œuvre sont :

- le dragage mécanique par pelle (ou dragline) depuis les berges ou un support nautique ;
- le dragage hydraulique à l'aide d'une pompe à sédiments suspendue à une grue ou munie d'une conduite d'aspiration guidée par des plongeurs.

Si un horizon rocheux est rencontré avant d'atteindre la cote -1,8 m NGR, il sera terrassé à la pelle ou au BRH.

C- Devenir des matériaux de dragage**a- Aire de ressuyage**

L'ensemble des matériaux humides déblayés seront stockés de façon temporaire sur une aire proche du bassin à flot.

Cette aire de ressuyage sera équipée :

- D'une étanchéité pour ne pas polluer la nappe. L'étanchéité pourra être de type géo-membranes protégées par géotextiles anti poinçonnement ;
- D'un dispositif de drainage en fond de bassin de type drains PVC protégés par géotextiles pour éviter leur colmatage. Ces drains seront intégrés dans une couche de cailloux 20/40 ;
- De fosses de récupération des eaux ;
- D'un dispositif filtrant des eaux avant rejet de type bottes de paille et géotextile de filtration dont les paramètres d'ouverture seront calés sur la plus faible partie de la courbe granulométrique moyenne des sables extraits.

Les matériaux de dragage seront ressuyés puis transportés vers des carrières agréées pour le stockage et le traitement des matériaux salés.

b- Bassin futur

Les matériaux de dragage de l'extension seront essentiellement constitués de débris rocheux et coralliens, de sable, de galets et de blocs.

Les sables (fraction minoritaire) pourront être réutilisés en rechargement de plage avec l'accord du gestionnaire du Domaine Public Maritime. Les débris rocheux, galets et blocs seront évacués en carrière pour valorisation (concassage) ou réutilisés directement sur site en remblais ou à défaut évacués en décharge (remblaiement de décharge).

c- Bassin à flot actuel

Les caractéristiques des sédiments à draguer dans le bassin à flot actuel sont les suivantes :

N° des analyses	N° des échantillons	Classification de la granulométrie en %								
		< 2 µm	2-10 µm	10-63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	0.5-1 mm	1-2 mm	> 2 mm
11E026486-001	GRANU 1	0,22	0,98	1,00	0,37	1,73	25,34	33,96	36,37	0,00
11E026486-002	GRANU 2	0,29	1,34	1,42	0,49	1,45	21,00	36,48	36,52	0,00
11E026486-003	GRANU 3	0,49	2,42	3,22	1,01	1,98	11,29	33,64	45,99	0,00
11E026486-004	GRANU 4	0,18	0,89	1,00	0,29	0,69	7,48	45,94	42,55	0,00
11E026486-005	GRANU 5	0,02	0,19	0,38	0,26	1,87	18,21	39,56	39,48	0,00
11E026486-006	GRANU 6	0,54	2,57	2,04	0,94	6,99	29,69	32,04	24,09	0,00
11E026486-007	GRANU 7	0,46	1,59	1,74	0,89	8,25	28,74	28,66	29,64	0,00
11E026486-008	GRANU 8	0,17	0,83	0,98	0,50	5,01	39,66	27,79	25,06	0,00
11E026486-009	GRANU 9	0,11	1,39	3,07	1,53	1,70	2,39	11,08	78,61	0,00
11E026486-010	GRANU 10	0,55	2,48	2,16	0,84	4,61	25,09	36,66	27,60	0,00
11E026486-011	GRANU 11	0,65	2,41	3,13	5,46	22,77	41,28	17,40	6,86	0,00
11E026486-012	GRANU 12	0,52	1,94	1,87	0,55	2,67	20,95	30,38	41,10	0,00
11E026486-013	GRANU 13	0,20	0,89	0,86	0,41	4,34	39,00	35,69	18,62	0,00
11E026486-014	GRANU 14	0,47	1,98	3,24	1,28	4,53	19,32	33,29	35,88	0,00
11E026486-015	GRANU 15	0,27	1,33	1,49	0,55	3,10	16,36	32,29	44,64	0,00

Tableau 3.4 : Granulométrie réalisée sur l'ensemble des prélèvements (source : annexe 13 - Prélèvements de sédiments – rapport d'intervention – CITS – 2011)

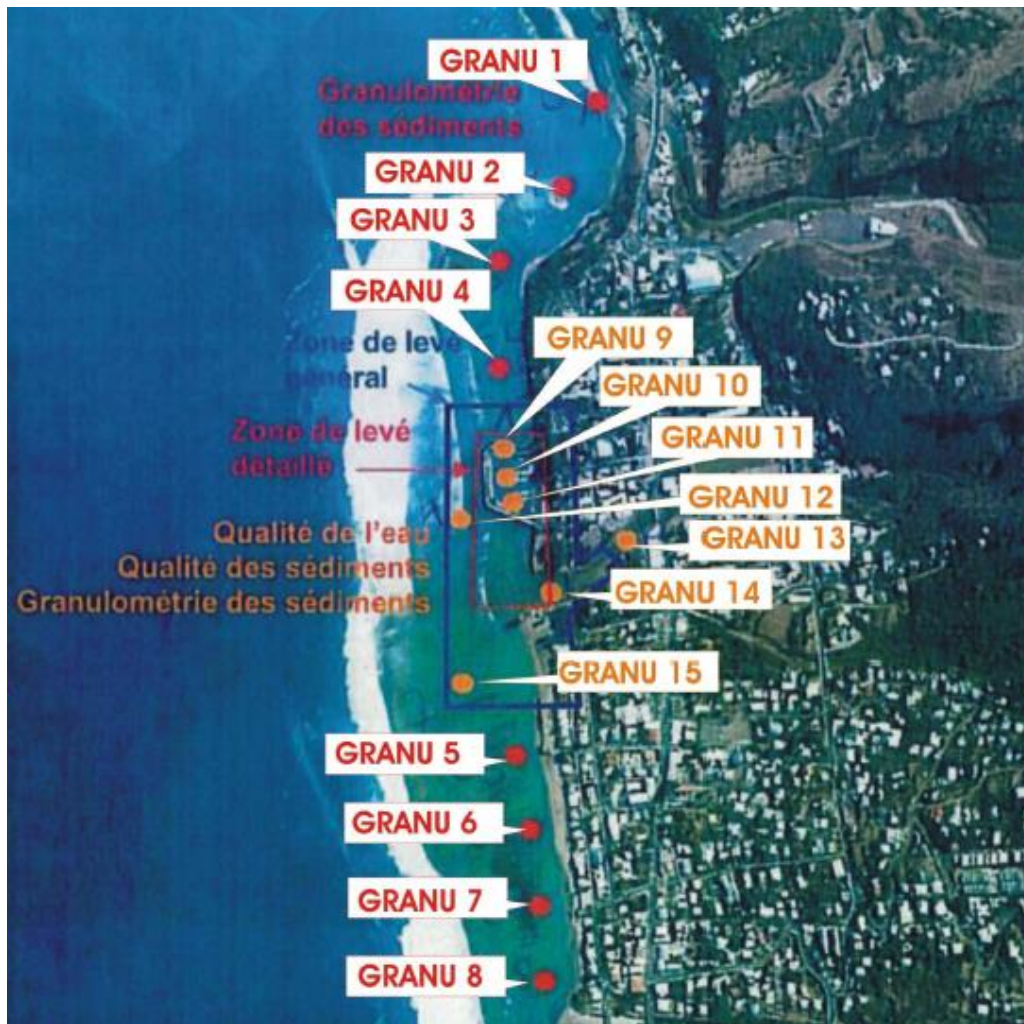


Figure 3.14 : localisation des échantillons pour la granulométrie

Les sédiments contiennent une quantité de vase inférieure à 5 %.

Rappel : Ces vases contiennent un taux de nickel élevé, de 37,4 à 111 mg/kg (source : Prélèvements de sédiments – rapport d'intervention – CITS – 2011).

Ce niveau élevé est en partie lié au bruit de fond géochimique qui s'avère particulièrement élevé à La Réunion de par la nature volcanique du socle. Ces niveaux restent cohérents avec les valeurs enregistrées dans le cadre du rapport de caractérisation de l'état de référence biologique des masses d'eau côtières au regard de la directive cadre sur l'eau (Ifremer, 2010).

On peut donc considérer que l'analyse sédimentaire met en évidence des sédiments de nature sableuse avec une faible part de particules fines (2 à 4 %) montrant une 'absence' de contamination concernant les métaux lourds et les composés organiques présents à l'état de traces.

Les sédiments fins prélevés devront être ressuyés ou séchés sur site afin de devenir pelletables et transportables.

Les sédiments seront évacués en décharge (probablement volume faible).

3.3.2.6 Démolitions

Le projet prévoit la démolition des ouvrages suivants :

- 2 appontements fixes sur les 3 du port actuel (seul l'appontement situé le long du contre-épi est maintenu pour servir de ponton d'attente à la cale de mise à l'eau).
- le premier tronçon de la digue de protection existante (entre son enracinement et son coude) pour assurer l'ouverture sur l'extension ;
- la rampe de mise à l'eau existante.

3.3.2.7 Pontons et équipements

A- Appontements et équipements existants

Deux appontements fixes sur les trois existants seront démolis et leurs équipements ne seront pas récupérés dans le cadre du projet.

L'appontement situé au Nord le long de la contre-digue sera maintenu pour servir de ponton d'attente aux utilisateurs de la future cale de mise à l'eau. Les réseaux ainsi qu'une borne d'eau et d'électricité y seront maintenus pour permettre aux utilisateurs de la cale de rincer leur bateau en revenant et d'avoir accès à l'électricité en cas de besoin impérieux (réparation d'urgence, lumière...).

B- Caractéristiques des nouveaux appontements

Les pontons et catways flottants auront une structure en aluminium reposant sur des flotteurs remplis de mousse étanche ou équipés de cloisons de séparation. Ils seront revêtus d'un platelage en bois exotique imputrescible, en pin traité classe V ou en matériau de synthèse imitant le bois (mélange de résines plastiques et de fibres de bois).

La flottabilité des pontons sera de 200 kg/m², ce qui est confortable pour une utilisation par les usagers du port mais qui ne permet pas un accès au public.

Les pontons flottants seront de fait des zones réservées aux usagers du port et interdites au public (disposition habituelle en pareil cas de figure).

Les pontons seront de type catamaran, de largeur 2 mètres. Ils auront un franc bord léger à 0.5 / 0.6 m maximum et un franc bord lourd à 0.4 m environ. La gîte du ponton restera inférieure à 15° sous cas de charge le plus défavorable (recommandations du guide de conception des pontons de plaisance).

L'angle de gîte maximal pour une surcharge asymétrique restera inférieur à l'angle de décollement des flotteurs ou à l'angle d'immersion du platelage.

Les pontons seront équipés :

- de catways en aluminium avec platelage identique à celui des pontons, à raison d'un catway pour deux postes ;
- de taquets d'amarrage (2 par poste) ;
- de défenses d'accostage linéaires ;
- de caniveaux techniques accessibles par le dessus pour le passage des réseaux ;
- de bornes de distribution de fluides (eau, électricité) ;
- d'un dispositif d'éclairage associé aux bornes de distribution avec une borne lumineuse supplémentaire à chaque tête d'apponement côté chenal ;
- d'une numérotation des places d'amarrage afin de faciliter la tâche de l'exploitant ;
- de divers accessoires liés à la sécurité : extincteurs, bouées de sauvetage et échelles.

C- Accès aux pontons

L'accès aux pontons se fera depuis le quai à l'aide de passerelles en aluminium avec platelage identique à celui des pontons.

Les passerelles auront une longueur de 6 mètres (donc une pente de l'ordre de 15 à 20% offrant un confort d'utilisation satisfaisant) et une largeur 1,4 m. Chaque passerelle sera équipée d'un portillon anti-effraction verrouillé en permanence.



Figure 3.15 : Clefs type DALLAS (Source : Documentation Datacomsys)

La passerelle admettra une surcharge verticale identique à celle des pontons. L'élément de ponton recevant la passerelle aura un flotteur supplémentaire pour compenser le poids de cette dernière.

D- Distribution d'eau et d'électricité

Il est prévu une distribution d'eau et d'électricité sur les pontons.

Cette distribution se fait par le biais de bornes de gestion des fluides raccordées aux réseaux terrestres d'adduction d'eau et d'électricité.

Il est prévu de mettre en œuvre une gestion informatique des bornes avec des comptes usagers et contrôle des consommations. L'accès à l'eau et à l'électricité se fait grâce à la même clef que celle permettant l'accès au ponton ou encore au quai et au parking réservé aux usagers du port. La gestion des comptes et des consommations se fait depuis la capitainerie à l'aide d'un logiciel spécifique.

Un balisage lumineux est intégré aux bornes électriques.



Figure 3.16 : Exemple de borne de distribution d'eau et d'électricité à accès électronique
(Source : documentation Depagne)

E- Pieux de guidage

Les pieux de guidage seront des tubes d'acier de nuance S355, de diamètre de l'ordre de 600 mm et d'épaisseur de l'ordre de 16 mm. Ils auront une longueur d'environ 12 m.

Les pieux seront protégés de la corrosion par un système de peinture et des anodes sacrificielles (protection cathodique).

Les pieux seront battus et arasés à la cote 3 m NGR. Ils seront répartis sur le long des appontements tous les 9 à 15 m. Ils seront extérieurs au ponton et reliés à ce dernier par un anneau de guidage.

3.3.2.8 Berge Est de l'extension portuaire

La berge Est (front de mer) sera aménagée en quai de géométrie extérieure similaire à celle du quai existant afin de conserver une continuité visuelle et fonctionnelle.

Le quai présente une partie abaissée à environ 0,8 m NGR accessible depuis le haut du quai (1,5 m NGR) par des escaliers longitudinaux disposés au droit de chaque chenal entre deux appontements.

A son extrémité Sud, le quai laisse la place à un talus en enrochements dont l'emprise est acquise sur le plan d'eau. Ce talus est nécessaire pour amortir l'agitation dans le port. Ce talus de pente 4H 3V est constitué d'enrochements 200-400 kg qui seront soigneusement arrangés.

3.3.2.9 Cale de mise à l'eau

Une nouvelle rampe de mise à l'eau sera construite à l'entrée du port en remplacement de l'ancienne dont l'implantation n'est pas compatible avec une réorganisation plus fonctionnelle du port.

La nouvelle rampe présente les caractéristiques suivantes :

- Une largeur utile de 7 m identique à celle de la cale actuelle ;
- Un revêtement en béton balayé antidérapant ;
- Une première pente de 15% jusqu'à -0,5 m NGR et une seconde pente de 20% au-delà ;
- Une butée chasse roue transversale au niveau du point d'inflexion à -0,5 m NGR ;
- Une butée chasse-roue longitudinale de chaque côté de la rampe ;
- Des bastaings de bois fixés en travers de la cale pour favoriser la tenue des usagers et des véhicules.

La rampe sera soutenue par des rideaux de palplanches sur toute sa circonférence. Ce choix de conception permet de réaliser une enceinte fermée qui pourra être asséchée par pompage.

Une fois l'enceinte en palplanches constituée, un remblai en tout-venant de carrière sera mis en œuvre pour former le corps de la rampe de mise à l'eau. La zone de travaux sera alors mise à sec et une couche de graves propres pourra être réglée et compactée. Côté intérieur des palplanches, des poutres en béton armé définiront la bordure

extérieure de la future rampe. Ces poutres seront reliées aux palplanches par des connecteurs. La dalle en béton sera ensuite coulée en place en plusieurs fois.

3.3.2.10 Prolongement de la digue de protection existante

L'étude d'agitation réalisée montre que des tempêtes exceptionnelles (périodes de retour supérieures ou égales à 25 ans) peuvent générer dans le port des vagues de hauteur supérieure à 0,6 m pour des périodes de 15 à 17s (houles longues). Ces agitations sont susceptibles d'endommager fortement les pontons flottants.

Afin d'améliorer les conditions d'agitation dans le port lors d'évènements exceptionnels et donc d'améliorer la protection des biens (équipements portuaires et bateaux) et des personnes, il est nécessaire de prolonger la digue existante en refermant la passe d'entrée (et donc la pénétration de la houle dans le port) sur environ 5 mètres.

La largeur utile de la passe restera supérieure à 15 m.

3.3.2.11 Sécurité du plan d'eau

Le balisage définitif sera défini en accord avec les autorités compétentes.

3.3.3.1 Parti architectural et urbain

L'ensemble du projet vient s'inscrire le long du quai existant. Il sera implanté en accotement du terrain naturel avec deux niveaux d'accès : un accès depuis l'espace public et un autre depuis le niveau du quai.

Le projet sera mis en cohérence avec les études urbaines réalisées sur cette portion de territoire. Les flux de circulations s'inscriront dans les schémas urbains et correspondront aux orientations définies par les projets à venir dont les différentes phases sont programmées.

Le projet sera résolument tourné vers la mer, tout en veillant à garder une continuité de l'espace public constitué de la promenade du front de mer, des aménagements piétonniers et des espaces de stationnement.

Deux axes sont donc valorisés et mis en continuité grâce à des transparences dans le bâti : d'un côté, la mer et le port, et de l'autre, le parvis paysager et le mail de la rue de la Compagnie des Indes.

La rue de la Compagnie des Indes sera valorisée en axe de cheminement piétonnier et cycles prioritaire, en limitant les accès aux véhicules (service, secours).

Pour l'insertion paysagère des bâtiments (capitainerie), il sera privilégié des matériaux dits légers et des ornements avec des matériaux « naturels ».

La lecture du bâtiment sera contemporaine et tournée vers une notion « aérienne », organisée autour :

- de formes simples et épurées,
- de larges ouvertures pour un effet de « transparence »,
- de larges débords de toitures fins et travaillés,
- de nombreux brise-soleils,
- de zones végétalisées intégrées, y compris sur le parvis et la résille horizontale,
- de bardages en bois exotiques qui donneront sa « noblesse » à la façade, avec des parements en zinc pour les débords de toitures.

Le bâti au niveau du parvis se compose de différents modules en bardages bois, laissant ainsi de larges percées visuelles, mettant en évidence un principe de transparence et permettant une ventilation naturelle permanente sur l'ensemble du bâti.



Figure 3.18 : Vues 3D de la capitainerie (Source : PERRIN)

L'ensemble du projet sera coiffé par une sur-toiture avec de larges débords, permettant la protection des intempéries et des rayonnements solaires directs.

Un espace de transition entre la voie et le bâtiment sera constitué par un grand parvis urbain paysagé, et uniquement piéton. Cet espace permettra la continuité de la promenade du front de mer dans son axe nord – sud.

Une voie d'accès unique mène au parking de 23 places attendant à la capitainerie. L'accès sera réservé aux usagers du port et sera réglementé.

A- L'approche environnementale de l'espace bâti

L'espace bâti est confronté à un ensoleillement élevé conjugué à une ambiance marine.



Figure 3.20 : Contraintes climatiques du site (Source : PERRIN)

De manière générale le bâti a été fragmenté permettant une meilleure perception de l'ensemble des aménagements.

L'orientation de l'ensoleillement et des vents a été prise en compte pour les orientations des façades et des ouvrants. Ainsi, il a été procédé à une optimisation des ventilations naturelles pour la régulation des températures en appliquant un principe de ventilations hautes, avec des ouvrants ou des logements traversants.

Ces éléments ont été complétés par des isolants de toiture de grande qualité (sur-toiture / complexes isolants / qualité d'absorption des composants) ainsi qu'à l'utilisation d'isolants extérieurs sur les murs les plus exposés.

Les bâtiments mettent en œuvre de larges ouvertures pour favoriser les éclairages naturels. Une luminosité majoritairement naturelle sera utilisée.

Pour chaque espace vert, les caractéristiques des essences ont été prises en compte pour leur choix. Elles seront implantées selon l'exposition, la nature du sol, et l'altitude, conformément à la liste DAUPI.

En complément, il sera défini une typologie de clôture pour qu'elle soit la plus adaptée au site. Elle pourra être végétale ou semi-végétale et sera adaptée pour la protection du soleil et du vent.

Par ailleurs, il sera utilisé des peintures sans solvant pour les tracés de sol.

Chaque point d'eau des zones bâties sera muni d'un filtre économiseurs. En parallèle, au sein des bâtiments, des robinets de type « presto » seront installés pour limiter le volume d'eau utilisé par les usagers.

Des bacs de tri des déchets avec des locaux à poubelles ventilés séparés selon les types de déchets seront disponibles.

3.3.3.2 Aménagements de surface

A- Accès Véhicules

A terme l'accès véhicules à l'enceinte portuaire se fera en sens unique depuis la rue de la Compagnie des Indes au Nord Est, par une voie unique d'une largeur de 3,50m. Elle distribuera la zone de parkings usagers du port puis aboutira sur le quai actuel avec une aire de retournement.

La sortie du port se fera au droit de la future capitainerie depuis le quai, jusqu'à la rue de la Compagnie des Indes.

L'accès ne sera autorisé (barrière) que sur présentation d'une clef du même type que celle utilisée pour les autres services portuaires.

Cette configuration permet de limiter l'accès véhicules au quai aux seuls usages professionnels.

B- Les parcs de stationnement

Une aire de parking de 23 places, dont 2 places handicapées sera créée, attenante à la capitainerie.

Cette disposition permettra de séparer les flux logistiques et usagers des flux piétonniers du public.

C- La circulation piétonne

La continuité piétonne le long du littoral sera assurée. Les accès seront aménagés conformément à la réglementation PMR (Personnes à Mobilité Réduite).

D- L'aire de carénage

L'aire de carénage est une zone qui permet aux plaisanciers d'effectuer de petits entretiens sur leur bateau.

Cette aire de carénage (environ 250 m²) sera entièrement imperméabilisée et équipée d'un système de récupération des eaux par grille avaloir permettant de récupérer les eaux résiduaires et d'effectuer un traitement, voire un confinement, avant restitution au réseau urbain.

3.3.3.3 Les démolitions

La phase de démolitions et dégagement des emprises concerne l'ensemble des ouvrages aériens ou souterrains situés sur l'emprise du projet que ce soit en phase travaux ou en phase d'exploitation définitive.

Les revêtements existants sont de type béton bitumineux. Le décaissement des enrobés ne devrait pas imposer l'emploi d'engins de démolition puissants mais la gestion des déchets bitumineux devra répondre à des exigences spécifiques.

Les mâts d'éclairage actuels sont des poteaux métalliques de faible hauteur ne présentant pas de difficultés particulières pour leur dépose. Les massifs seront démolis lors de la phase de terrassement.

Une fois le dévoiement des réseaux réalisés, les canalisations actuellement implantées sur l'emprise du projet seront à déposer en phase de terrassement. On rencontre des canalisations en fonte (AEP), des canalisations béton (EP), des fourreaux PVC (Téléphone, éclairage, électricité) et des câbles cuivre ou alu (MT, BT, éclairage). Chacune de ces canalisations devra être déposée proprement et évacuée séparément des déblais de terrassements.

De nombreux autres petits ouvrages devront être déposés ou démolis lors des phases de construction. Il s'agit notamment des bordures, des caniveaux, des regards de visite, des chambres...

3.3.3.4 Les terrassements

Les terrassements pour voiries, parkings et bâtis seront entrepris après dégagement des emprises. Ils consisteront à décaisser les surfaces existantes jusqu'au fond de forme des voies de circulation et des terre-pleins.

Les hauteurs de décaissement varieront entre 0,50 et 1,00m.

Les moyens nécessaires pour l'exécution des terrassements seront classiques de type pelles à chenilles et niveleuses. L'exécution des terrassements pourra ponctuellement nécessiter l'emploi de brise-roches.

3.3.3.5 Les traitements de surface

A- La Voirie

Les voiries sont implantées en fonction des principes d'aménagement explicités ci avant.

Elles ont toutes une pente transversale comprise entre 1% et 2% et sont délimitées par des bordures de type T2 et A2 sur l'ensemble du projet.

A l'entrée Nord Est du port la voirie aura une largeur de chaussée de 3,50 mètres.

Le long du Quai 1 (Existant) et du Quai 2 (à créer), la voie aura une largeur de chaussée de 5,00 m. La voie se terminera en aire de retournement réglementaire.

La voie de sortie du port située entre l'aire d'événementiel et la future capitainerie aura une largeur de chaussée de 3,50 m.

La structure de chaussée prévue est la suivante :

- couche de fondation en GNT 0/80 d'épaisseur 30cm ;
- couche de base en GNT 0/31,5 d'épaisseur 10 cm ;
- couche de roulement Béton Bitumineux 0/10 d'épaisseur 6cm.

Etant entendu que dans les zones où la chaussée est existante, un simple rabotage avant réalisation de la couche de roulement pourra être réalisé.

B- L'aire de carénage

L'aire de carénage est située le long du Quai et est implantée en fonction des principes d'aménagement explicités ci avant.

Cette aire aura des pentes transversales de 2% dirigées vers un caniveau central pour l'évacuation des eaux pluviales Elle sera délimitée par des bordures de type A2 sur l'ensemble côté voirie et par un mur de soutènement côté parking.

La structure prévue est la suivante :

- couche de fondation en GNT 0/80 d'épaisseur 20cm ;
- couche de base en GNT 0/31,5 d'épaisseur 10 cm ;
- couche de roulement en béton d'épaisseur 20 cm.

C- Les trottoirs et cheminements doux

Les cheminements piétons du projet seront raccordés à l'existant et permettront de desservir de façon sécurisée et confortable toutes les zones du projet.

Deux types de structure sont prévus :

1) Structure avec platelage Bois

- couche de base en GNT 0/31,5 d'épaisseur 15 cm,
- Platelage bois.

2) Structure en béton

- couche de base en GNT 0/31,5 d'épaisseur 15 cm,
- couche de roulement en Béton d'épaisseur 15 cm.

D- Plate-forme dédiée aux manifestations événementielles - Rondavelle

Cette surface sera traitée avec un platelage bois.

La zone événementielle sera équipée de gradins.

E- Les Murs

L'ensemble des murs sera réalisé en moellons.

Le long du cheminement piéton coté parking ainsi que le long du Quai 2, les murs auront une fonction de soutènement.

Les autres murs et notamment pour la continuité piétonne, coté « Rondavelle » auront une fonction soit de tenue des terres soit purement esthétique. Pour ces derniers les 2 faces de mur seront réalisées avec un moellonage soigné.

3.3.3.6 Les réseaux humides

A- Les Terrassements

Les terrassements pour la pose des réseaux consisteront à réaliser des fouilles en tranchées.

Dans la mesure du possible, les réseaux seront exécutés en tranchées communes pour limiter les volumes de terrassements en respectant les inter-distances réglementaires.

Les dimensions des fouilles seront telles qu'une couverture minimale de 0,8m par rapport au terrain naturel soit respectée en tout point.

Chaque canalisation sera enrobée de sable 0/6 avec un lit de pose de 10cm et une couverture minimale de 10cm. Le remblaiement jusqu'à la cote supérieure de la tranchée sera réalisé en GNT 0/31,5 avec compactage intense.

Sur la digue projetée et existante le réseau AEP et réseaux secs seront posés dans un caniveau technique prévu à cet effet.

B- L'Assainissement des Eaux Usées

Les bâtiments existants sont raccordés sur le réseau situé rue de la Compagnie des Indes (DN 200 mm). Il s'agit du seul réseau environnant.

Le parti d'aménagement retenu est de mettre en place un réseau collectif qui devra desservir tous les bâtiments, les sanitaires projetés et également les eaux de l'aire de carénage préalablement traitées.

C- L'Assainissement des Eaux Pluviales

Il existe actuellement un réseau d'eaux pluviales en DN300 mm pour le drainage des eaux de ruissellement du parking existant. Ce réseau sera déposé.

Le seul réseau existant à proximité du projet est implanté le long de la rue de la Compagnie des Indes.

Le réseau projeté en DN300 ou 400mm permettra la récupération des eaux pluviales issues de l'ensemble des surfaces imperméabilisées du projet (toitures, voiries, parcs de stationnement, cheminements piétons, parvis...).

Les eaux issues des surfaces aux sols seront renvoyées dans un séparateur à hydrocarbures avant d'être acheminées dans le réseau pluvial urbain. Le séparateur sera équipé de by-pass en cas de fortes pluies.

Le projet n'engendre pas de nouveaux points de rejets dans le milieu naturel.

D- Adduction Eau Potable

Dans sa configuration actuelle, tout le réseau AEP desservant les infrastructures portuaires est alimenté par un seul point de distribution raccordé au réseau municipal.

La conduite générale d'alimentation est un DN 40 mm en PEHD qui se sépare en 2 canalisations qui longent l'ensemble du bassin.

Les conduites principales de ces réseaux se trouvent dans l'emprise des travaux et seront déposées.

Le parti d'aménagement retenu est le suivant :

- Un réseau de distribution principale DN 150 mm raccordé sur le réseau urbain de la rue de la Compagnie des Indes (assure les besoins en eau potable et en protection incendie)

- 2 antennes desservant respectivement la future capitainerie et le bassin portuaire (réseau en caniveau le long des endiguements)

Un 2^{ème} poteau d'incendie sera installé en plus de l'existant.

Des bornes multiservice seront posées tout le long des quais pour l'alimentation en eau et en électricité.



Figure 3.22 : Exemple de bornes équipées en gestion Télé-control – Comptage – Bord Quai
(Source : Documentation Depagne)

3.3.3.7 Réseau électrique

Le projet prévoit le déplacement des transformateurs électriques HT/BT existants dans le bâtiment de pêche.

Depuis cet emplacement, les réseaux secs (électricité, téléphonie, video-surveillance, fibre optique...) desserviront le local électrique de la nouvelle capitainerie puis seront organisés en 3 départs :

- Quai 1 existant (bornes des pontons et équipements de l'aire de carénage) ;
- Quai 2 (bornes des pontons et digue) ;
- Événementiel, rondavelle et commerces.

3.3.3.8 Réseau éclairage

A- Installations existantes

L'éclairage existant est composé de mâts aluminium de 4 mètres thermo-laqués bleu ciel avec luminaires AMANDINE (3^{ème} International). Ces candélabres sont dans un état médiocre.

Des problèmes de corrosion importants ont été relevés en pied de mât sur les candélabres situés à proximité.

La mise en lumière est assurée par 14 luminaires 100 W SHP et génère des pollutions lumineuses par éclairage de la surface de l'eau (luminaire décoratif avec optique de révolution).



Photo 31 : Éclairage du bassin portuaire actuel

Les mâts sont posés sur des massifs béton hors sol avec des sur-massifs de type « pointe de diamant », ce qui accentue leur fragilité, le métal travaillant en cisaillement au niveau de l'encastrement, et non en flexion au niveau de la semelle.

Des coffrets prises sont présents (polyester), sans comptage des consommations électriques. Ils semblent peu utilisés par le gestionnaire et les usagers.

L'impact potentiel de l'éclairage sur l'avifaune marine est pris en compte dans le cadre du projet par la mise en application des recommandations de la SEOR (Société d'Études Ornithologiques de La Réunion) :

- Éviter toute diffusion de lumière vers le ciel : par l'utilisation d'optiques orientées vers le sol et évitant les flux perdus vers le ciel (ULOR < 3%) ;
- Utiliser des lampes dont la chromaticité est peu attirante pour les jeunes pétrels et puffins en préférant les lampes Sodium Haute Pression ou Sodium Basse Pression aux lampes Iodures Métalliques ou à Vapeur de Mercure (lumières blanches) ;
- Adapter l'intensité lumineuse aux besoins réels : en jouant sur la puissance installée et sur les systèmes de commande qui permettent de moduler l'éclairage en fonction des périodes où il est nécessaire d'éclairer ;
- Éviter d'éclairer les surfaces réfléchissantes (revêtements clairs, plan d'eau, ...).

On veillera donc tout particulièrement à n'éclairer que les surfaces fonctionnelles du projet, à l'exclusion de la surface du plan d'eau.

B- Éclairage du bord de quai

Les bornes d'éclairage envisagées sont de type **CHRISTERA** de **AZULY** ou similaire. Inspirées des plots d'amarrage, ces bornes procurent un balisage lumineux, respectueux de la nuit étoilée.

Ces équipements sont adaptés pour éviter les actions de vandalisme.

L'éclairage de ces bornes respectera la réglementation PMR à 20 LUX moyen minimum.



C- Éclairage Circulation Piétonne – Zones commerciale et événementielle

Pour l'éclairage de ces zones, des luminaires type **ALURA** ou similaire avec des mâts de 3,50 m sont envisagés.

L'éclairage est à la fois indirect et direct afin de permettre une distribution lumineuse symétrique ou asymétrique selon l'implantation.

En éclairage indirect, des disques de couleur disposés dans l'enceinte optique permettent de créer diverses ambiances.



D- Éclairage de l'aire de Carénage

L'éclairage de l'aire de carénage sera assuré par des mâts béton de 6 m de haut équipés de 2 projecteurs asymétriques de 100W.

3.3.3.9 Réseau Vidéo-Surveillance

Le projet prévoit les attentes pouvant recevoir ultérieurement la vidéo-surveillance.

Deux mâts béton de 8 m de haut seront ainsi prévus à cet effet au nord-est et au sud-est du port. Ils seront équipés de 2 projecteurs asymétriques avec des réservations pour des caméras de vidéo-surveillance.

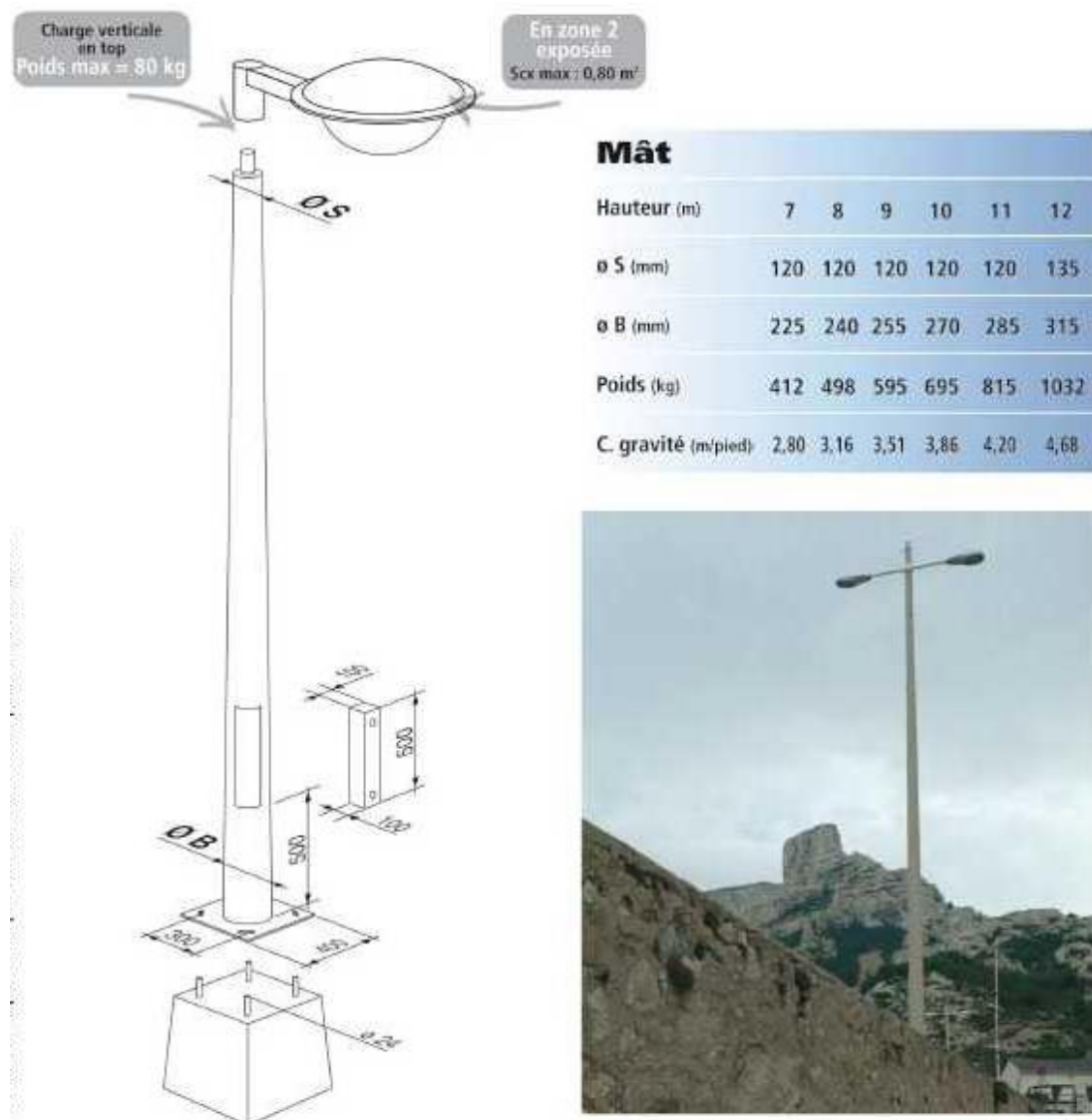


Figure 3.23 : mâts qui seront équipés de vidéo surveillance

3.3.4 Contraintes particulières d'exécution

A- Contraintes climatiques

Les travaux maritimes seront réalisés en dehors de la période cyclonique (décembre à mars).

Pendant toute la durée des travaux, et particulièrement durant les périodes d'alizés, une surveillance météorologique sera mise en œuvre afin d'éviter tout dégât sur les ouvrages provisoires liés à des trains de houle.

B- Contraintes environnementales

Les travaux maritimes les plus impactants (nuisances sonores) seront réalisés en dehors de la période de migration des baleines à bosse et de reproduction des tortues marines.

Les travaux en interfaces avec le milieu marin (construction d'endiguement ou de quai, dragage, battage de pieux...) seront réalisés avec un confinement de la zone de chantier par des rideaux filtrants afin d'éviter la dispersion de matières en suspension.

Des protections phoniques (bulles d'air) et des procédures spécifiques de montée progressive de l'intensité du bruit des engins seront mises en œuvre afin de protéger la faune marine.

C- Devenir des matériaux

Les déblais seront réduits au minimum car ils sont nécessaires à l'exécution des ouvrages. Les déblais en phase travaux sont évalués à 19 000 m³ environ. Ils comprennent les déblais occasionnés par les terrassements et par les dragages. Les volumes de matériaux dragués s'élèvent à 10 800 m³.

Une partie des matériaux sera réutilisée dans le cadre du projet d'aménagement qui nécessite environ 7 500 m³ de remblais. La fraction valorisable n'est pas quantifiable à ce stade.

Les matériaux excédentaires seront évacués en décharge contrôlée.

Les matériaux de dragage seront essentiellement constitués de débris rocheux et coralliens, de sable, de galets et de blocs. Les sables minoritaires pourront être réutilisés en rechargement de plage avec l'accord du gestionnaire du Domaine Public Maritime. Les débris rocheux, galets et blocs seront évacués en carrière pour valorisation (concassage) ou réutilisés directement sur site.

Les terres extraites des fouilles et dragages jugées impropres aux remblais seront envoyées en décharge contrôlée. La mise en œuvre de remblais techniques sera nécessaire pour le comblement des fouilles. Les matériaux provenant des déblais seront en premier lieu utilisés sous réserve que leurs caractéristiques de nature et d'état soient reconnues.

Les matériaux de dragage seront ressuyés puis transportés vers des carrières agréées pour le stockage et le traitement des matériaux salés.

3.3.5 Dispositions prévues pour l'entretien en phase d'exploitation

L'entretien à prévoir comprend :

- Dragage du chenal et du bassin portuaire, dans le respect des dispositions réglementaires afférentes ;
- Gros entretien et maintenance des ouvrages portuaires (réparation), nettoyage à l'eau douce de l'aire de carénage ;
- Entretien et maintenance des équipements portuaires ;
- Entretien, taille et arrosage des plantations (arrosage automatique), suppression de la végétation invasive ;
- Entretien du mobilier urbain et de l'éclairage public ;
- Entretien des voiries (pistes cyclables et cheminements piétons) ;
- Entretien et nettoyage des locaux et sanitaires ;
- Collecte et traitement des déchets, entretien des ouvrages de traitement des eaux.

Le coût annuel d'entretien et maintenance des ouvrages et équipements est estimé à environ 100 000 € par an.

3.4 Phasage des travaux

Le phasage des travaux, tel que défini à ce stade d'avancement des études, est le suivant.

En préalable aux travaux maritimes est prévue la reconstruction de la capitainerie et la construction de la nouvelle cale de mise à l'eau au Nord du bassin.

Puis, le phasage des travaux d'extension du bassin repose sur la réalisation préalable de l'extension sud du plan d'eau.

Ces travaux maritimes débiteront par la construction de la digue de protection (dénommée nouvelle digue Sud) avant de réaliser le dragage de la zone d'extension. Ces travaux seront réalisés sous la protection d'un rideau filtrant couvrant toute la colonne d'eau afin d'éviter la propagation des matières en suspension (filtre fixe couvrant une zone de confinement large ou filtre mobile qui suit le déplacement du poste de travail et couvre une zone de confinement plus réduite).

Ce phasage permet de constituer ensuite un confinement physique pendant les travaux de dragage de l'extension, cette zone n'étant plus reliée au milieu marin ce qui permettra d'empêcher tout dégagement de panache de pollution.

Au vu des faibles profondeurs dans cette zone, le dragage pourra être réalisé directement à la pelle hydraulique (un remblai provisoire sera éventuellement aménagé pour faciliter la circulation de cet engin).

Les matériaux de dragage seront ressuyés sur site (front de mer) puis évacués vers une carrière agréée pour récupérer les matériaux salés (par exemple la carrière du Port Est). Les eaux de ressuyage seront rejetées dans le futur bassin.

Le volume de matériaux à draguer dans cette zone est estimé à 7000 m³.

La cadence de dragage est estimée entre 200 et 300 m³/j soit un délai de 2 mois pour cette opération.

Durant cette 1^{ère} phase de travaux qui se déroulera en périphérie Sud du plan d'eau actuel, l'activité du port sera maintenue dans sa partie Nord avec la nouvelle capitainerie créée.

Le dragage du bassin existant sera réalisé dans la continuité de celui de l'extension afin de bénéficier des installations de chantier mises en place.

La zone de dragage sera confinée par un rideau filtrant couvrant toute la colonne d'eau. Pour les zones proches des berges, le dragage pourra être réalisé à l'aide d'une pelle hydraulique. Le plan d'eau sera dragué à l'aide d'une drague suceuse (photo ci-dessous), d'une pelle hydraulique sur barge ou encore d'une pompe suceuse.



Figure 3.24 : Dragage suceuse

Le volume de matériaux à draguer dans cette zone est estimé à 3800 m³. La cadence envisagée est comprise entre 100 et 200 m³/j, soit un délai de 2 mois pour cette opération.

Le gestionnaire du port souhaite garantir une continuité d'activité du port pendant les travaux, y compris les travaux de dragage du bassin actuel. Des dispositions seront prises en concertation avec les usagers pour permettre une réorganisation provisoire du plan de mouillage, voire un entreposage à terre de certains bateaux peu utilisés, afin de permettre de mener les travaux par demi plan d'eau sous la protection d'un rideau filtrant.

Des études de phasage approfondies seront menées à l'occasion des prochaines phases d'études afin de vérifier la faisabilité de ce principe sans affecter l'efficacité du confinement des MES.

La 2^{ème} phase de travaux maritimes concernera plus particulièrement le plan d'eau existant avec la démolition de la digue Sud existante.

Ces travaux nécessiteront une relocalisation des bateaux dans le plan d'eau mais seront également réalisés en maintenant l'activité du port compte tenu que la passe d'entrée – sortie ne sera pas impactée.

La démolition de la digue Sud sera réalisée en assurant un confinement de la zone de chantier par un rideau filtrant couvrant toute la colonne d'eau. Une zone de sécurité sera aménagée autour de la zone de chantier afin de garantir la sécurité du public.

La démolition de cette digue permettra ensuite de relocaliser la majorité des bateaux dans l'extension du port qui représente environ 100 emplacements pour 150 bateaux existants.

La 3^{ème} phase des travaux concernera successivement la construction du quai Est, la démolition des appontements existants et l'aménagement des nouveaux équipements.

A ce stade, les dispositions constructives retenues reposent sur une sectorisation du plan d'eau du port pendant ces travaux dont la durée est évaluée à 3 mois afin de concilier une continuité d'activité du port et l'avancement du chantier.

Les travaux (remplacement des appontements) pourront se dérouler par demi plan d'eau afin de permettre le stockage des bateaux dans la zone hors chantier.

Enfin les travaux seront finalisés par les aménagements à terre définitifs (zone de carénage, accès, stationnement, espaces paysagers et signalétique).

A noter que les travaux pourront être réalisés par tranches successives. Aussi, des réceptions partielles pourront être menées avec les entreprises de travaux pour mettre en service une partie des équipements et permettre le maintien au mieux des activités portuaires en phase chantier.

La durée des travaux d'infrastructures maritimes et terrestres est estimée à 28 mois (à titre indicatif de second semestre 2018 à fin 2020).

A noter que cette durée reste fortement dépendante des moyens mis en œuvre par l'entreprise, de la méthodologie de travaux à valider avec les entreprises et différents intervenants (maîtrise d'œuvre, comité de suivi), des aléas éventuels liés au suivi environnemental du chantier et de la volonté de maintenir les activités portuaires pendant le chantier.

Désignation des tâches	ANNEE 1				ANNEE 2												ANNEE 3		
	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	
Démarrage des travaux																			
Préparation de chantier, amenée du matériel	■	■	■																
Construction de la nouvelle digue de protection de l'extension du bassin				■	■	■													
Démontage des carapaces existantes et récupération des enrochements					■	■	■												
Dragage du nouveau bassin et aménagement d'une zone de ressuyage sur son emprise							■	■											
Dragage du bassin existant et mise en ressuyage sur l'emprise de l'extension								■	■										
Démolition de la digue sud existante										■	■								
Construction du quai Est												■							
Mise en place des nouveaux pontons et équipements portuaires dans l'extension											■	■		■	■				
Transfert des bateaux du port existant vers l'extension											■			■	■				
Démolition des pontons existants															■				
Dragage de finition du port existant																■			
Mise en place des nouveaux pontons et équipements portuaires dans le bassin existant																	■	■	■
Exigences environnementales																			
Période cyclonique					■	■	■												■
Période sensible pour la faune marine	■	■										■	■	■	■				

Figure 3.25 : Calendrier des travaux maritimes en fonction des contraintes environnementales

		ANNEE 2												
Désignation des tâches		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.
1	Démarrage des travaux	X												
2	Préparation de chantier, amenée du matériel													
3	Terrassements Généraux et Démolitions													
4	Réseaux Humides													
5	Réseaux Secs													
6	Travaux de Voirie et Maçonnerie													
7	Aménagements paysagers													
8	Finitions													
	Exigences environnementales													
	Période cyclonique													

Figure 3.26 : Calendrier des travaux terrestres en fonction des contraintes environnementales



**EFFETS DU PROJET SUR
L'ENVIRONNEMENT**

L'article R. 122-3 du Code de l'environnement indique que le dossier doit comprendre « une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement, et en particulier sur la faune et la flore, les sites et paysages, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et patrimoine culturel et, le cas échéant, sur la commodité de voisinage (bruit, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) ou sur l'hygiène, la santé, la sécurité et la salubrité publiques ».

Dans cette partie, on décrira d'abord l'effet du projet stricto sensu sur l'environnement. Puis, au regard de la sensibilité du milieu, on en déduira l'impact réel.

Définitions²

Une incidence décrit une conséquence d'un projet sur l'environnement indépendamment du territoire qui sera affecté.

Un impact est la transposition de cet événement sur une échelle de valeur. Il peut être défini comme le croisement entre l'effet et la sensibilité du territoire ou de la composante de l'environnement touché par le projet.

Un effet direct traduit les conséquences immédiates du projet dans l'espace et dans le temps. Il peut être structurel (dû à la construction même du projet) ou fonctionnel (lié à l'exploitation et l'entretien).

Un effet indirect résulte d'une relation de cause à effet ayant à l'origine un effet direct. Il peut concerner des territoires éloignés du projet ou apparaître dans un délai plus ou moins long.

Un effet temporaire est un effet limité dans le temps soit parce qu'il disparaît immédiatement après cessation de la cause, soit parce que son intensité s'atténue progressivement jusqu'à disparaître.

Un effet permanent est dû à la construction même du projet ou à ses effets fonctionnels qui se manifesteront tout au long de sa vie.


² Ces définitions sont issues du guide méthodologique « *Etude d'impact sur l'environnement* » de MICHEL Patrick.

4

Effets du projet sur l'environnement

4.1 Effets du projet sur le milieu physique

4.1.1 Effets du projet sur les niveaux d'eau du lagon

 Étude hydrosédimentaire, Actimar/SAFEGE – 2012

Les impacts du projet d'aménagement du port de Saint-Leu sur la dynamique hydro-sédimentaire et sur les niveaux d'eau ont été investigués par une approche 2DH en utilisant les modèles numériques Seamer et Swan de manière couplée.

L'évaluation des effets sur les niveaux d'eau du lagon concerne essentiellement les travaux maritimes.

4.1.1.1 Conditions de simulation

Pour étudier l'impact de l'aménagement sur les surcotes, les simulations ont été menées avec la bathymétrie actuelle et la bathymétrie du projet.

Le couplage des modèles Seamer et Swan est considéré pour l'ensemble des simulations (houle cyclonique notamment) en prenant en compte un champ de vent identique.

On rappelle que le niveau d'eau résulte de la combinaison des processus suivants : débit des ravines, houle, marée, pression et vent. Pour évaluer l'impact du projet sur le niveau d'eau en tenant compte de l'ensemble de ces processus, six conditions ont été étudiées :

	Conditions météo-océanique	Débit des ravines
1	Houle australe période de retour 1an	10% du débit décennal
2	Houle australe période de retour 10ans	10% du débit décennal
3	Houle australe période de retour 1an	débit décennal
4	Cyclone Connie	débit décennal
5	Cyclone Dina	débit décennal
6	Cyclone Dina modifié	débit centennal

Figure 4.1 : scénarios pour l'étude des surcotes

Les deux premiers scénarios permettent d'évaluer l'impact du projet sur le phénomène d'ensachage du lagon. Le 3^{ème} permet d'isoler l'influence du débit dans les ravines Grand et Petit Étang en introduisant un débit décennal. Les scénarios 4 et 5 correspondent à des conditions cycloniques ayant déjà eu lieu avec deux trajectoires et intensités différentes. Le scénario 6 correspond à un cyclone exceptionnel dont la trajectoire passe sur l'Île de La Réunion ; il permet d'introduire une surcote extrême du même ordre de grandeur que celle retenue par EGIS dans le cadre des études d'avant-projet (0,9 m). Par ailleurs, ce scénario fait intervenir un débit d'occurrence centennale, cette condition constitue donc une situation extrême exceptionnelle.

4.1.1.2 Résultats

Les pages suivantes présentent les résultats obtenus pour chaque simulation avec les visualisations suivantes :

- Cartes des surcotes maximales obtenues au cours de la simulation en état actuel et en état projet ;

Le terme surcote désigne la différence entre le niveau obtenu avec tous les forçages (marée, houle, pression, vent, débit des ravines) et le niveau obtenu sous le seul forçage de la marée ;

- Évolution du niveau d'eau (par rapport au niveau moyen) en deux points du domaine de calcul :
 - un point situé à l'extérieur du platier corallien (Point 1 : 55.275°E 21.16879°S)
 - un point situé à proximité du port (Point 2 : 55.28461°E 21.16879°S).

Ces deux points sont localisés sur la Figure 4.2.

Les résultats montrent que l'action de la houle est primordiale sur le niveau d'eau sur le platier. Ainsi, l'ensachage du lagon peut atteindre 0,62 m pour une houle de période de retour 1 an et 0,76 m pour une houle de période de retour 10 ans (Figure 4.3 et

Figure 4.5). Ces niveaux sont du même ordre de grandeur que les surcotes cycloniques qui sont principalement dues à la baisse de pression lors du passage du cyclone.

Les évolutions au niveau des points 1 et 2 (Figure 4.4 et Figure 4.6) montrent que l'ensachage est peu influencé par les variations de niveau dues à la marée, le déferlement des vagues s'effectuant toujours au niveau de la limite du platier.

L'augmentation du débit des ravines (ravine du Grand Étang et Petit Étang : 149 m³/s en débit décennal) ne modifie pas le maximum de surcote atteint dans le lagon, en revanche, le débit décennal crée une pente due à l'écoulement fluvial dans la ravine (Figure 4.3 et Figure 4.9).

Pour les simulations en conditions cycloniques, les processus prépondérants sont la pression atmosphérique et la houle. L'action de la pression est particulièrement visible sur l'évolution des niveaux au point 1. L'action de la houle est quant à elle visible en comparant l'évolution au point 2 par rapport au point 1 (Figure 4.8, Figure 4.9 et Figure 4.10).

Les différentes simulations mettent en évidence des surcotes maximales dans le lagon allant de 0,48m pour le cyclone Connie à 0,53m pour le cyclone Dina et 1,26m pour le cyclone Dina modifié (situation extrême exceptionnelle).

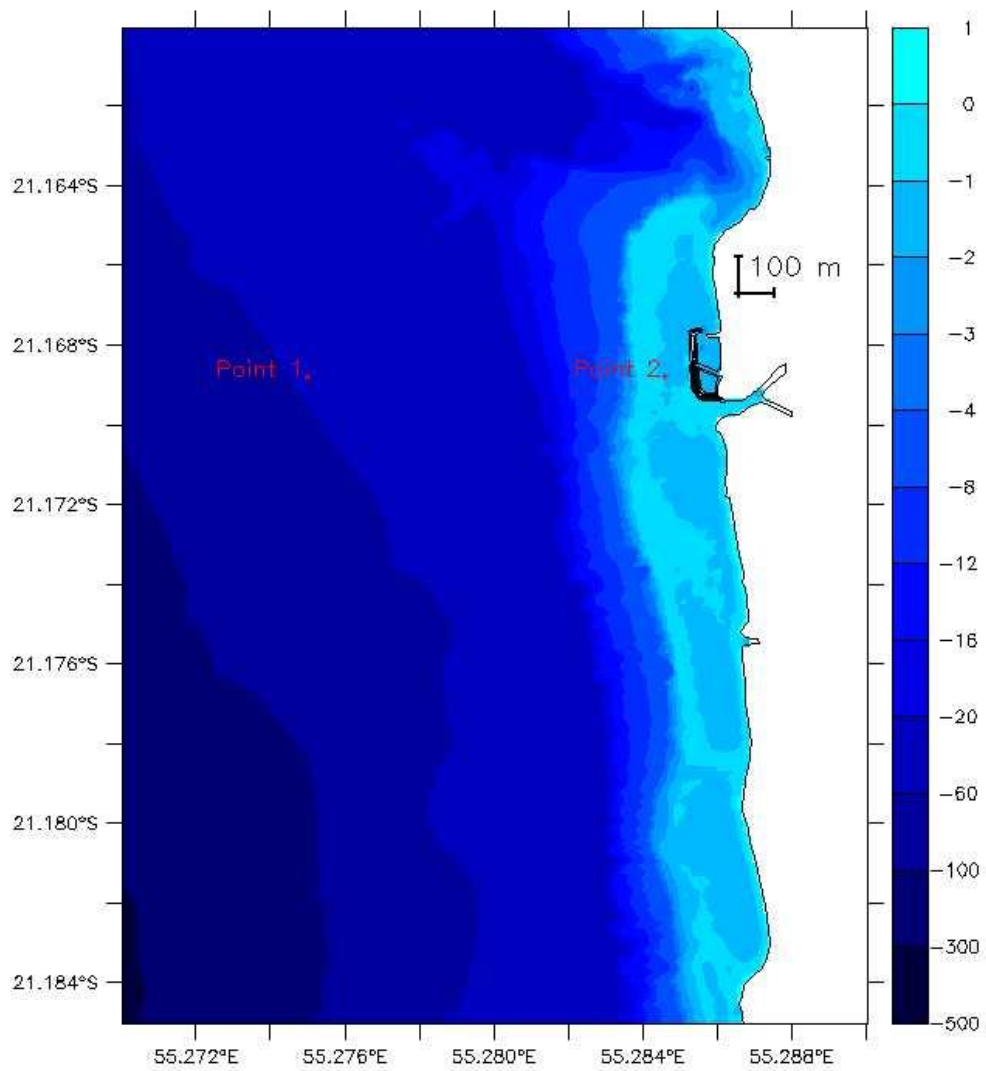


Figure 4.2 : Localisation des points de visualisation de l'évolution du niveau d'eau (couleurs : bathymétrie m/NM)

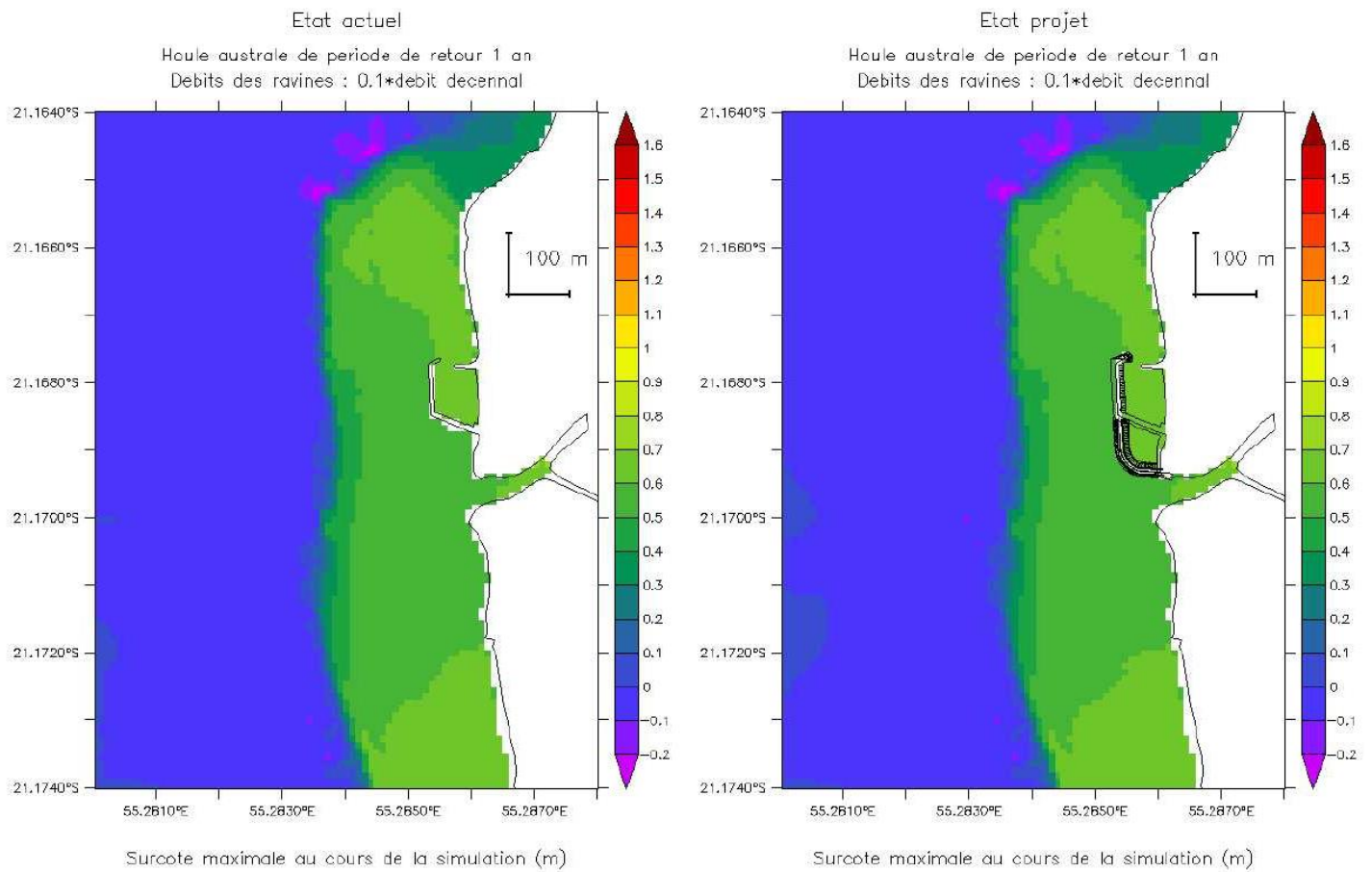


Figure 4.3 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits de 10% du débit décennal

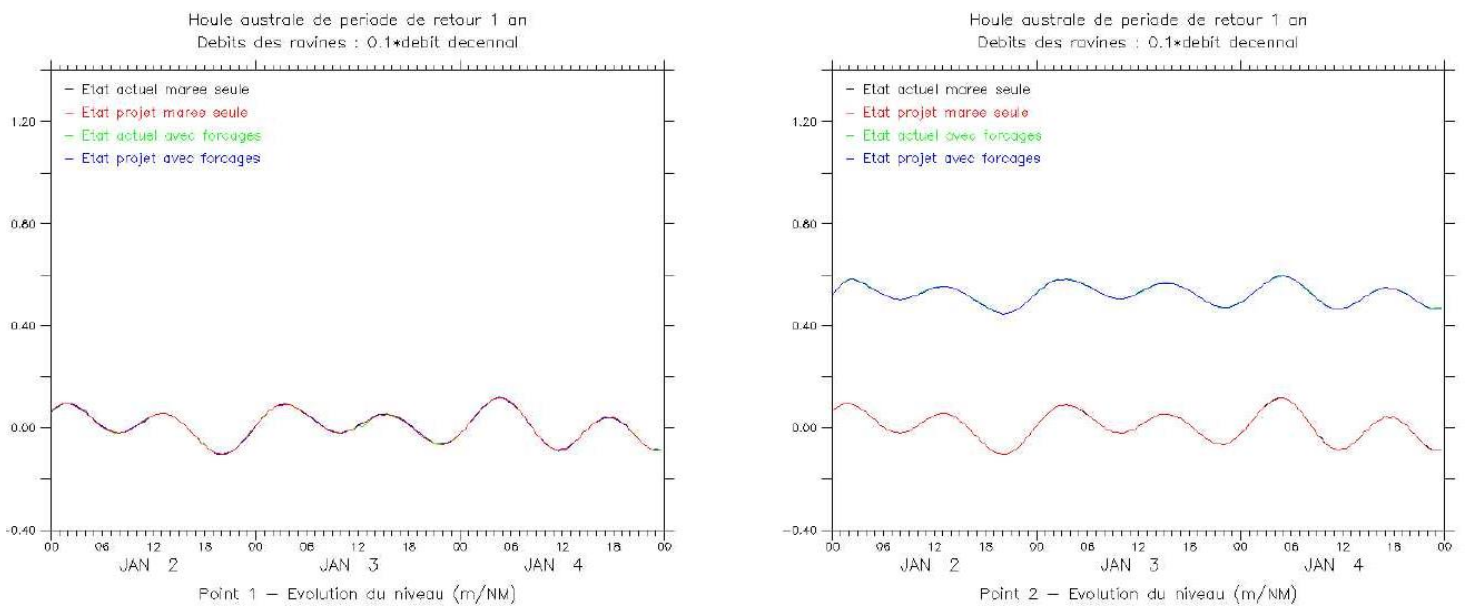


Figure 4.4 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour une houle de période de retour 1 an et des débits de 10% du débit décennal

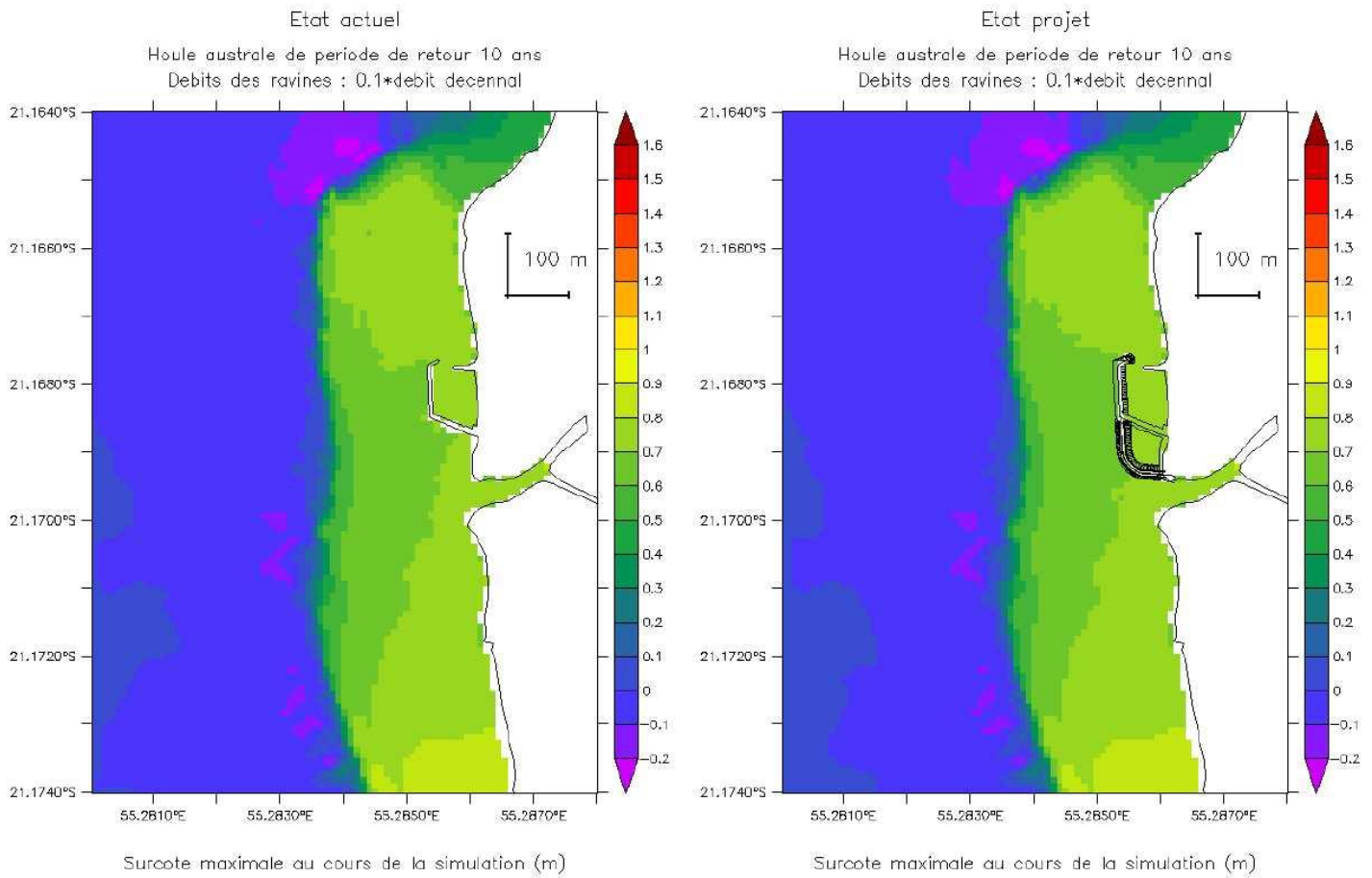


Figure 4.5 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 10 ans et des débits de 10% du débit décennal

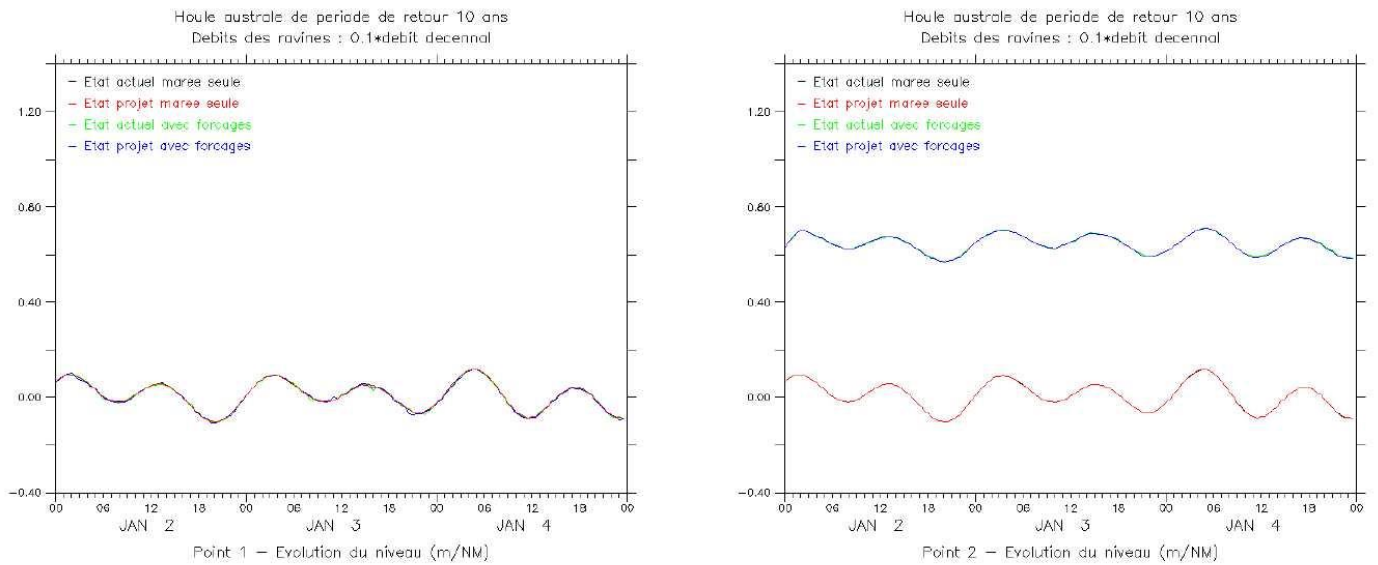


Figure 4.6 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour une houle de période de retour 10 ans et des débits de 10% du débit décennal

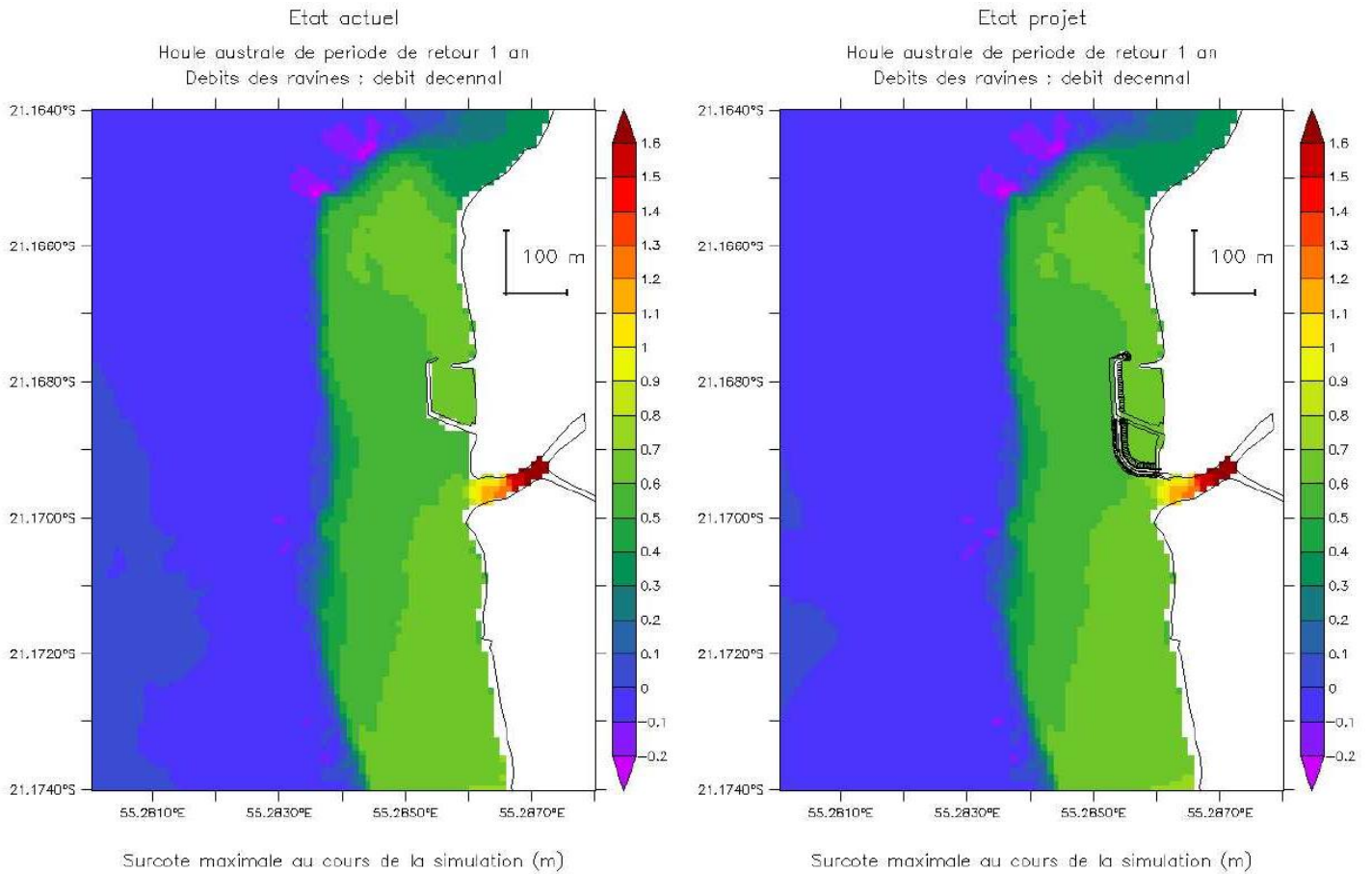


Figure 4.7 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits décennaux

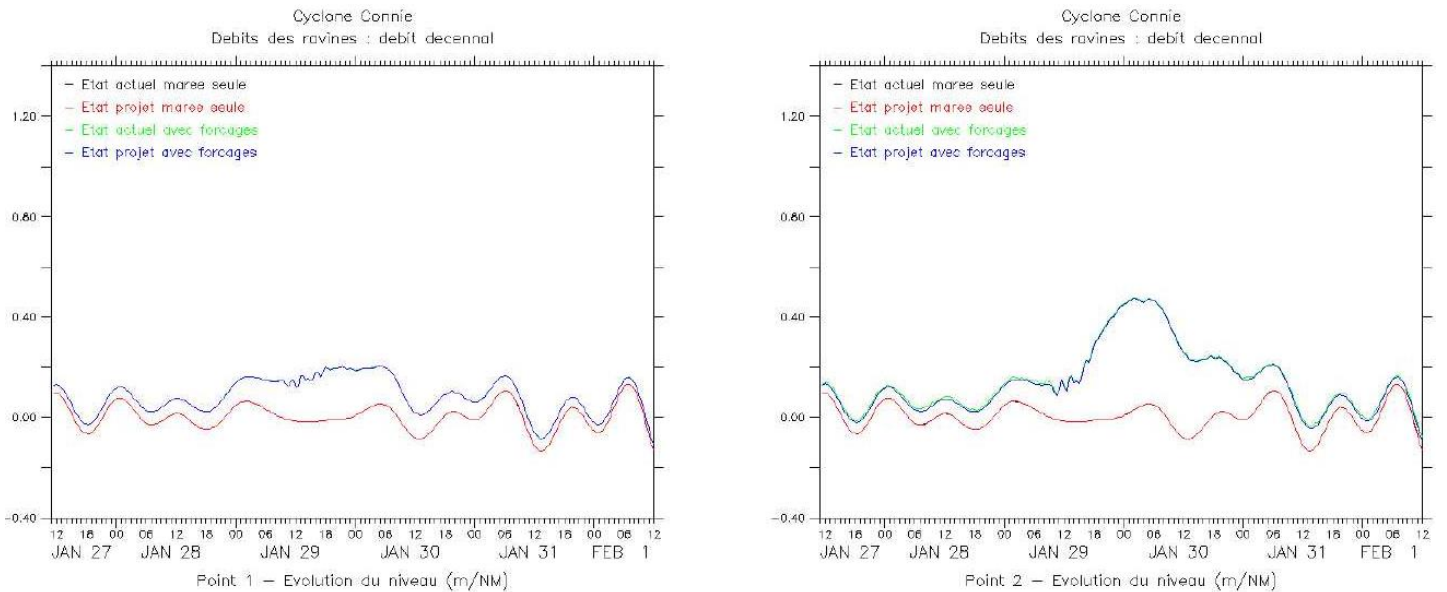


Figure 4.8 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour le cyclone Connie et des débits décennaux

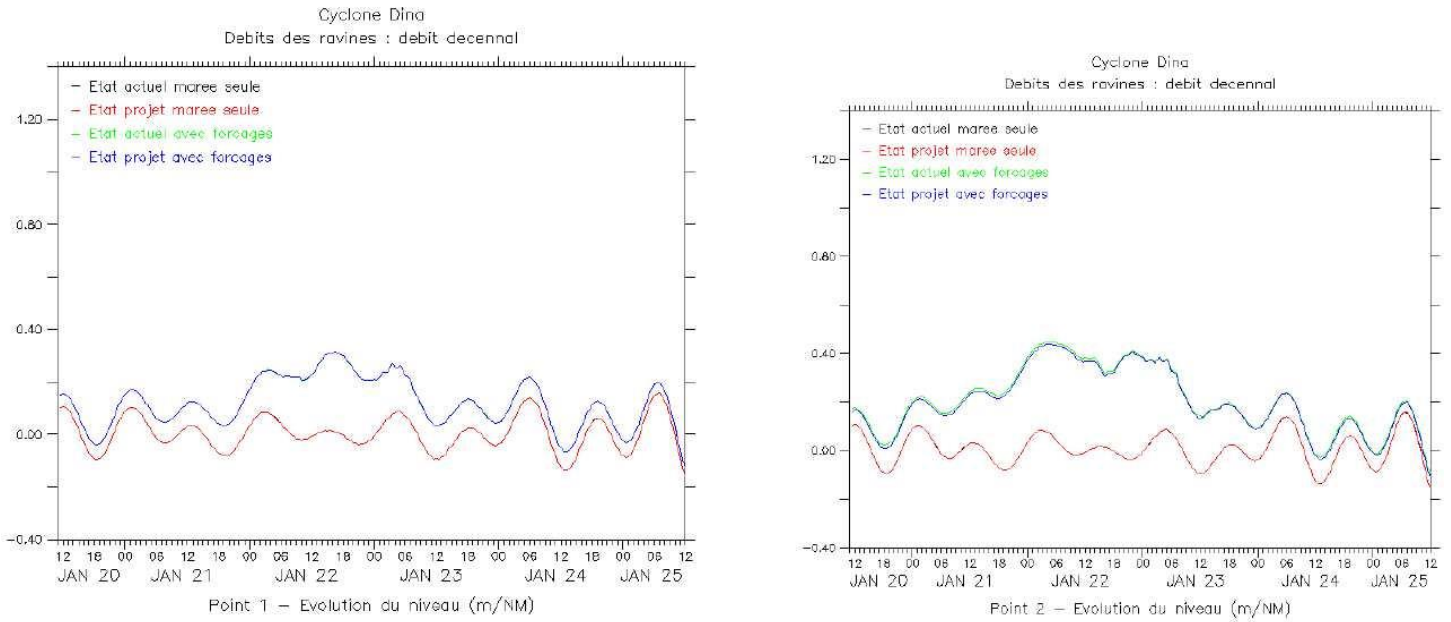


Figure 4.9 : Évolution du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour le cyclone Dina et des débits décennaux

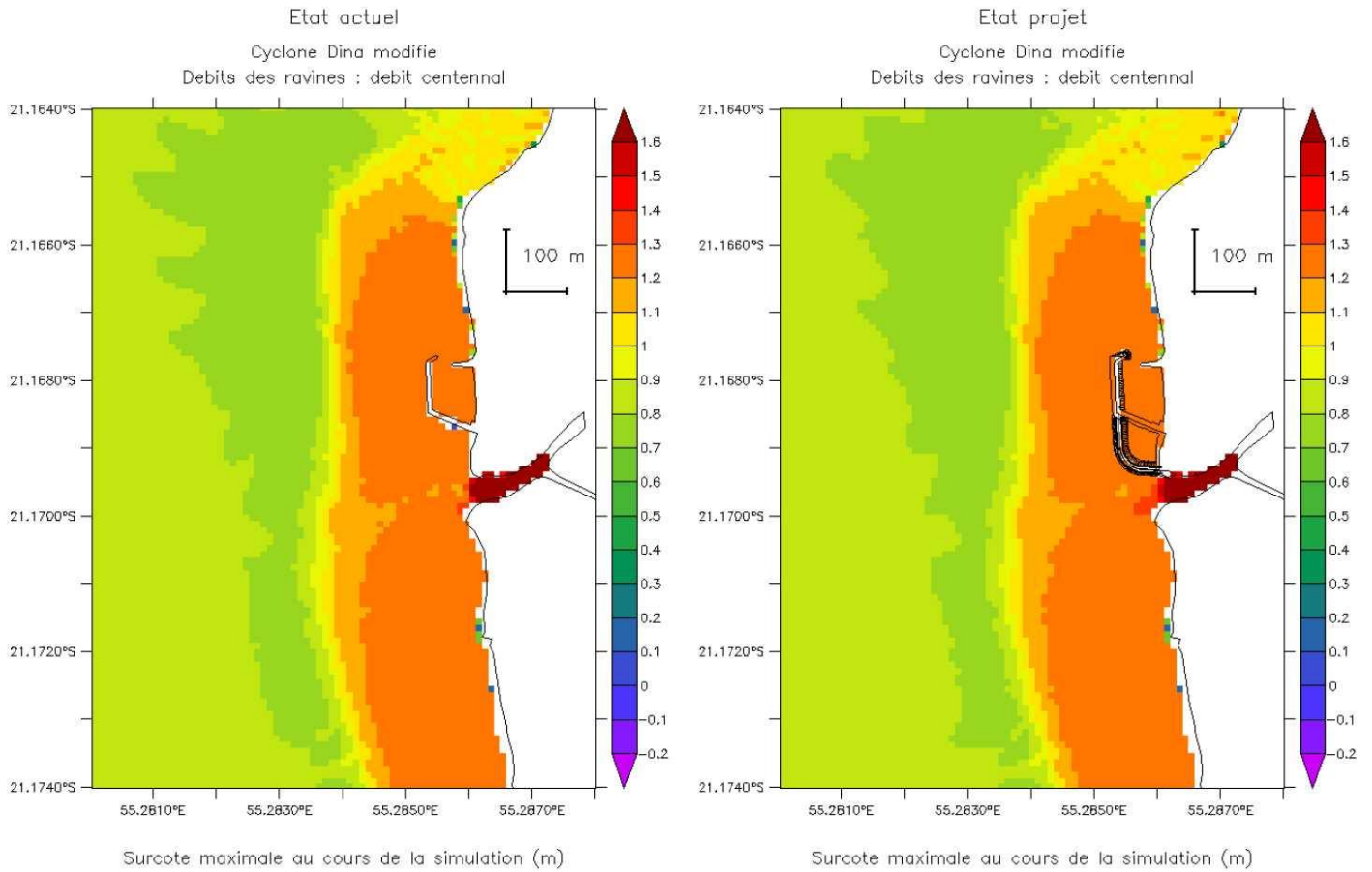


Figure 4.10 : Surcote maximale simulée pour le cyclone Dina modifié et des débits centennaux

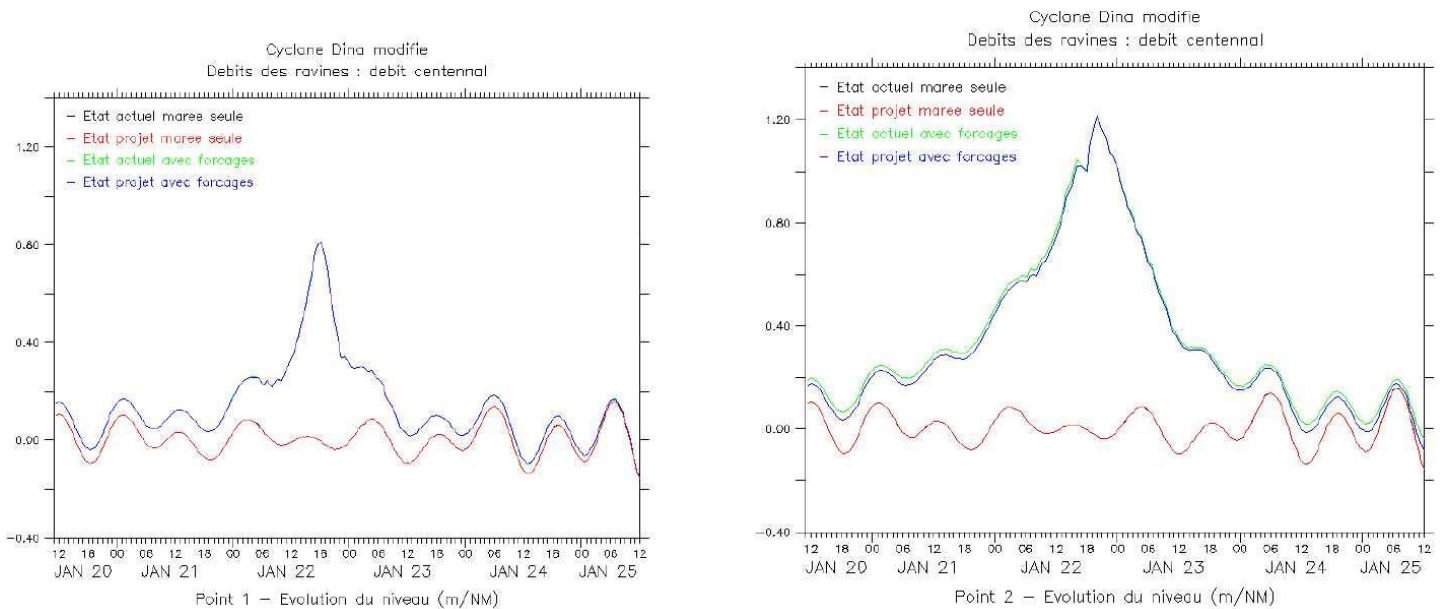


Figure 4.11 : Évolutions du niveau d'eau aux points 1 et 2 pour le cyclone Dina modifié et des débits centennaux

Les différentes figures présentées (cartes de surcotes maximales et évolutions temporelles : Figure 4.3 à Figure 4.11) mettent en évidence le peu d'effet du projet sur les surcotes.

Pour quantifier cet effet plus précisément, deux zones sont définies :

- Zone 1 : dans le lagon devant le port ;

Cette zone est représentative de la surcote simulée dans le lagon ; elle est également très proche du projet envisagé puisqu'elle longe la digue ;

- Zone 2 : à l'embouchure de la ravine ;

Cette zone correspond à l'endroit où le projet a le plus d'effet sur les surcotes (voir Figure 4.12).

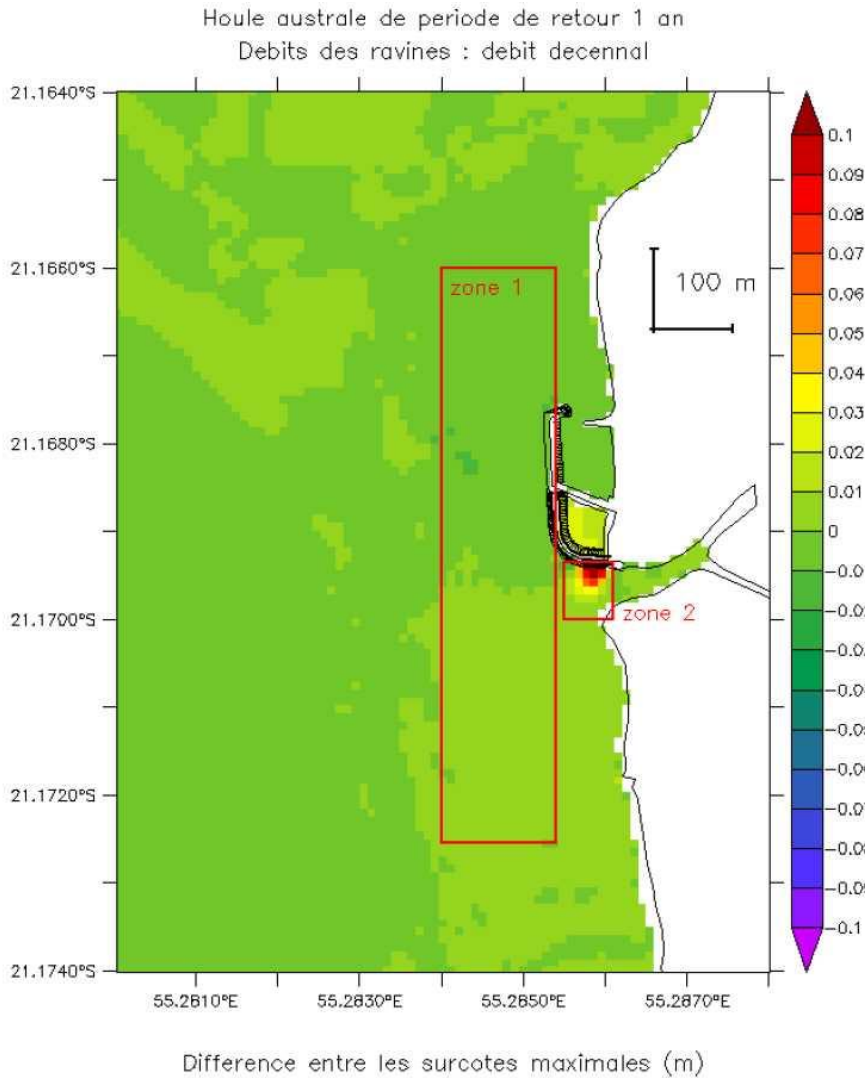


Figure 4.12 : Position des zones 1 et 2 - différence entre les surcotes maximales en état actuel et en état projet (opération effectuée : état projet – état actuel)

Le Tableau 4.1 et le Tableau 4.2 indiquent les maxima et moyennes simulés dans les zones 1 et 2 en état actuel et en état projet.

Ils indiquent également l'écart en pourcentage provoqué par le projet.

Conditions	Maximum état actuel (m)	Maximum état projet (m)	Ecart (%)*	Moyenne état actuel (m)**	Moyenne état projet (m)**	Ecart (%)*
houle australe (1 an) ravines : 10% du débit décennal	0.62	0.62	<(+/-)1%	0.56	0.56	<(+/-)1%
houle australe (10 ans) ravines : 10% du débit décennal	0.76	0.76	<(+/-)1%	0.68	0.68	<(+/-)1%
houle australe (1 an) ravines : débit décennal	0.62	0.63	<(+/-)1%	0.58	0.58	<(+/-)1%
cyclone Connie ravines : débit décennal	0.48	0.47	<(+/-)1%	0.41	0.41	<(+/-)1%
cyclone Dina ravines : débit décennal	0.53	0.53	<(+/-)1%	0.46	0.46	<(+/-)1%
cyclone Dina modifié ravines : débit centennal	1.26	1.27	<(+/-)1%	1.17	1.18	<(+/-)1%

* : (valeur en état projet – valeur en état actuel)/valeur en état actuel

** : moyenne des surcotes maximales obtenues dans la zone

Tableau 4.1 : Résultats des surcotes en zone 1

On constate que le projet n'a aucun impact sur les surcotes dans la zone 1. Tous les écarts sont inférieurs à 1% de la surcote actuelle.

Conditions	Maximum état actuel (m)	Maximum état projet (m)	Ecart (%)*	Moyenne état actuel (m)**	Moyenne état projet (m)**	Ecart (%)*
houle australe (1 an) ravines : 10% du débit décennal	0.59	0.60	<(+/-)1%	0.58	0.59	<(+/-)1%
houle australe (10 ans) ravines : 10% du débit décennal	0.72	0.73	<(+/-)1%	0.71	0.71	1.1%
houle australe (1 an) ravines : débit décennal	0.91	0.92	<(+/-)1%	0.64	0.68	5.3%
cyclone Connie ravines : débit décennal	0.99	0.98	<(+/-)1%	0.46	0.54	17.2%
cyclone Dina ravines : débit décennal	1.00	1.01	<(+/-)1%	0.53	0.58	9.1%
cyclone Dina modifié ravines : débit centennal	1.64	1.57	-4.1%	1.19	1.25	4.8%

* : (valeur en état projet – valeur en état actuel)/valeur en état actuel

** : moyenne des surcotes maximales obtenues dans la zone

Tableau 4.2 : Résultats des surcotes en zone 2

Dans la zone 2, le projet a peu d'impact sur les maxima des surcotes. Seule une légère diminution est constatée en cas de débit centennal ; mais il faut rappeler que pour cette condition, la pente fluviale est forte en raison du débit de 308 m³/s injecté dans la ravine (voir Figure 4.10) et conditionne le maxima obtenu dans la zone 2.

En revanche, le projet entraîne une augmentation de la moyenne des surcotes dans cette zone lorsque le débit de la ravine est fort (débit décennal ou centennal). Cette augmentation peut atteindre une dizaine de centimètres (8cm dans le cas du cyclone Connie).

Cet effet du projet est dû au prolongement de la digue qui canalise l'écoulement et empêche l'eau de s'évacuer au nord de l'embouchure. Ainsi, le maximum des surcotes atteint n'est pas modifié mais le niveau reste élevé dans une zone plus vaste autour de l'embouchure de la ravine. Cet impact reste donc très localisé et n'intervient qu'en cas de débit exceptionnel (pas d'effet constaté pour un débit égal à 10% du débit décennal).


Les modèles Seamer et Swan ont été mis en œuvre pour chaque configuration du port sur 6 conditions météo-océaniques différentes faisant intervenir des conditions variées en termes de houles et de cyclones.

Les résultats ont mis en évidence que le projet n'a aucun effet significatif sur les surcotes dans le lagon de Saint Leu, et ce quelles que soient les conditions simulées (y compris pour une situation extrême d'un cyclone passant sur l'île avec un débit de la ravine d'occurrence centennale).

L'impact du projet est limité à la zone de l'embouchure de la ravine où le fait que le débouché soit canalisé par l'extension de la digue entraîne une légère augmentation du niveau moyen lorsque le débit de la ravine est extrême (décennal ou centennal). Cette augmentation est de l'ordre de quelques centimètres (8cm pour le cyclone Connie) sur la moyenne des surcotes maximales dans la zone.

Toutefois, le rédacteur précise que les conclusions des simulations mathématiques effectuées dans le cadre de la présente étude doivent être appréhendées avec précaution en raison des caractéristiques de la zone d'étude qui comprend des récifs frangeants de faible emprise et des phénomènes de forçage dans le lagon complexes difficilement modélisables.

4.1.2 Effets du projet sur la dynamique hydro-sédimentaire

 Étude hydrosédimentaire, Actimar/SAFEGE – 2012

4.1.2.1 Conditions de simulation

Pour étudier l'impact du projet sur la dynamique sédimentaire, deux processus intervenants dans l'ensablement du port seront pris en compte :

- L'apport des ravines en matériaux fins : le débit solide des ravines est pris en compte en considérant comme hypothèse une concentration de 1 g/l dans la ravine en période de cyclone³ et 50 mg/l hors période cyclonique⁴ ;

Les matériaux pris en compte sont fins (diamètre de quelques dizaines de microns) ;

- L'apport par transport des sédiments présents sur le fond du lagon (principalement venant du sud étant donné le sens privilégié des courants) : un diamètre médian de 500 microns est considéré pour maximiser le transport dans le lagon (diamètre minimal mesuré dans le lagon : 574 microns).

	Processus étudié	Conditions météo-océanique	Débit des ravines	Diamètre des sédiments considérés (microns)
1	Apport des sédiments présents sur le fond	Marée seule	10% du débit décennal	500
2		Houle australe fréquente 2m 12s 200°	10% du débit décennal	500
3		Houle australe période de retour 1 an	10% du débit décennal	500
4		Cyclone Dina	débit décennal	500
5	Apport des ravines	Marée seule	10% du débit décennal	30
6		Houle australe fréquente 2m 12s 200°	10% du débit décennal	30
7		Houle australe période de retour 1 an	10% du débit décennal	30
8		Cyclone Dina	débit décennal	30

Tableau 4.3 : Scénarios pour l'étude hydro-sédimentaire

4.1.2.2 Résultats sur l'apport en matériaux fins des ravines

A- Préalable

Les particules de sédiments fins amenées par les ravines sont transportées par les courants, elles tendent à se décanter du fait de leur vitesse de chute et si elles se déposent (formulation de Krone dans le modèle hydro-sédimentaire), elles ne seront ensuite remises en suspension que si les conditions hydrodynamiques sont

³ L'apport des ravines est de 250 à 500 m³/an/km². En considérant qu'un événement cyclonique amenant un débit de période de retour 10 ans dans les ravines correspond à l'apport annuel moyen en matériaux, on obtient pour la ravine des Grand et Petit Étang une concentration de l'ordre de 1g/l

⁴ Niveau de MES mesuré dans la zone d'étude lors de la campagne de CTSI

suffisamment actives (formulation de Parthéniades dans le modèle hydro-sédimentaire).

Afin d'évaluer le comblement du bassin du port dû aux apports en sédiments fins des ravines et l'influence du projet sur ces processus, on utilise les paramètres suivants :

- Dépôt initial nul : le fond est considéré comme non érodable, seul le dépôt s'effectuant au cours de la simulation est considéré ;
- Débits solides des ravines constant (concentration : 50mg/l hors condition cyclonique, 1g/l en condition cyclonique). Les concentrations initiale et aux limites au cours de la simulation sont nulle ;
- Durée de la simulation : 3 jours sont simulés pour les simulations hors condition cyclonique et 5 jours pour le cyclone. La durée des simulations correspond à l'établissement d'une tendance stationnaire pour les scénarios à flux constant, et à la durée de l'événement pour les scénarios à forçage transitoire (passage du cyclone).

Remarque : Les incertitudes sur les débits des ravines tant liquide (m^3/s) que solide (kg/s) sont très grandes, c'est pourquoi les résultats doivent être considérés en valeur relative, entre état actuel et projet.

B- Résultats

Les pages suivantes présentent les résultats pour chaque simulation avec les cartes des dépôts obtenues à l'issue des simulations (soit après 3 jours pour les simulations hors cyclone et après 5 jours pour la simulation du cyclone Dina, le passage du maximum d'intensité du cyclone ayant lieu au milieu de la simulation).

Les résultats du modèle sont en mètres, l'échelle est logarithmique pour distinguer l'ensemble des dépôts même les plus faibles. Les résultats sont également synthétisés par l'évolution du bilan volumique sur 3 zones du port définies par :

- Zone1 : zone située au nord du port (surface de la zone définie : 3500 m^2) ;
- Zone 2 : bassin du port en état actuel (surface de la zone définie : 5600 m^2) ;
- Zone 3 : bassin du port en état projet, c'est-à-dire avec l'extension (surface de la zone définie : 10500 m^2).

En absence de houle (Figure 4.13), les sédiments se déposent immédiatement après l'exutoire de la ravine (au nord de la zone de protection intégrale) c'est-à-dire dès que les courants sont assez faibles pour permettre un dépôt. Dans la ravine, le débit (même à 10% du débit décennal) génère des courants suffisamment forts pour maintenir en suspension les particules. Le dépôt atteint au maximum 5 mm au bout de 3 jours dans les conditions simulées (apport solide des ravines constant).

En présence de houle (Figure 4.14 et Figure 4.15), l'agitation des vagues maintient les particules en suspension et le courant de dérive littorale (lui aussi forcé par les vagues) les transporte vers le nord jusqu'à la zone 1 au nord du port qui est abritée des houles

australes et où les courants sont plus faibles. Ainsi, une partie des sédiments amenés par les ravines arrive jusqu'au port, cette quantité reste toutefois très faible même avec un apport solide constant (dépôt maximal au bout de 3 jours : 1.4 mm en houle australe fréquente et 1.8 mm en houle australe annuelle dans les conditions simulées).

On note également de faibles dépôts en haut de plage sur l'ensemble du littoral.

En condition cyclonique, les apports des ravines sont beaucoup plus importants qu'en temps normal. Les sédiments amenés sont transportés au gré des courants et suivant la position du cyclone vers le nord ou vers le sud du lagon. En raison de la houle générée, ils se déposent seulement dans les zones abritées, c'est-à-dire la zone 1 et le bassin du port avec un dépôt maximal de 12 cm dans la zone 1 et 3 cm dans le port après 5 jours de simulations (voir Figure 4.16).

On rappelle que pour les besoins de la modélisation, il a été choisi une concentration de 1g/l et un débit décennal dans la simulation de Dina considérée. Le flux solide est donc 200 fois plus important que pour les simulations hors cyclone et ce flux est considéré constant pendant 5 jours.

L'apport en sédiments et les dépôts qui en découlent sont donc vraisemblablement surestimés.

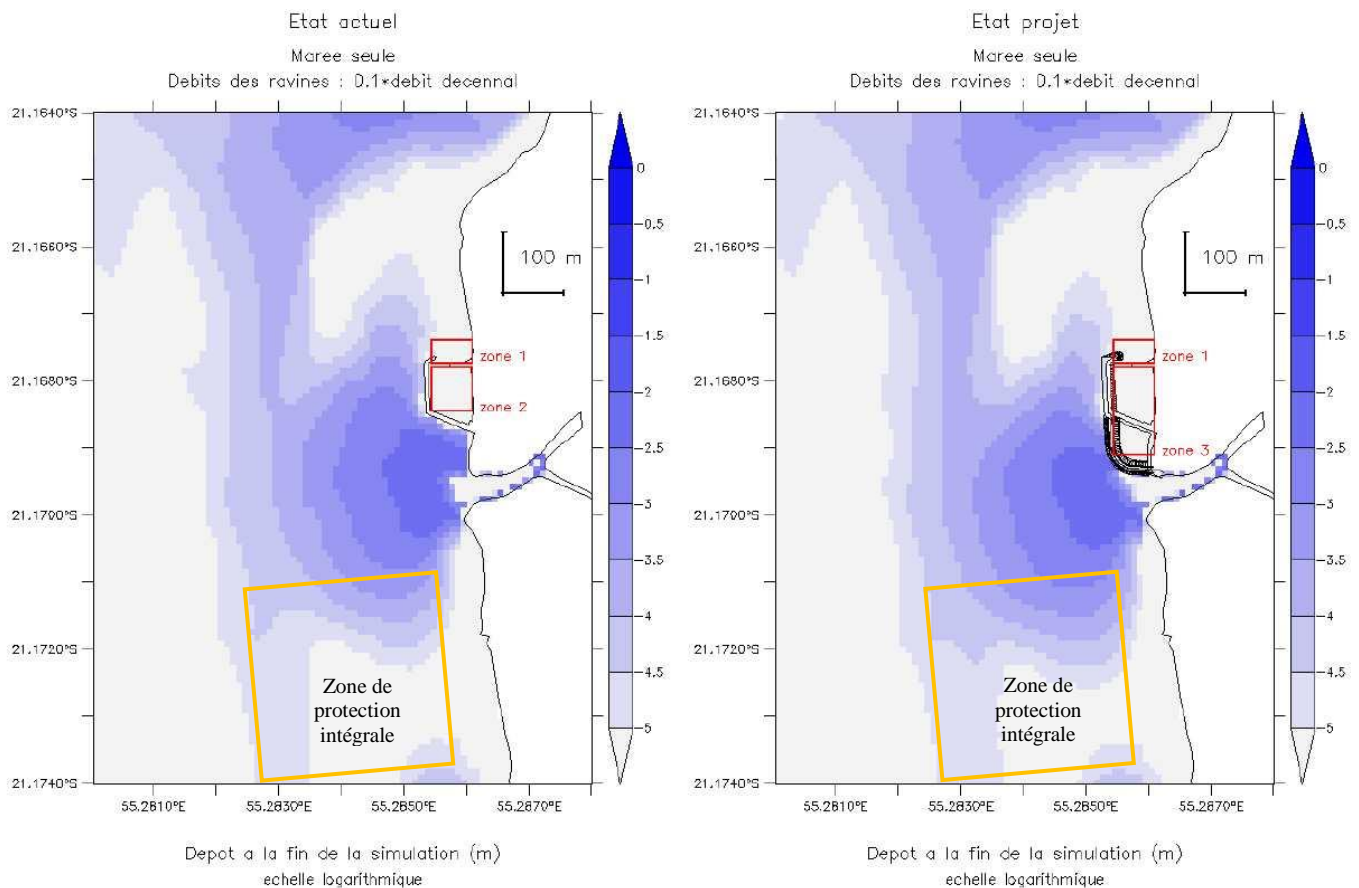


Figure 4.13 : Dépôt après 3 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 50mg/l) – marée seule

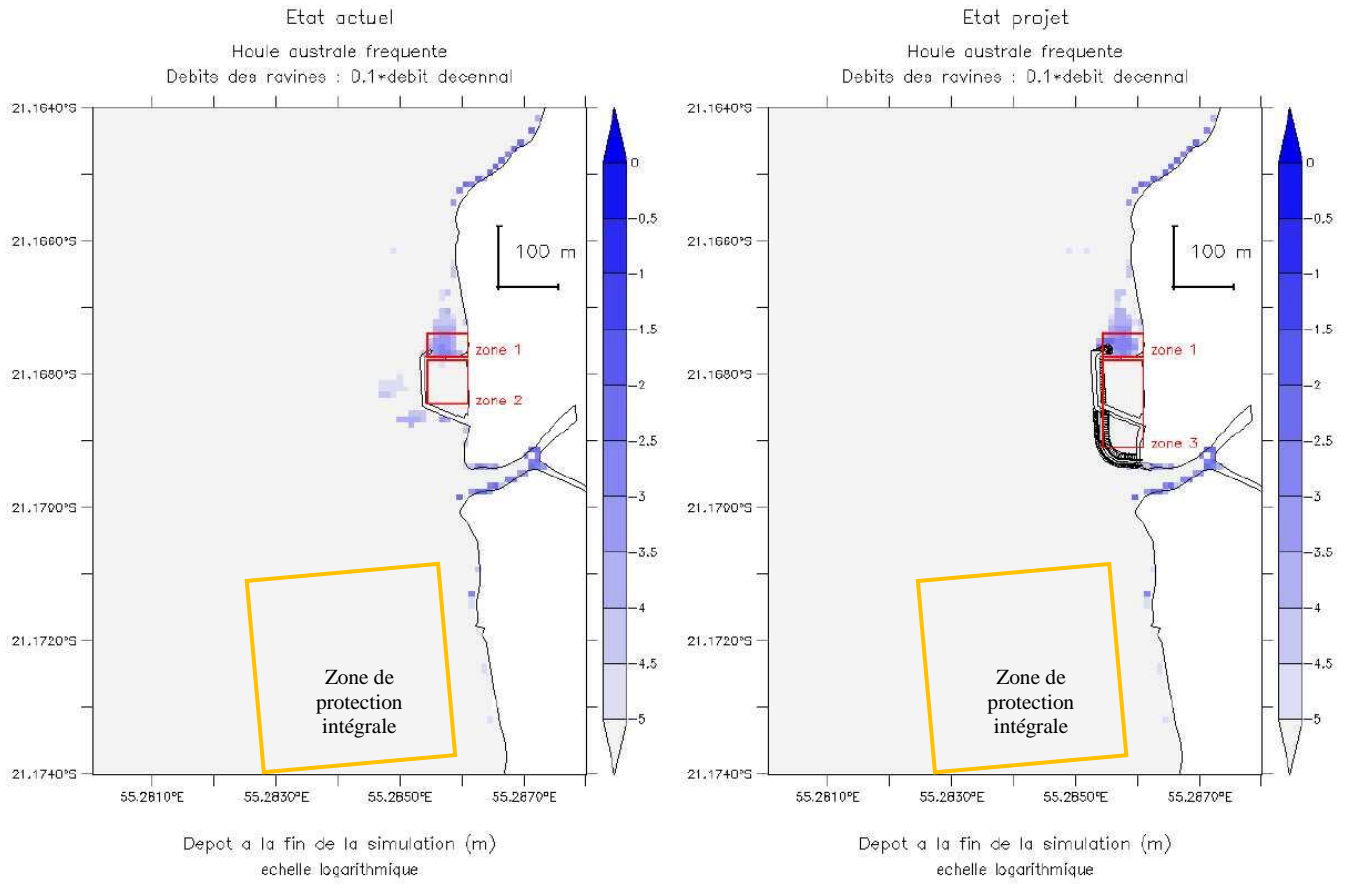


Figure 4.14 : Dépôt après 3 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 50mg/l) – houle fréquente

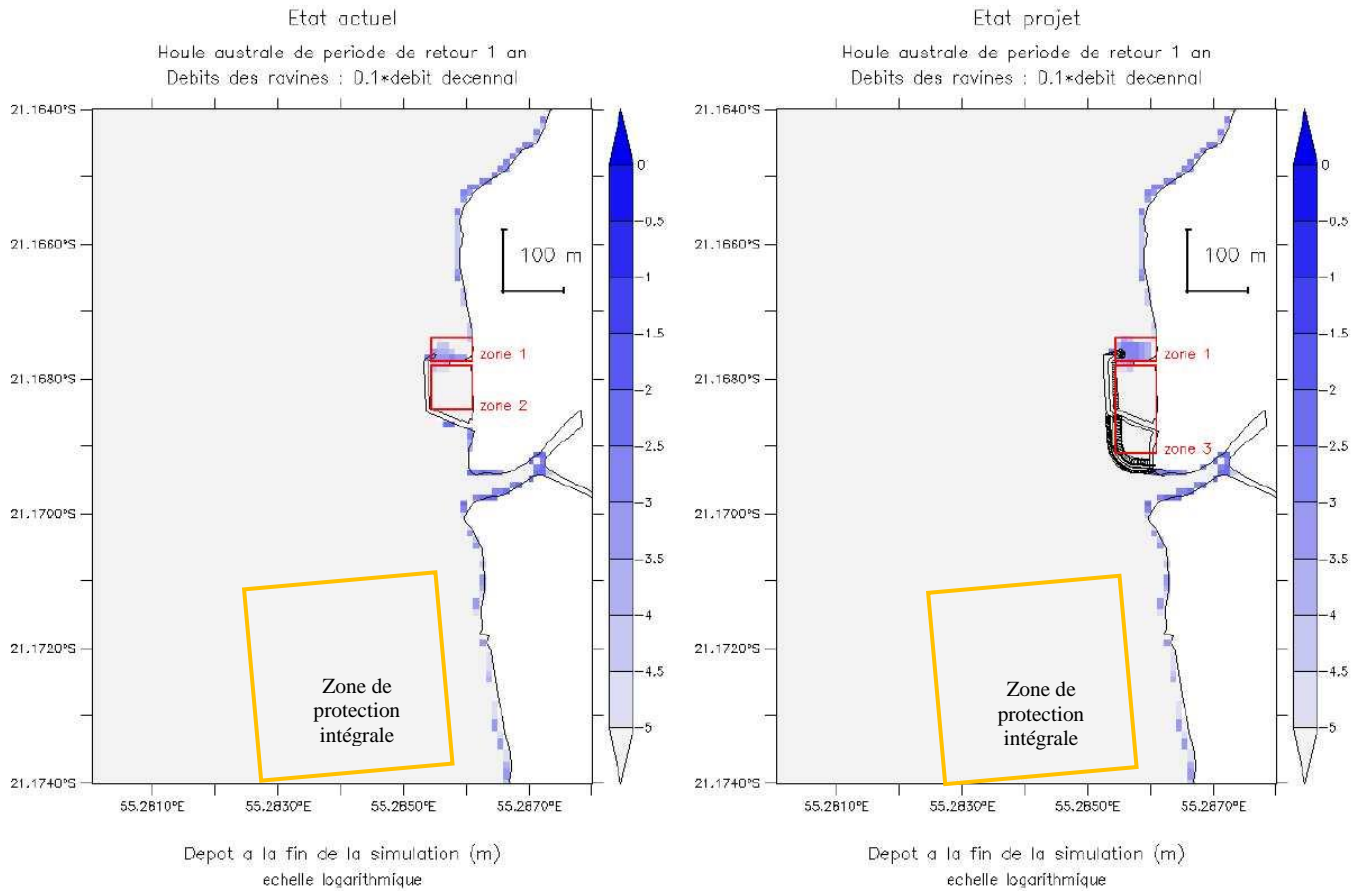


Figure 4.15 : Dépôt après 3 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 50mg/l) – houle annuelle

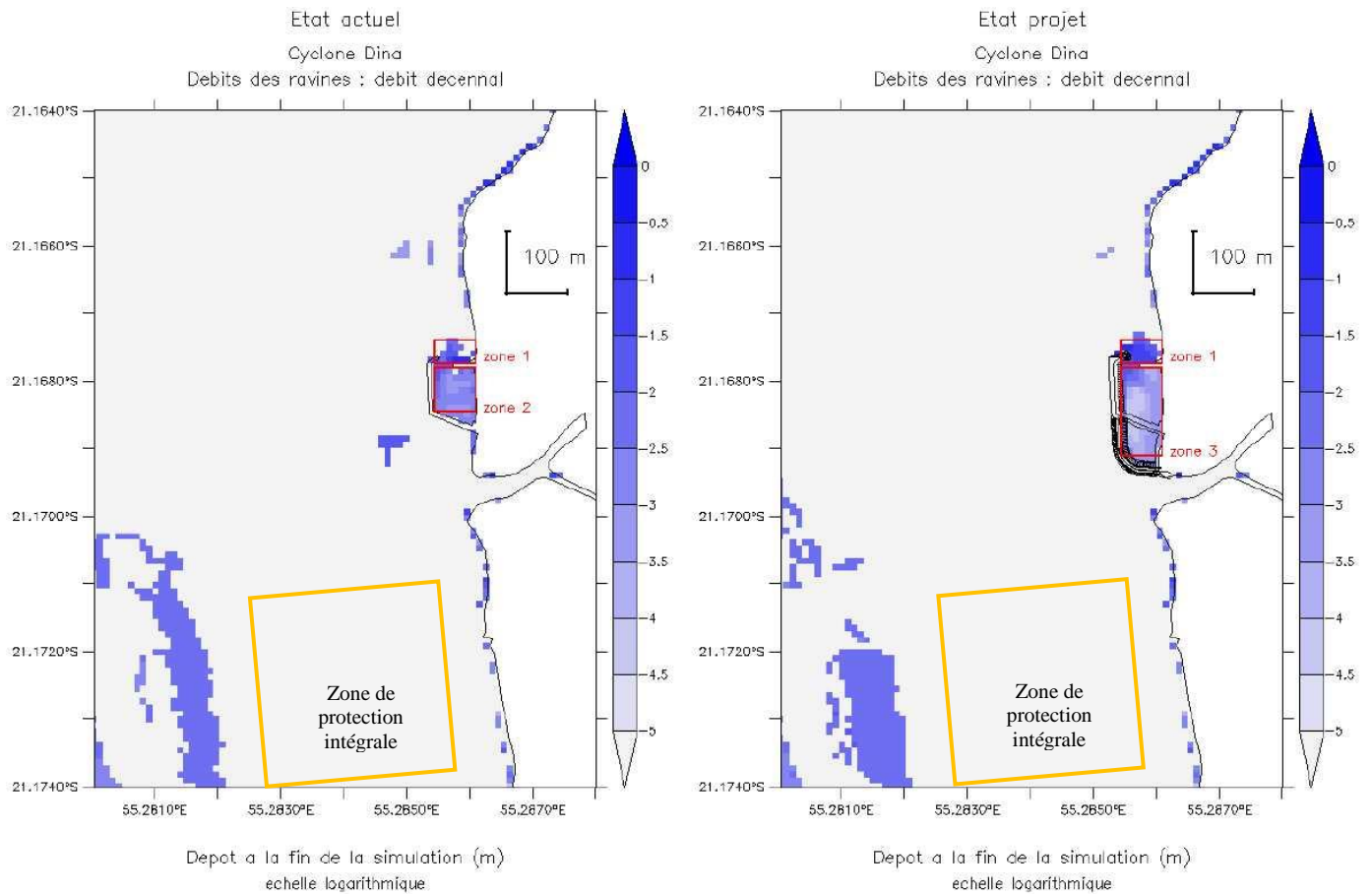


Figure 4.16 : Dépôt après 5 jours de simulation (apport en particules fines par la ravine - concentration de la ravine 1 g/l) – cyclone Dina

Les différentes figures présentées (cartes de dépôts : Figure 4.13 à Figure 4.16) montrent que le projet ne modifie pas les zones de dépôt.

Les zones 1, 2 et 3 définies sur les figures 4.13 à 4.16 permettent d'effectuer des calculs de post-traitement (l'évolution des volumes déposés dans chaque zone est tracée) pour comparer de façon plus synthétique les résultats du modèle en situation actuelle et aménagée.

Remarque : les simulations en marée seule ne sont pas tracées car la Figure 4.13 montre que le projet n'a aucun effet sur le comblement dans le port puisqu'il n'y a pas de dépôt dans le bassin.

En condition de houle australe (Figure 4.17), le projet abrite davantage la zone 1 en raison de l'allongement du musoir (réduction de la passe d'entrée) ; cet aménagement tend à augmenter le volume déposé dans la zone 1 (multiplication par un facteur de 2,5 à 2,8).

Dans le port, le dépôt en état projet est plus important qu'en état actuel pour une houle annuelle mais il est plus faible pour une houle fréquente (remarque : le volume déposé

dans la zone 3 en état projet n'a pas été tracé car il se superpose au volume déposé dans la zone 2 ; autrement dit, il n'y a pas de dépôt au fond du port). Il faut noter que les volumes déposés sont deux ordres de grandeurs plus faibles que dans la zone 1 pour une surface couverte plus importante.

Étant donné les flux solides considérés qui sont probablement surestimés (débit constant à 10% du débit décennal, concentration à 50 mg/l), on peut conclure que les apports des ravines ont un effet négligeable sur le comblement du port en condition de houle australe et cela en état actuel comme en état projet.

En conditions cycloniques (Figure 4.18), on retrouve l'effet d'abri de la zone 1 en état projet qui tend à augmenter le volume déposé (multiplication par un facteur de 2 en état projet).

Dans le port, le passage du cyclone (nuit du 22 au 23 janvier 2002) est marqué par une augmentation des dépôts qui tendent ensuite à se stabiliser une fois le cyclone passé. Le projet ne modifie pas cette évolution mais tend à diminuer les dépôts dans le bassin, même en considérant l'ensemble du bassin en état projet (zone 3).

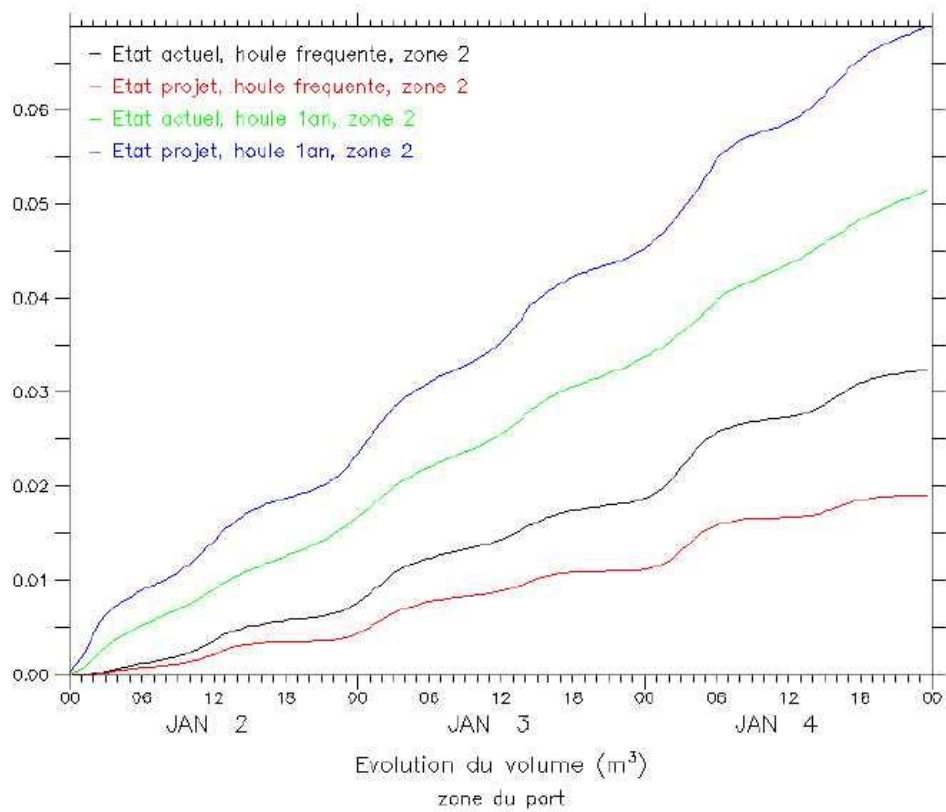
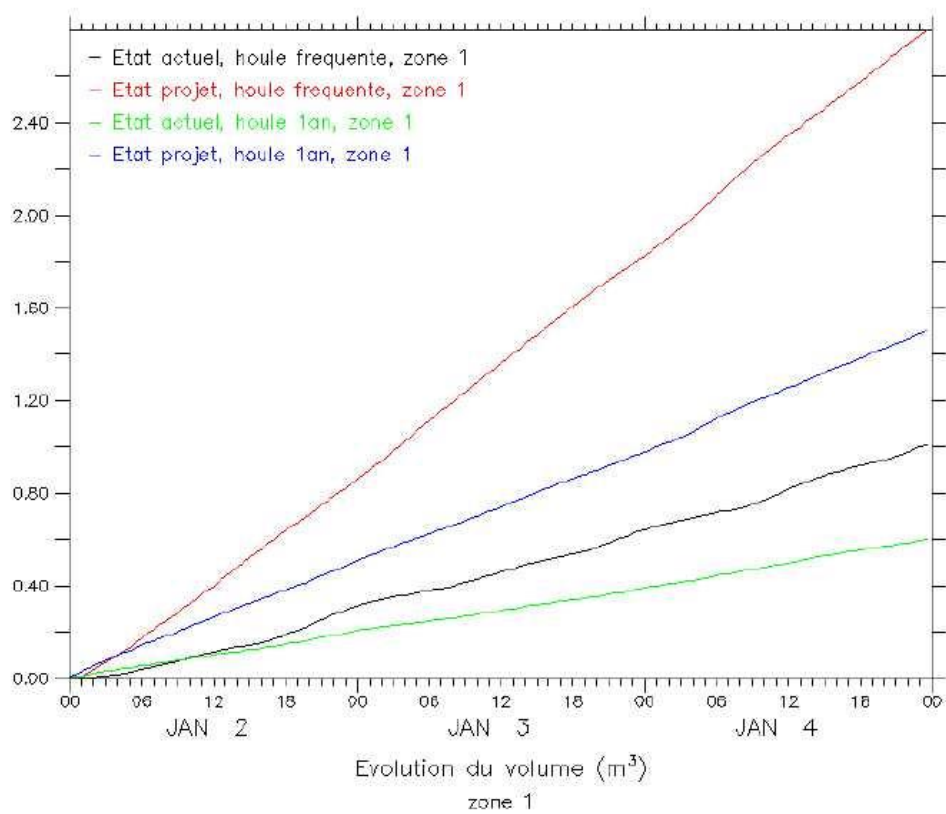


Figure 4.17 : Evolution des volumes dans les zones 1, 2 et 3 pour les conditions hors cyclone

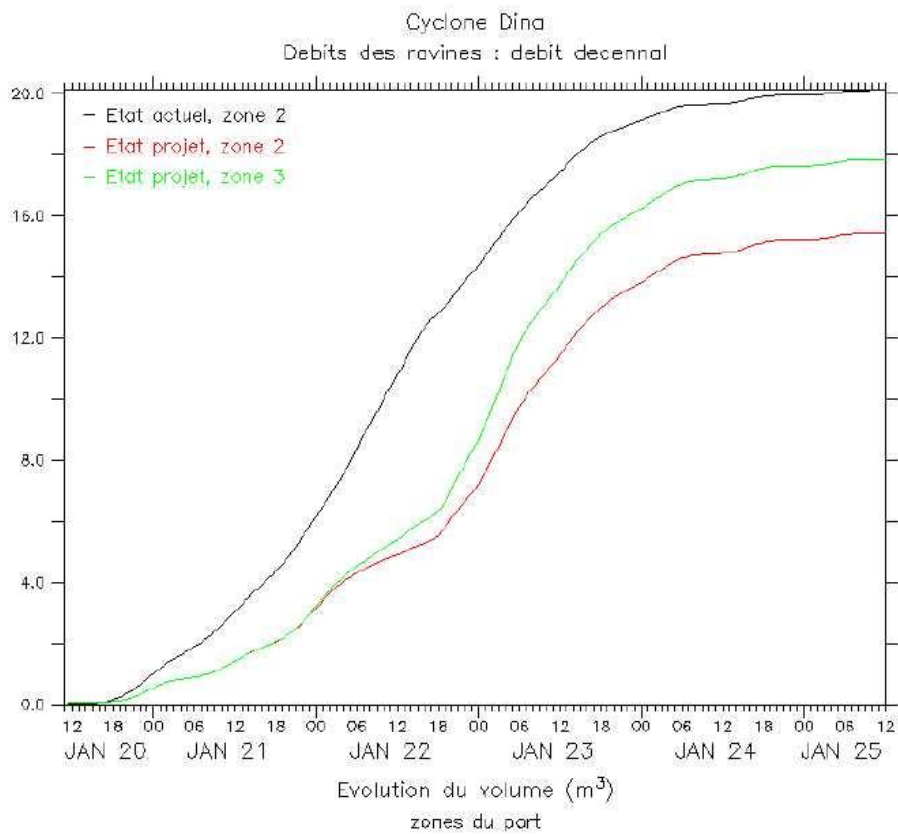
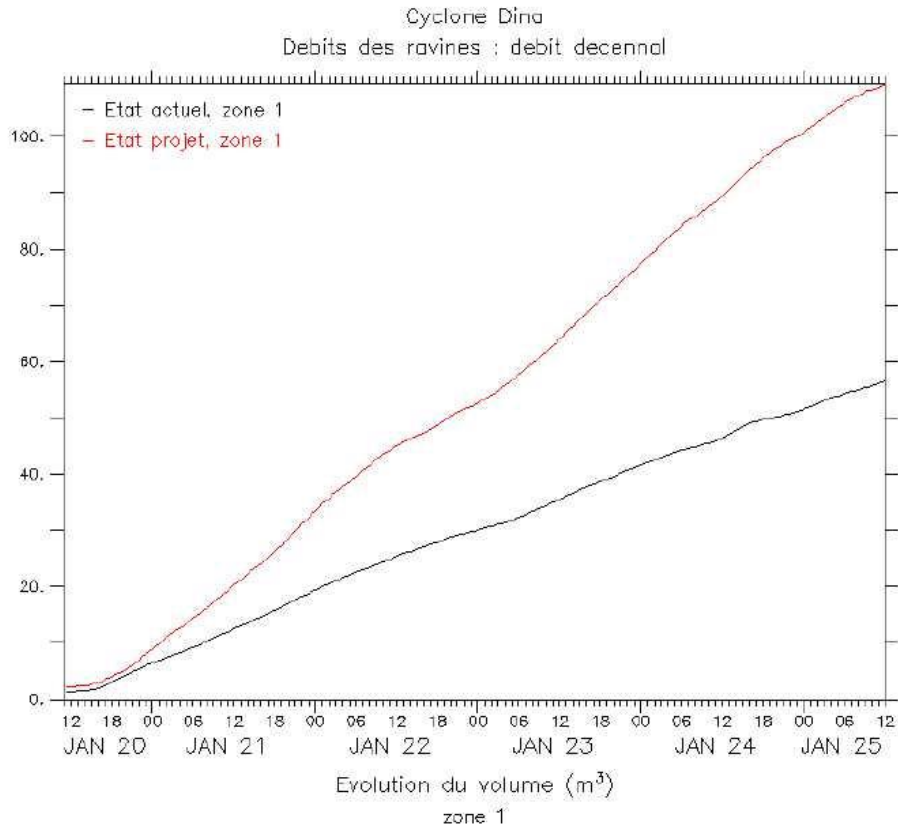


Figure 4.18 : Evolution des volumes dans les zones 1, 2 et 3 pour le cyclone Dina

Les modèles Seamer et Swan ont été mis en œuvre pour chaque configuration du port sur 4 conditions météo-océaniques faisant intervenir des conditions variées en termes de forçages (débits, marée, houle, cyclone). L'apport solide en particules fines est considéré par des flux solides introduits dans les ravines.

Les résultats ont mis en évidence que le projet augmente d'un facteur 2 à 2.8 l'envasement de la zone située au nord de la digue d'entrée du port en conditions de houle australe ou de cyclone. Cette zone se situe à plus de 150 mètres du platier de la corne du récif et à environ 400 mètres de la pente externe qui constituent les zones à forte sensibilité écologiques situées à proximité du projet. Ces distances doivent permettre de limiter les interactions négatives avec les récifs coralliens.

L'envasement du bassin du port est très faible en état actuel, il reste faible en état projet et diminue même en conditions cycloniques. Dans le reste du lagon, les effets du projet apparaissent très limités.

On relève en situation de marée seule un très léger déplacement vers le sud du cône de dépôt du débouché de la ravine qui n'apparaît pas significatif. Le projet n'induit donc pas de modification des dépôts des particules fines apportées par la ravine dans le lagon et en particulier dans la zone de protection intégrale de la RNMR.

Toutefois, le rédacteur précise que les conclusions des simulations mathématiques effectuées dans le cadre de la présente étude doivent être appréhendées avec précaution en raison des caractéristiques de la zone d'étude qui comprend des récifs frangeants de faible emprise et des phénomènes de forçage dans le lagon complexes difficilement modélisables.

4.1.3 Effets du projet sur le transport de sable

📖 Étude hydro-sédimentaire, Actimar/SAFEGE – 2012

4.1.3.1 Préalable

Le modèle Seamer prend en compte les principaux processus de dynamique sédimentaire liés à l'action des courants et des vagues.

Le transport de sable est calculé en chaque point du maillage du domaine par une formule de transport (ici Soulsby Van Rijn) appliquée à des sédiments de caractéristiques déterminées (granulométrie, vitesse de chute, tension critique d'érosion, seuil critique de mise en mouvement).

De plus les simulations ont été configurées en considérant que la répartition granulométrique des sables est constante et que la disponibilité en sable est infinie sur l'ensemble du domaine. Les résultats du modèle correspondent donc au transport potentiel. Le transport réel sera égal à cette valeur si le sédiment considéré est effectivement présent. Il pourra être plus faible s'il n'existe pas de sédiment sur le fond en quantité suffisante. Cette approche en termes de transport potentiel est adaptée

lorsque l'on ne dispose pas d'une cartographie précise de la présence/épaisseur de sable sur l'ensemble du domaine.

On rappelle également que la visualisation du transport sableux moyen est vectorielle, caractérisée par une norme et une direction. De manière schématique, les zones de convergence des vecteurs transports et/ou de gradient décroissant de ces mêmes vecteurs sont des zones de dépôt tandis que les tendances à l'érosion sont effectives dans les zones de divergence ou de gradient croissant.

Les transports sableux dépendent des conditions courantologiques et d'agitation observées sur la zone. Étant donné la variabilité des conditions climatiques et les incertitudes liées notamment au débit des ravines, on ne tentera pas ici de reproduire une évolution du site à long terme. Le modèle est utilisé afin de décrire les principales caractéristiques des modifications dues au projet affectant les processus de transport sableux.

Unité utilisée : l'unité m^2/s est une unité usuelle de transport de sable ; elle correspond plus précisément à $m^3/s/m$ ce qui permet de l'appréhender comme le flux (en volume) traversant une section de 1 mètre de large (dans la direction perpendiculaire au flux).

L'autre unité également utilisée pour décrire le transport de sable est le flux de masse en $kg/s/m$; pour l'obtenir il suffit de multiplier le flux volumique par la masse volumique du sédiment sec (en kg/m^3).

4.1.3.2 Résultats

Les pages suivantes présentent les résultats obtenus pour chaque simulation avec les cartes des transports potentiels moyens obtenus à l'issue des simulations (soit après 3 jours pour les simulations hors cyclone et après 5 jours pour la simulation du cyclone Dina, le passage du maximum d'intensité du cyclone ayant lieu au milieu de la simulation).

En absence de houle (Figure 4.19), seul le sable présent dans la ravine est transporté vers l'embouchure où il se dépose. Ailleurs, il n'y a pas de mouvement de sable, l'action de la marée est donc nulle sur les sables. Le projet augmente légèrement le transport à l'embouchure, la zone de dépôt est donc légèrement décalée vers l'ouest. Cet effet rejoint l'impact observé sur les surcotes (voir § 4.1.1). Il n'y a pas d'autre effet dans le lagon.

Il est à noter que plus le débit de la ravine est faible plus les courants dans la ravine sont faibles.

Comme la quantité de sable transportée est fonction puissance 3 à 5 du courant, le transport peut être très faible voire nul lorsque le débit est faible.

En présence de houle (Figure 4.20 et Figure 4.21), ce facteur devient prépondérant du transport de sable. La dérive littorale générée par la houle sur la limite du platier récifal provoque alors un transport très important orienté du sud vers le nord.

Comme il n'y a pas de sable sur la barrière du platier, le caractère « potentiel » du transport calculé doit être gardé en mémoire. Dans le lagon, la houle génère également un transport orienté du sud vers le nord jusqu'au niveau du port puis une zone de recirculation au nord du port. Ce schéma de circulation des sables n'est pas modifié par le projet.

Le port est situé dans une zone abritée, le transport de sable y est donc nul. Par ailleurs, au niveau de l'entrée du port, le transport est également nul en houle fréquente et faible en houle annuelle. L'ensablement du port est donc très faible. Le projet abrite davantage la zone d'entrée du port, ce qui conduit à une réduction des apports dans le bassin portuaire.

D'après ces résultats, le projet ne modifie donc pas la capacité de l'environnement à ensabler le port en conditions normales.

En condition cyclonique (Figure 4.22), le processus dominant est le débit de la ravine (débit décennal dans la simulation) qui génère un transport très élevé dans la ravine et une zone de fort gradient décroissant du transport à l'embouchure. Ce gradient provoque une zone de dépôt des sables à l'embouchure. Le projet ne modifie pas cette dynamique.

Le port et l'entrée du port restent dans une zone de transport nul, l'ensablement du bassin est donc négligeable ce qui n'est pas modifié par le projet.

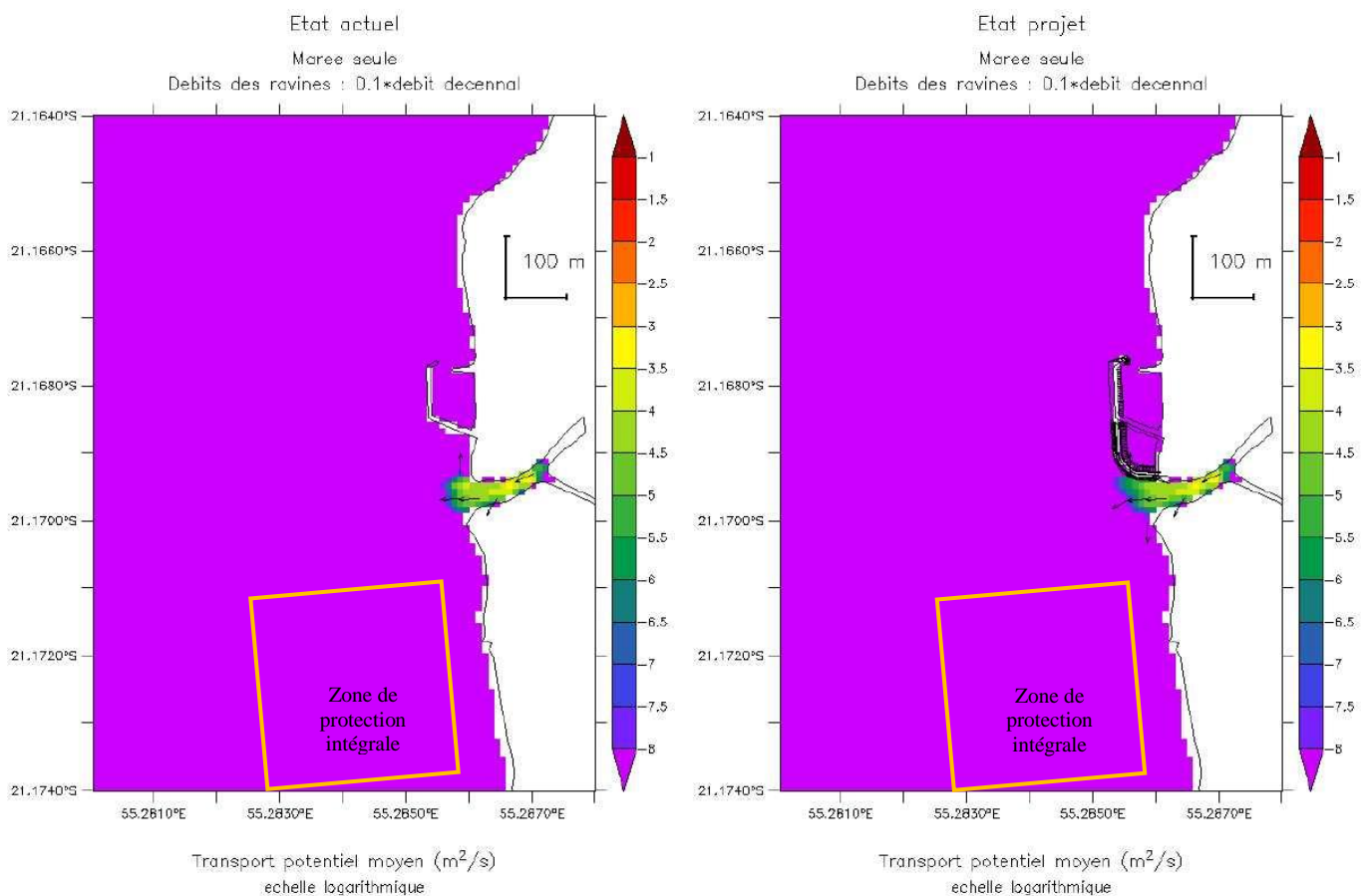


Figure 4.19 : Transport potentiel moyen sur 3 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – marée seule

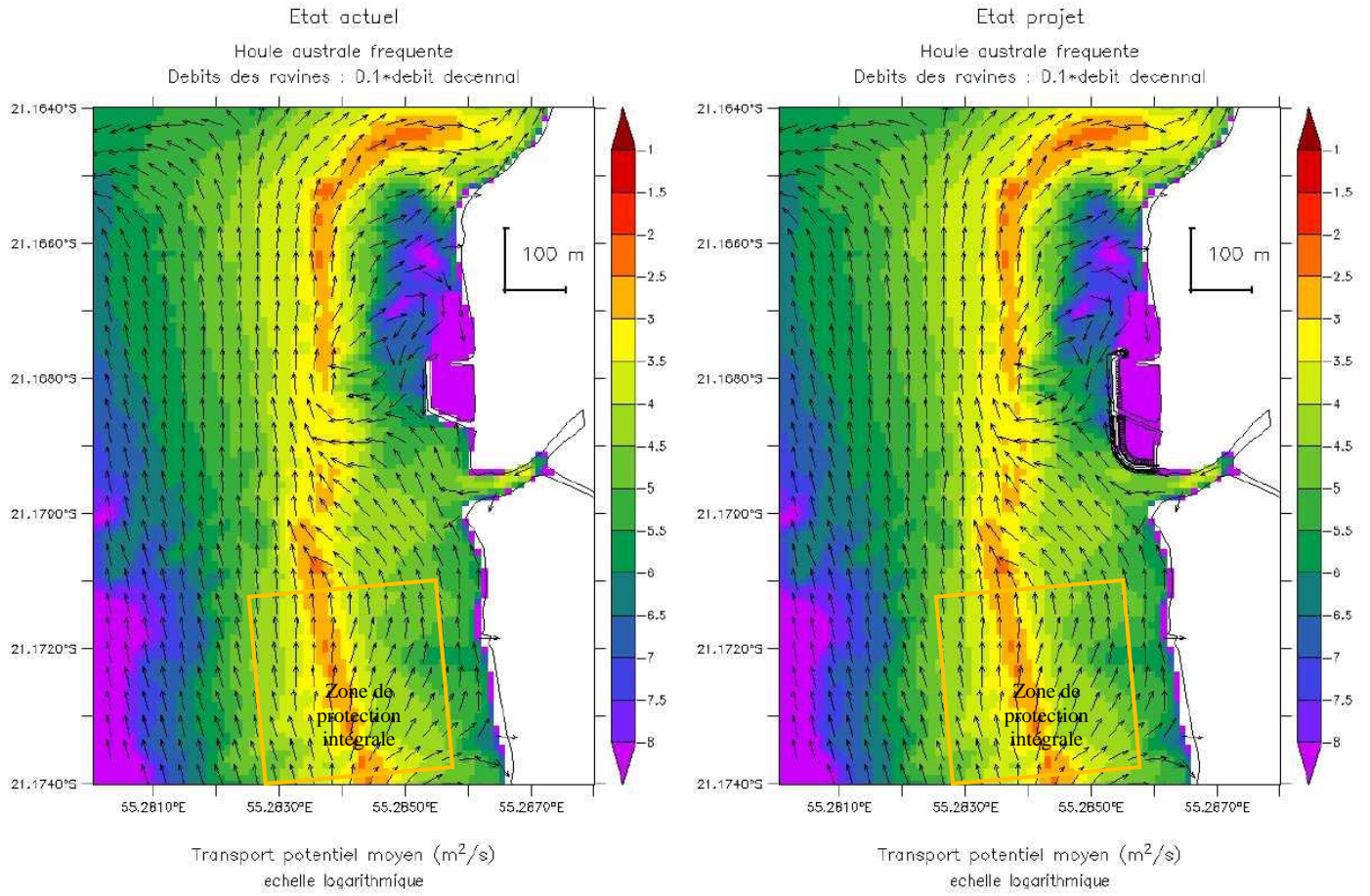


Figure 4.20 : Transport potentiel moyen sur 3 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – houle fréquente

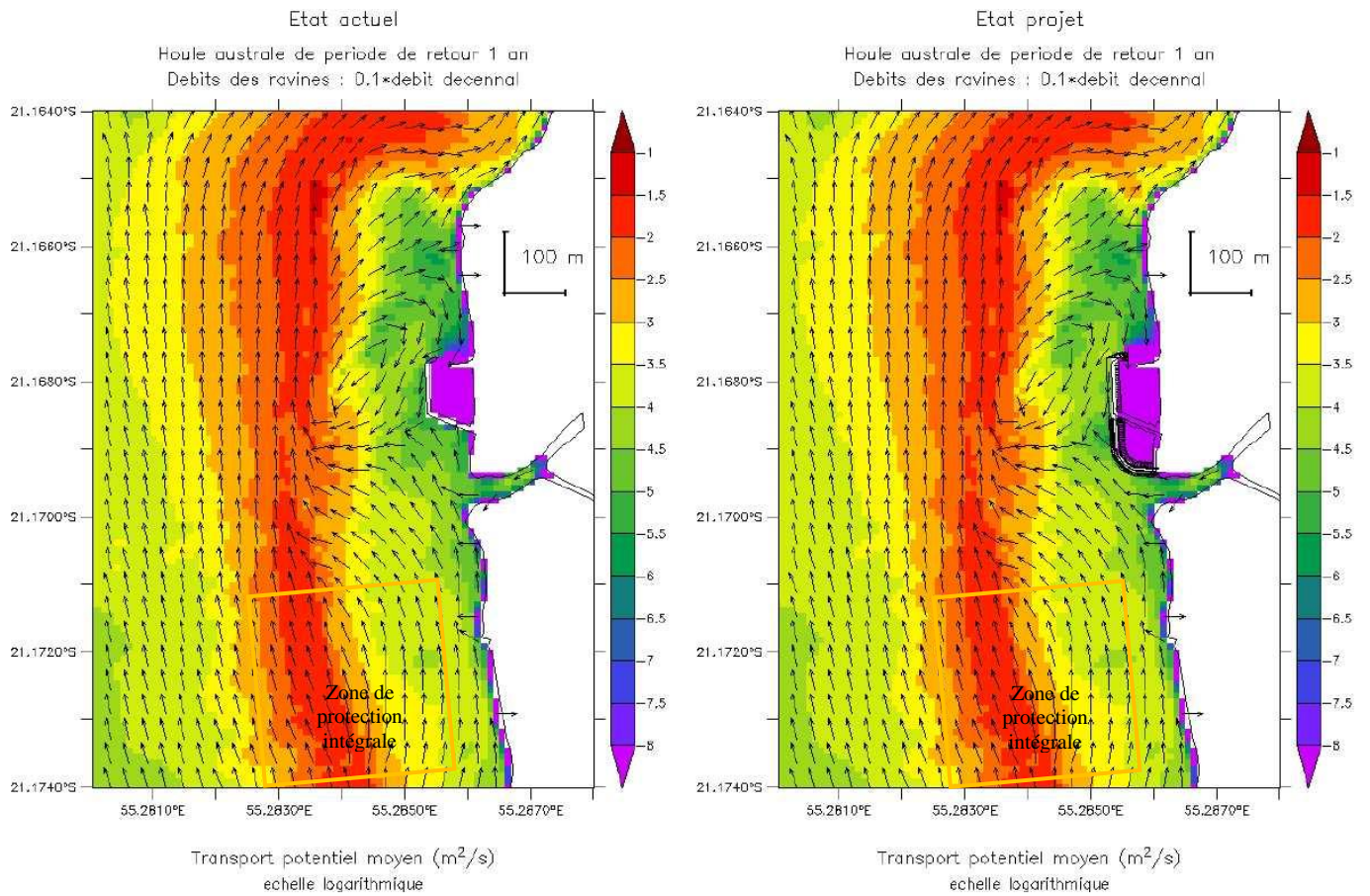


Figure 4.21 : Transport potentiel moyen sur 3 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – houle annuelle

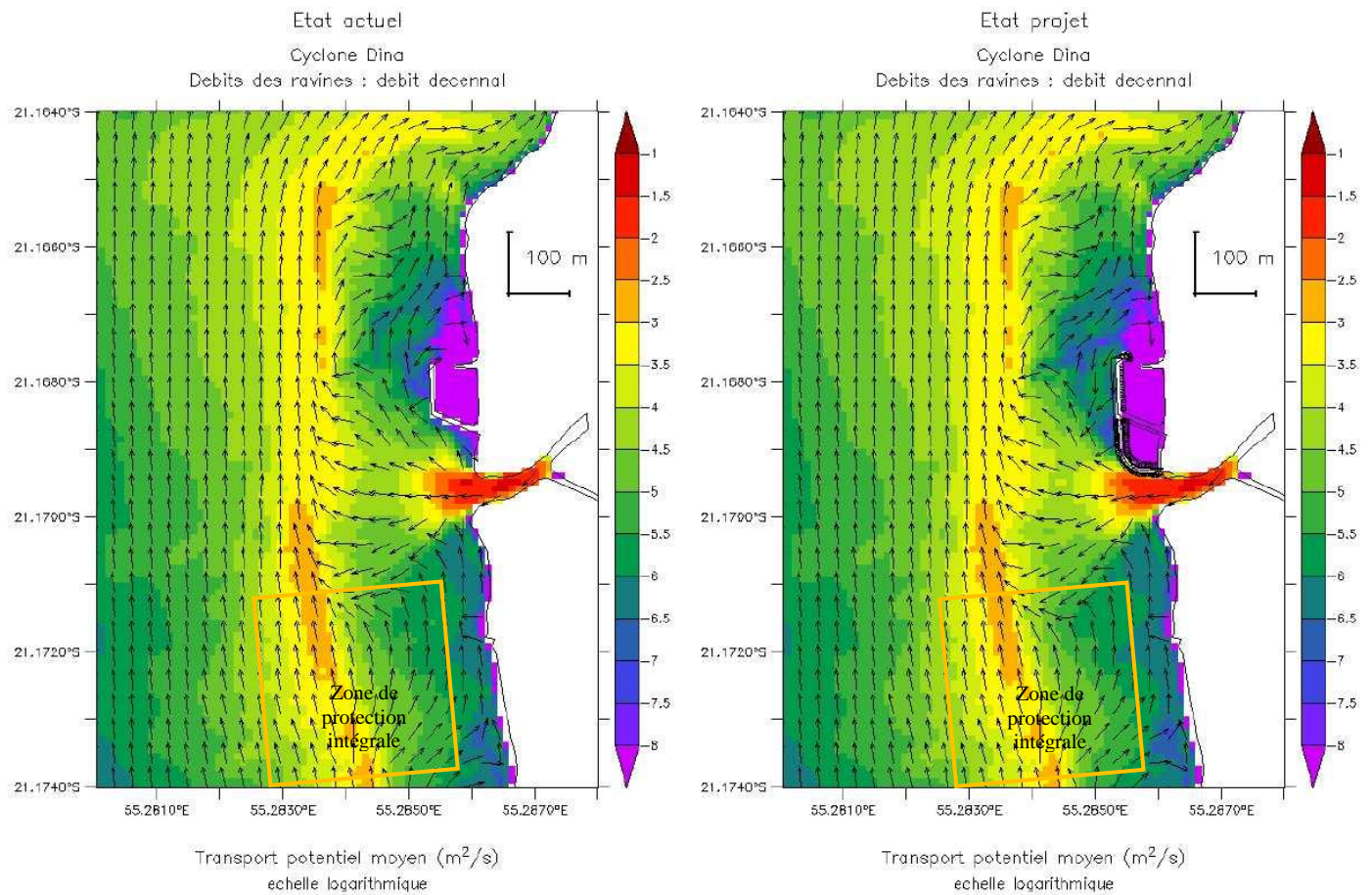
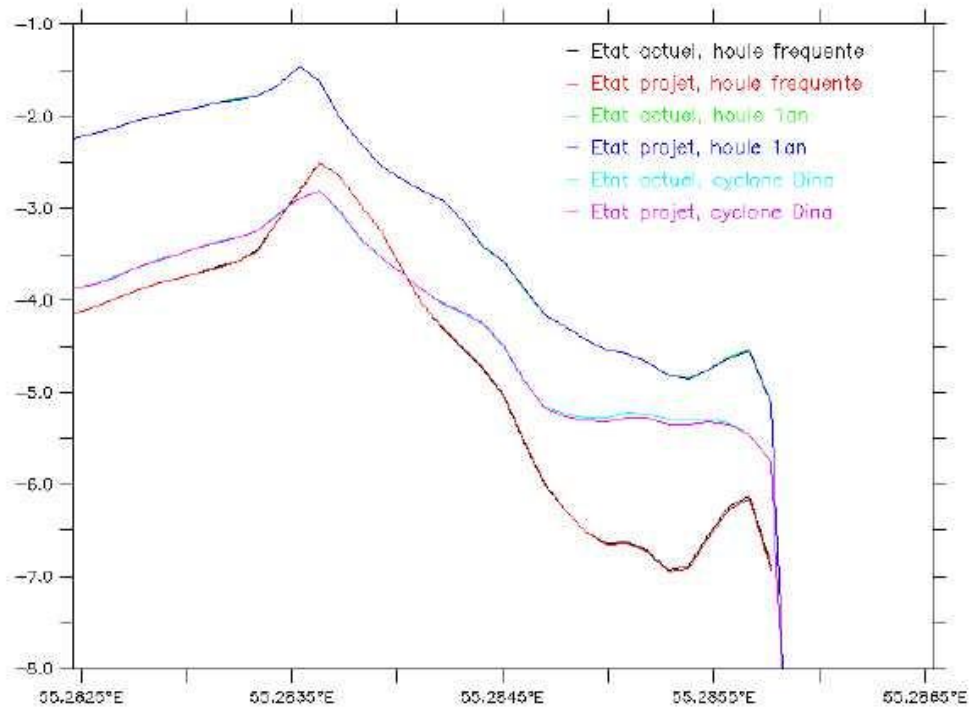


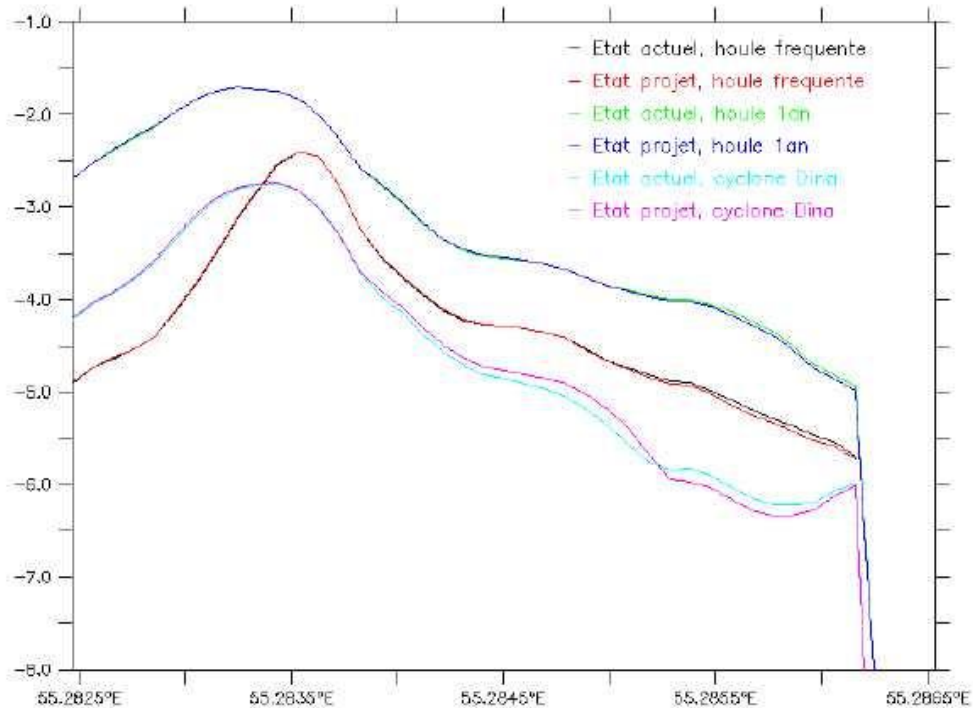
Figure 4.22 : Transport potentiel moyen sur 5 jours de simulation (fond homogène : sable 500 microns) – cyclone Dina

Pour évaluer les modifications du transport au niveau des plages situées à proximité du projet, le transport potentiel moyen est tracé sur deux radiales: une au nord du port et une au sud (voir Figure 4.23).

La Figure 4.24 montre que le transport « longshore » (parallèle à la côte) sur les plages n'est pas modifié par le projet qui n'a donc pas d'incidence sur le risque d'érosion des plages dû à ce processus.



Transport potentiel moyen (m^2/s) – échelle logarithmique
 Radiale sur la plage au nord du port à 21.16581 °S



Transport potentiel moyen (m^2/s) – échelle logarithmique
 Radiale sur la plage au nord du port à 21.16581 °S

Figure 4.23 : Transport potentiel moyen le long des deux radiales (fond homogène : sable 500 microns)

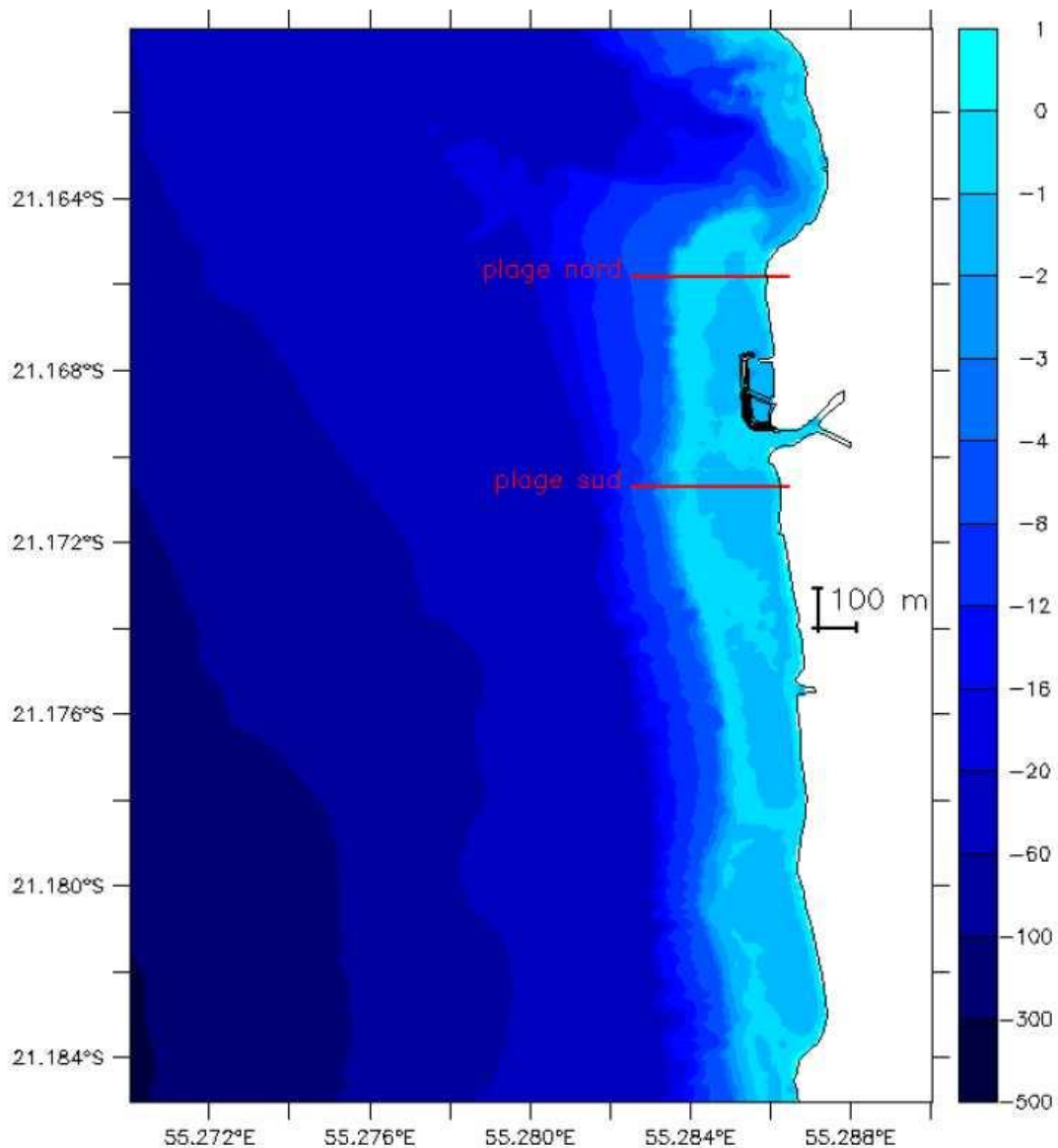


Figure 4.24 : Position des deux radiales (couleur : bathymétrie m/NM)

Les modèles Seamer et Swan ont été mis en œuvre pour chaque configuration du port sur 4 conditions météo-océaniques en considérant des sables de 500 microns sur le fond.

Les résultats ont mis en évidence que le projet d'aménagement du port augmente légèrement le transport au niveau de l'embouchure de la ravine mais ne modifie pas les schémas actuels de circulation des sables.

Grâce à sa position excentrée de l'axe de dérive littorale situé sur la limite du platier récifal, le projet n'a aucun effet significatif dans le reste du lagon et sur l'ensablement du bassin.

Toutefois, le rédacteur précise que les conclusions des simulations mathématiques effectuées dans le cadre de la présente étude doivent être appréhendées avec

précaution en raison des caractéristiques de la zone d'étude qui comprend des récifs frangeants de faible emprise et des phénomènes de forçage dans le lagon complexes difficilement modélisables.

4.1.4 Effets du projet sur la barrière corallienne

En préalable, il est rappelé (cf. fig. 4.25) que la surcote du plan d'eau n'est pas significativement modifiée au voisinage de la barrière corallienne par le projet d'aménagement, y compris lors des événements de crue intense de la ravine (cf. fig. 4.26).

Par ailleurs, il est également à rappeler que la situation actuelle prise en compte correspond au bassin portuaire existant, et non à la situation qui prévalait avant sa construction.

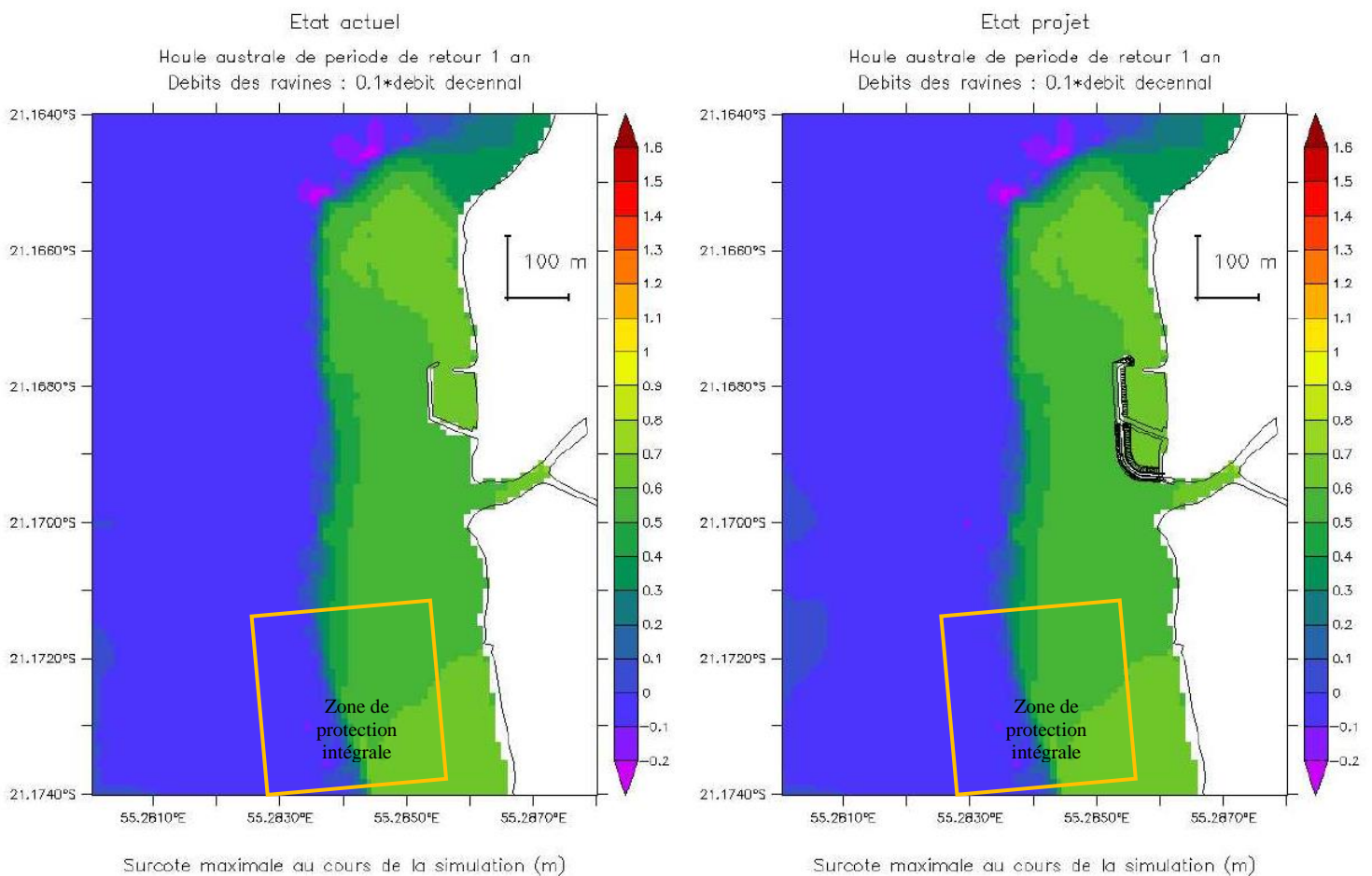


Figure 4.25 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits de 10% du décennal

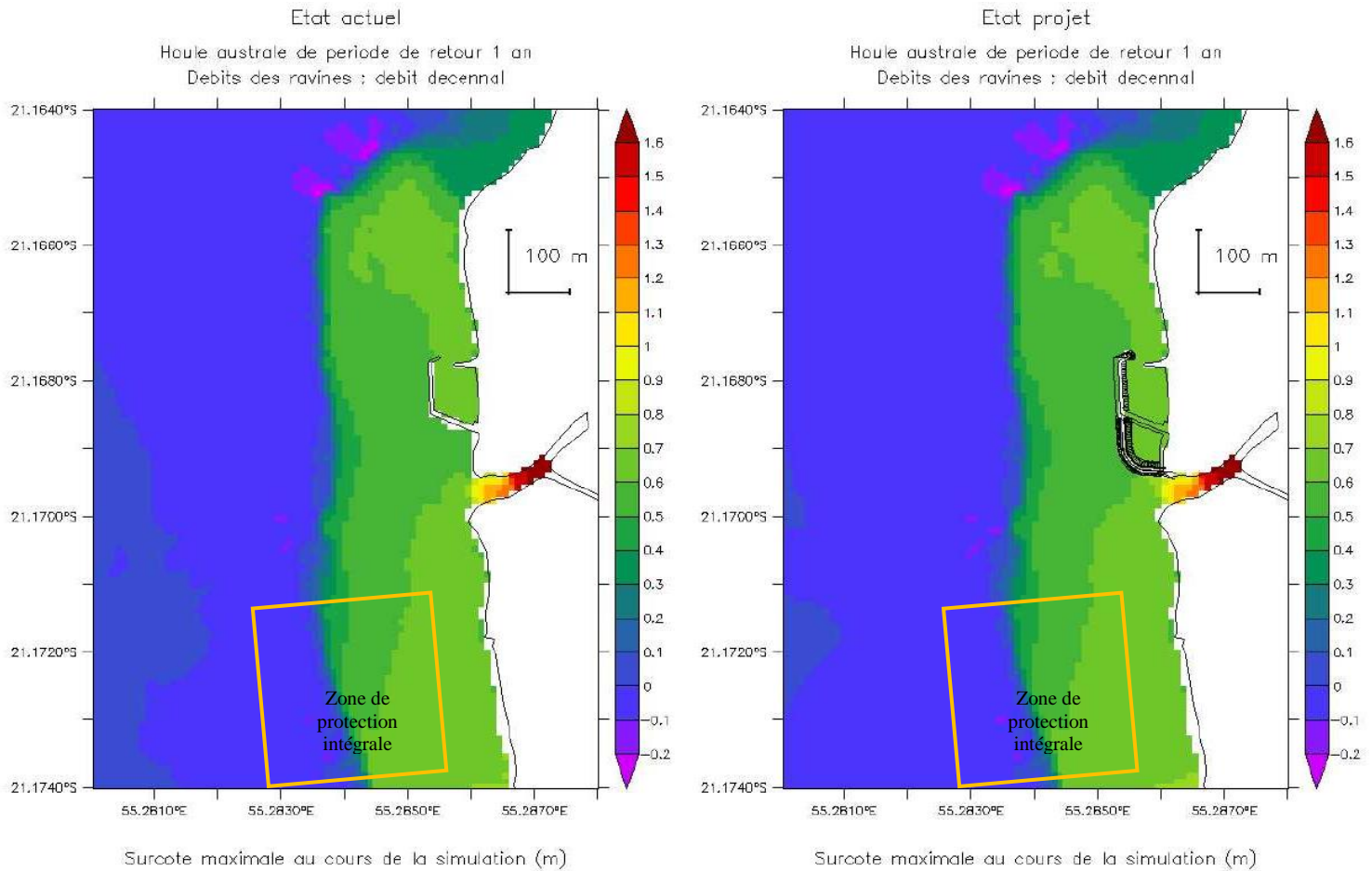


Figure 4.26 : Surcote maximale simulée pour une houle de période de retour 1 an et des débits décennaux

Nous pouvons exclure l'apparition (suite au projet d'extension) d'un effet inertiel (caractère de jet) suffisamment fort pour se maintenir jusqu'à la barrière corallienne, car ce phénomène aurait été mis en évidence dans l'analyse des surcotes (qui intègre le dénivelé dû à l'écoulement de la crue dans le lagon), en particulier dans la distribution spatiale de cette surcote.

Ceci étant posé, une estimation de l'accroissement des courants au droit de la ravine peut être obtenue par un calcul de continuité :

$$U_{\text{barrière}} = \frac{Q_{\text{ravine}}}{\pi R H}$$

où Q est le débit décennal (150 m³/s), H la profondeur typique dans le lagon (1.5 m) et R la distance exutoire-barrière :

- 200 m environ en état actuel ;

- 150 mètres en état projeté.

Cette approche est maximaliste car la digue supplémentaire liée à l'extension du bassin portuaire ne concerne que la rive droite de la ravine et non la rive gauche ; l'endiguement de la ravine n'est donc que partiel.

L'ordre de grandeur $U_{\text{barrière}}$ ainsi calculé s'établit à 16 cm/s en état actuel et 21 cm/s en état aménagé pour une crue décennale.

L'effet du projet sur la barrière corallienne et notamment l'éventuelle création d'une nouvelle passe apparaît peu probable au vu de la faible élévation de la vitesse des courants au débouché de la ravine lors des événements de crue intense.

4.1.5 Effets du projet sur la vague « Gauche de Saint Leu »

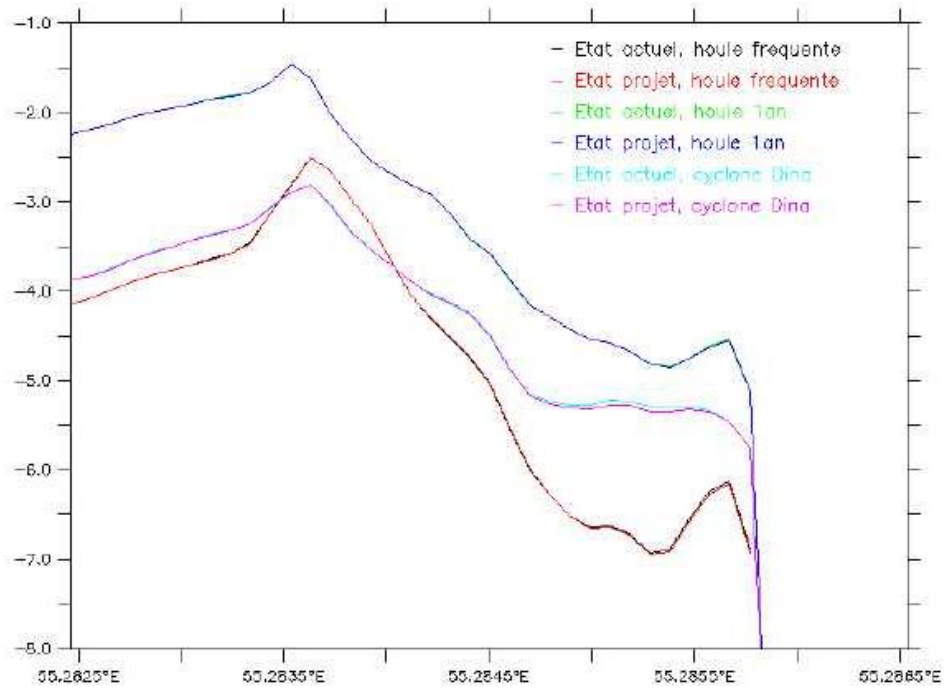
En préalable, il est rappelé qu'aucune modification significative de la surcote du plan d'eau n'est observée dans les résultats numériques, du moins au niveau de la barrière corallienne (à 200 mètres environ du rivage), quelles que soient les conditions météoro-océaniques retenues (cf. fig. 4.25 et 4.26).

La phase d'approche de la houle, appelée « shoaling », ainsi que son déferlement bathymétrique ne peuvent donc pas être sensiblement impactés par la modification hydrodynamique (en l'occurrence trop faible) de la profondeur du lagon.

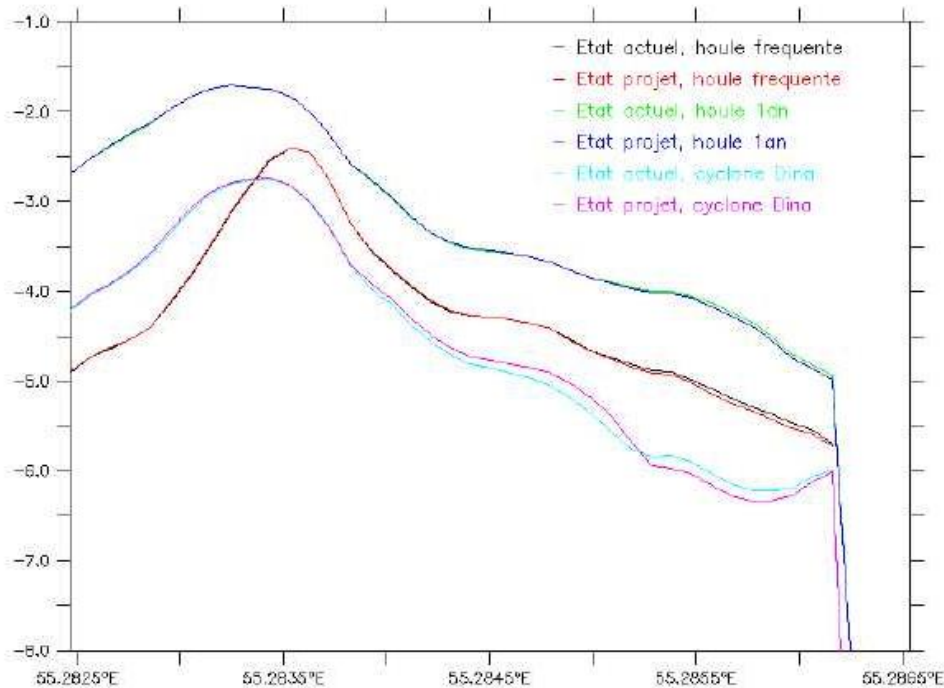
La probabilité que la vague « Gauche de Saint Leu » soit modifiée par un changement dans la distribution des courants doit ensuite être examinée. Il s'agit ici du processus de réfraction de la houle par les courants, ou plutôt de la modification éventuelle de ce processus.

Un premier élément d'analyse est déjà fourni par le scaling ci-dessus : même en situation exceptionnelle (crue décennale), la modification des courants par le projet apparaît trop faible pour modifier sensiblement les conditions de formation de la Gauche de Saint Leu, en particulier si on la compare à la vitesse de groupe de la houle longue utilisée par les surfeurs.

Une autre analyse, plus quantitative, est rendue possible par les profils « cross-shore » de transport sédimentaire (Figures 4.27 et 4.28).



Transport potentiel moyen (m^2/s) – échelle logarithmique
 Radiale sur la plage au nord du port à 21.16581 °S



Transport potentiel moyen (m^2/s) – échelle logarithmique
 Radiale sur la plage au nord du port à 21.16581 °S

Figure 4.27 : Transport potentiel moyen le long des deux radiales (fond homogène: sable 500 microns)

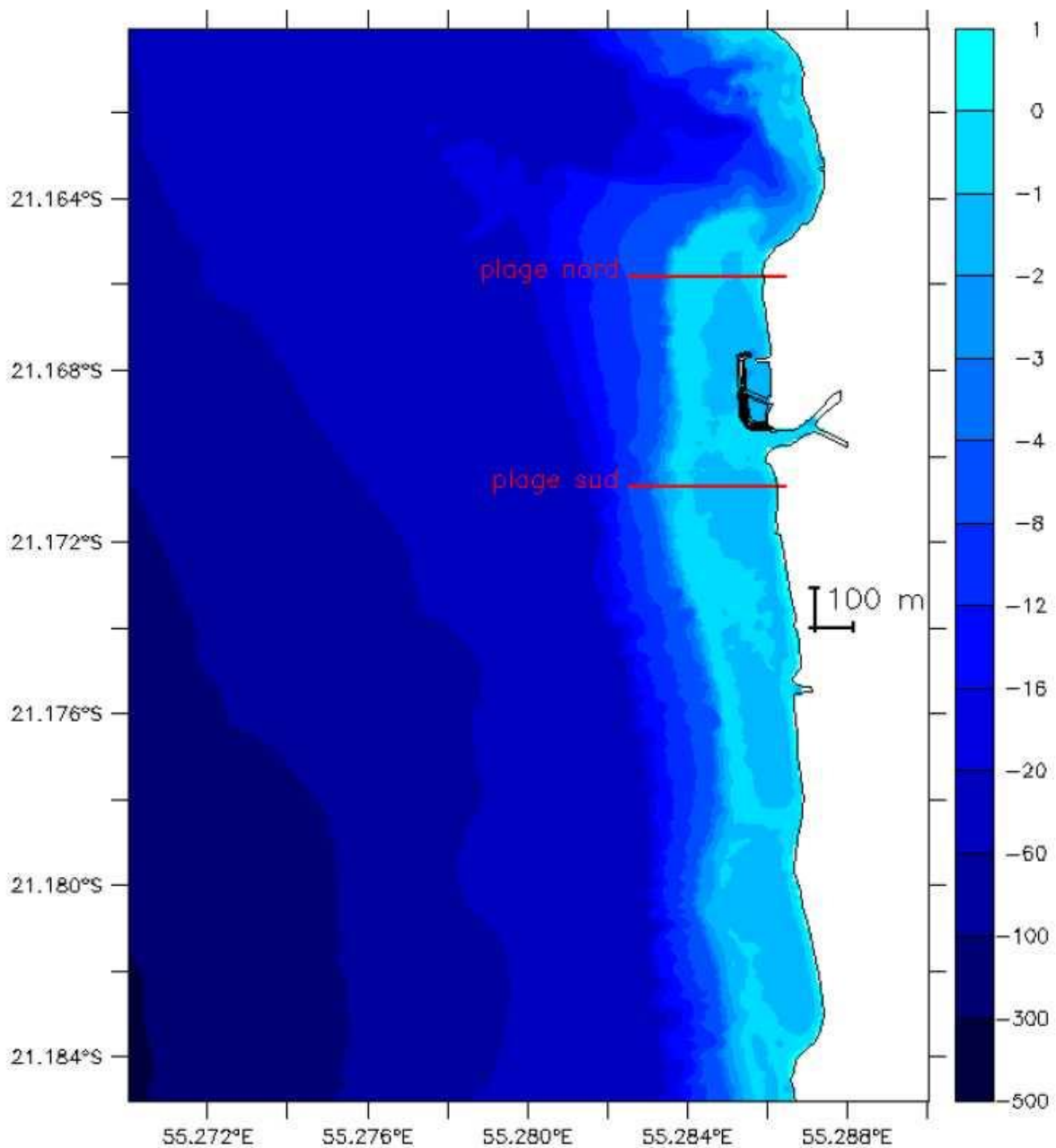


Figure 4.28 : Position des deux radiales (couleur: bathymétrie n/NM)

Il est nécessaire de rappeler que cette quantité dépend des courants selon une loi en puissance 3.4 (Souslby-VanRijn). En conséquence, une variation relativement faible des courants engendre une variation démultipliée du transport sédimentaire.

Or les modifications du transport sédimentaire ont été analysées comme très faibles (Fig. 4.27), a fortiori dans la phase de « shoaling » et de déferlement de la houle (longitudes < 55.2835°E sur le Fig. 4.27).

Ceci conduit à conclure que l'incidence du projet sur les courants dans la zone de formation de la « vague » (« shoaling » et déferlement) est bien trop faible pour engendrer à son tour une modification sensible du fonctionnement général de la « Gauche de Saint Leu ».

Le projet d'extension du Port n'aura pas d'incidence sur la pratique du surf sur ce site.

4.1.6 Effets du projet sur le gabarit hydraulique de la ravine Grand Étang

La digue de protection de l'extension du port a été positionnée de manière à ce que le pied de la digue n'intercepte pas le lit de la ravine et donc ne diminue pas la capacité hydraulique de la ravine.

En effet et comme le montre le schéma ci-dessous, l'enracinement de la future digue est implanté dans la continuité du talus en enrochement existant, y compris pour ce qui concerne le pied de talus.

Il n'y a donc pas de réduction de la section hydraulique au niveau de l'exutoire de la ravine.



Figure 4.29 : Schéma justifiant la cohérence du projet vis-à-vis du gabarit hydraulique de la ravine Grand Étang

4.1.7 Effets du projet sur la qualité de l'eau

Le projet est situé au débouché des ravines du Grand et Petit Etang et à ce titre n'aura pas d'incidence sur la qualité des eaux des ravines.

Concernant les eaux marines, les risques de pollution concernent d'une part la mise en suspension de matériaux fins pendant les travaux maritimes (dragage et déroctage, amenée et repli de blocs d'enrochements, battage de pieux...) et d'autre part des fuites éventuelles sur les engins de chantier mécaniques.

Afin de limiter les effets de ces pollutions, des procédures spécifiques d'intervention seront contractualisées avec les entreprises en charge des travaux :

- Utilisation d'engins en bon état d'entretien ;
- Stockage des matériaux et matériels et stationnement des engins sur des aires spécifiques permettant la récupération des égouttures, recours à des aires étanches pour le stockage des matières dangereuses ;
- Utilisation de rideaux filtrants couvrant toute la colonne d'eau pour le confinement des matières en suspension ;
- Mise en œuvre d'un protocole de mesure en continu de la turbidité à l'extérieur de la zone confinée associé à des mesures d'alerte en temps réel.

Les aménagements concernés ne comprennent pas de travaux de terrassements par déblais au-delà des horizons de surface, ni de fondations profondes susceptibles d'atteindre le plafond des nappes stratégiques et à ce titre n'ont pas d'influence sur la qualité des eaux souterraines.

En phase d'exploitation, les eaux souillées issues de l'aire de carénage ou des aires de circulation / stationnement de véhicules seront traitées par des dispositifs adaptés avant transfert vers les réseaux urbains d'assainissement sanitaire ou pluvial.

Des procédures strictes d'intervention en phase chantier seront mises en œuvre afin de confiner les panaches de pollution issus de la mise en suspension des fines aux zones de chantier.

En phase d'exploitation, la qualité des eaux sera améliorée par rapport à la situation actuelle par la mise en œuvre de dispositifs de traitement adaptés.

4.1.8 Effets du projet sur les sols

Le projet ne comprend pas de travaux de terrassements importants susceptibles de modifier la structure ni la nature des sols, et à ce titre n'aura pas d'incidence sur les sols.

Il demeure possible que d'éventuelles traces présentant une valeur archéologique soient identifiées pendant les travaux de terrassement de surface qui concernent le front

de mer. Dans ce cas, ces vestiges seront signalés à la DAC-OI et une démarche d'investigation au titre de l'archéologie préventive pourra être enclenchée.

4.2 Effets du projet sur le milieu naturel

4.2.1 Effets du projet sur l'avifaune

Les différentes études réalisées par la SEOR (Société d'Études Ornithologiques de La Réunion) montrent une corrélation entre les échouages d'oiseaux endémiques et les éclairages artificiels.

Cet enjeu est d'autant plus significatif dans les traversées de ravines qui constituent des couloirs d'envol pour les jeunes pétrels.

La période la plus sensible pour ce phénomène s'étend du 1^{er} avril au 15 mai (à la fin de la période d'élevage) avec un pic d'abondance des vols à l'occasion de la nouvelle lune.

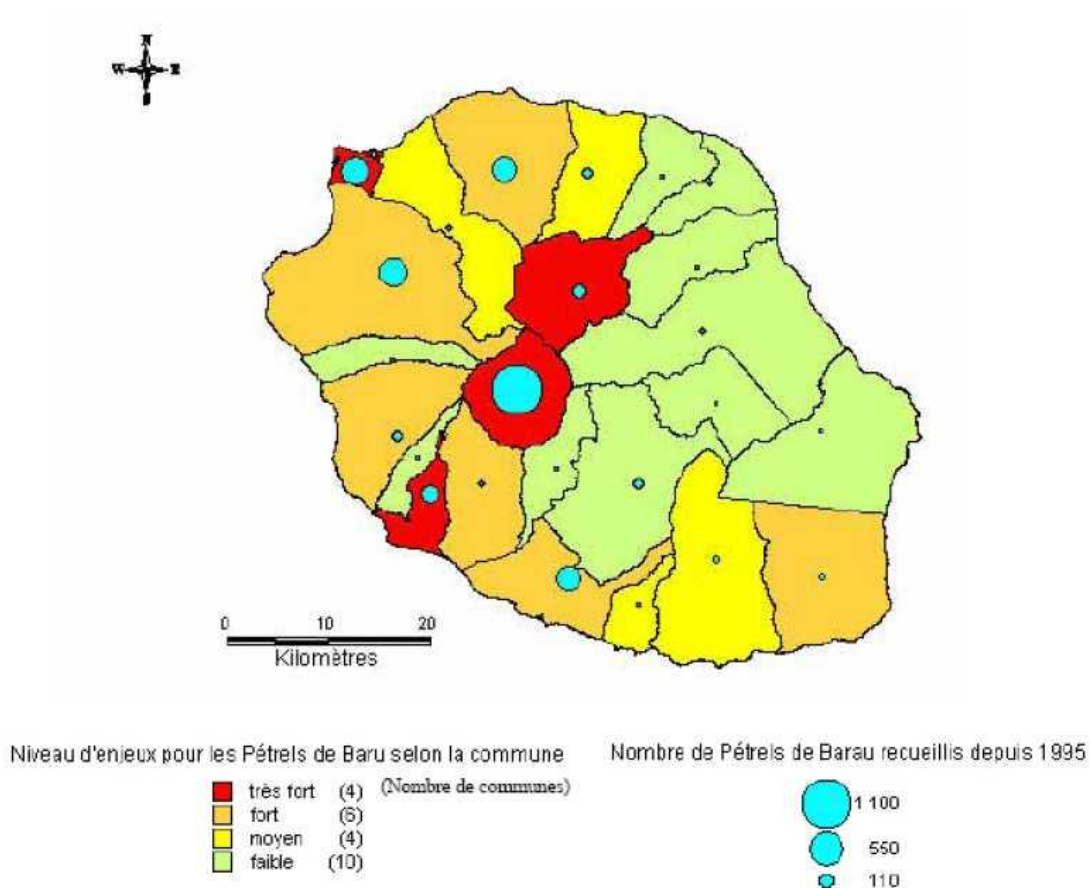


Figure 4.30 : Niveau d'enjeu écologique pour les Pétrels de Barau (Sources : DESS Sciences et Gestion de l'Environnement Tropical - Mlle Nelly MINATCHY – juin 2004)

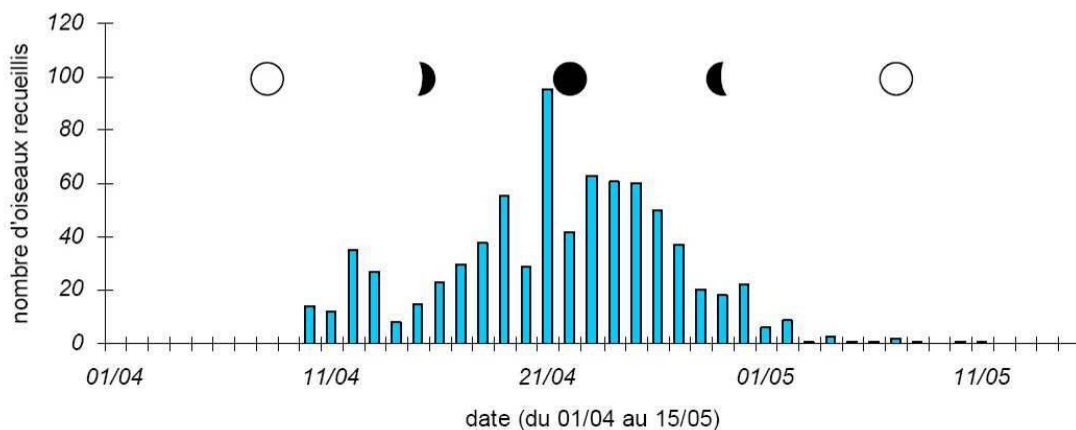


Figure 4.31 : Nombre de Pétrel de Barau recueillis en 2001 en fonction des phases de la lune

Le problème des échouages des jeunes pétrels et puffins induits par les éclairages artificiels a déjà été signalé par Imber dès 1975 et cité dans plusieurs autres études (Simons, 1985 ; Telfer, 1987 ; Barré, 1988 ; Bourne, 1967 ; Telfer et al., 1987).

L'urbanisation croissante des côtes et mi-pentes de La Réunion constitue autant de «pièges écologiques» qui mettent en péril le devenir de ces espèces.

Les lumières artificielles sont extrêmement attractives pour les jeunes pétrels et puffins qui s'échouent dans les villes. La grandeur de leurs ailes ne leur permet pas de reprendre leur envol et les condamne alors à une mort certaine (inanition, collision avec des véhicules, chiens et chats, stress thermique). Ces échouages constituent donc une cause de mortalité importante pour ces oiseaux.

Ainsi, Le Corre et al. (2002) estime le taux d'échouage des jeunes pétrels de Barau entre 20% et 40 % des jeunes à l'envol.

Actuellement deux hypothèses sont avancées pour expliquer ce phénomène :

- Les jeunes assimilent les éclairages artificiels aux reflets des étoiles sur la mer ; Inexpérimentés, ces derniers descendent vers les éclairages publics, se croyant au-dessus de l'océan (Reed et al., 1985) ;
- Les Procellariidae se nourrissent de calmars bio-luminescents (présence d'organes dorsaux émettant une lumière naturelle) et associeraient la lumière à une source de nourriture (Imber, 1975).

Dans le cadre du projet, le réseau d'éclairage mis en place devra respecter les recommandations de la SEOR pour limiter l'impact sur l'avifaune. Il en sera de même de l'éclairage existant sur le site.

4.2.2 Effets du projet sur la flore terrestre

L'emprise du projet ne présente pas d'enjeu écologique sur le plan floristique.

Seuls, quelques filaos seront éventuellement abattus dans le cadre du réaménagement du front de mer et seront remplacés par des espèces arborescentes endémiques.

4.2.3 Effets du projet sur le peuplement corallien

L'analyse de l'état initial de l'environnement a démontré que l'emprise de l'extension du bassin portuaire est une zone de sensibilité écologique nulle pour les peuplements coralliens, mais que des zones d'intérêt écologique de premier plan étaient situées aux abords de la zone de travaux (platier, pentes externes), que ce soit au Nord ou au Sud du site.

Les effets potentiels du projet sur ces zones sont liés à la dispersion de panaches turbides.

Les panaches turbides constituent en effet les facteurs de dégradation les plus importants, essentiellement en raison des risques d'asphyxie des polypes par les fines (soupe de coraux) et des risques de sédimentation en zone corallienne.

Les effets néfastes des particules les plus fines sur les peuplements coralliens sont connus (Faure et al 1984 ; Faure 1989), principalement sur les espèces dont les calices ont une taille millimétrique : Acroporidae, Poritidae, Pocilloporidae (qui représentent plus de 50% des espèces présentes). Ces particules sont capables de rester en suspension plusieurs mois, avant de sédimenter très loin de leur lieu de mise en suspension.

La migration de panaches turbides générés par les travaux d'aménagement en direction des zones coralliennes d'intérêt situées au nord et au sud du projet est susceptible de générer des taux de mortalité significatifs par recouvrement et asphyxie.

Les mesures proposées en termes de confinement des matières en suspension pendant le chantier maritime associées à la surveillance en continu des niveaux de turbidité de l'eau aux abords du chantier sont adaptées pour éviter de tels incidents.

4.2.4 Effets du projet sur la faune marine

📖 Expertise de l'impact du projet sur les cétacés (GLOBICE) et les tortues marines (KELONIA) – 2012

4.2.4.1 Effets du projet sur les cétacés

A- Effets en phase chantier

Le projet d'extension du port de St Leu comprend différents travaux maritimes susceptibles d'entraîner un dérangement des mammifères marins.

Sont présentés en premier lieu ci-dessous, de manière générale, les différents types d'impact identifiés, puis le niveau de ces impacts en fonction des caractéristiques techniques propres à chacun des travaux envisagés.

Concernant les mammifères marins, les travaux maritimes prévus sont de nature à induire des conséquences négatives en premier lieu sur le plan acoustique, en second lieu au niveau de l'augmentation de la turbidité.

a- Impact acoustique

Chaque espèce est sensible à une bande de fréquences spécifique, en fonction de laquelle on déduit sa « catégorie acoustique ». Les catégories acoustiques (Southall et al., 2007) des trois espèces considérées dans le cadre de la présente étude sont présentées dans le Tableau 4.4 ci-dessous :

Espèce	Catégorie acoustique	Gamme de fréquences fonctionnelle
Grand dauphin de l'indo-pacifique	Moyenne fréquence	150 Hz à 160 kHz
Dauphin long bec	Moyenne fréquence	150 Hz à 160 kHz
Baleine à bosse	Basse fréquence	7 Hz à 22 kHz

Tableau 4.4 : Sensibilité acoustique des cétacés concernés dans le cadre de la présente étude (selon Southall et al. 2007)

En l'absence d'étude acoustique précise permettant de déterminer les fréquences émises par les différents types de travaux maritimes qui seront engagés dans le cadre du projet, ces niveaux de sensibilité sont donnés à titre indicatif.

Il en est de même de la zone d'influence précise du projet, soit l'étendue du secteur perturbé par les nuisances acoustiques émises. Il n'est ainsi pas possible de définir avec précision la surface à l'intérieur de laquelle se feront sentir les différents impacts envisagés ci-dessous.

Perte de fonctionnalité de l'habitat et perturbations comportementales

En premier lieu, la hausse du niveau de bruit anthropique est susceptible d'entraîner une perte de fonctionnalité de la zone perturbée.

Le niveau sonore à partir duquel une émission acoustique est susceptible d'entraîner la fuite des individus hors de la zone concernée n'est pas connu. Il est cependant admis que les émissions acoustiques peuvent induire un dérangement des animaux en deçà des seuils présentant un risque d'impact physiologique entraînant leur fuite ou évitement de la zone perturbée (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°388). Celle-ci perd ainsi sa fonctionnalité, les individus ne pouvant plus y exercer leurs activités vitales. L'habitat disponible à ces fins étant amputé d'autant pendant la période d'émission.

Plusieurs études ont ainsi mis en avant les conséquences d'émissions sonores anthropiques sur le comportement des cétacés. Les réactions relevées à la réception du bruit incluent l'arrêt du repos, du nourrissage, des interactions sociales, des modifications au niveau des fréquences de remontées en surface, des respirations ou des cycles de plongée, ainsi que des marques d'évitement (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°392).

Peu de données sont disponibles sur la durée pendant laquelle les individus maintiennent un comportement perturbé une fois que la nuisance a pris fin. Il semble cependant que cette durée n'excède pas quelques heures (Richardson et al., 1986).

La hausse du bruit anthropique lié à l'accroissement du trafic maritime semble ainsi être la cause de l'abandon de sites de reproduction de la baleine grise dans la péninsule de Basse-Californie (Gard 1974 ; Reeves 1977 ; Bryant et al., 1984).

Les réactions comportementales au bruit anthropique varient fortement selon les espèces, mais également entre individus d'une même espèce, voire pour un même individu à des moments différents. Ces variations peuvent être liées à l'activité pratiquée au moment du dérangement, mais également au niveau de tolérance des individus au bruit par effet d'habitude.

Les cétacés au repos, exposés au bruit, ont tendance à devenir actifs, à amorcer des plongées et des retours en surface, et chercher à s'éloigner de la source du signal (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°394). Les cétacés en phase de nourrissage ou de socialisation semblent eux beaucoup plus tolérants au bruit. Toutefois, lorsqu'ils sont exposés à un niveau sonore important, ils ont tendance à cesser ces activités de prédation et socialisation pour fuir la zone, soit à cause de la gêne physique engendrée, soit à cause du bruit généré qui masque les vocalises utilisées lors de ces activités, réduisant ainsi le champ d'écholocation et/ou la distance de communication.

Richardson et al. (1986) a décrit la fuite de baleines boréales en phase de nourrissage à l'approche de navires, puis leur retour sur le même site le jour suivant.

Ces déplacements temporaires peuvent avoir un coût énergétique non négligeable pour les individus s'ils s'avèrent fréquents à l'échelle d'une saison. Ce type de perturbation (entraînant notamment l'interruption du nourrissage et une fuite par nage rapide) semble devoir altérer de manière non négligeable la condition physique des individus s'il se produit de manière répétée (Richardson et al., in *Marine mammals and noise*,

p°403). Le niveau de cette perturbation n'est cependant pas caractérisable de manière précise.

Stress

La présence de cétacés au sein d'une zone perturbée sur le plan acoustique ne signifie pas forcément que ceux-ci sont indifférents à cette perturbation.

Brodie (1981) relève que des individus peuvent rester sur un secteur perturbé si aucun autre secteur ne présente les conditions requises par les animaux. Ces individus sont alors susceptibles de subir un stress lié à un bruit auquel ils ne peuvent échapper. Une étude menée sur les baleines noires de l'Atlantique Nord met en évidence la relation entre la diminution drastique du trafic maritime dans la Baie de Fundy (Canada) et la forte baisse du taux de métabolites de glucocorticoïdes (hormone sécrétée en cas de stress), mettant ainsi en avant le lien entre niveau de bruit et stress (Rolland et al., 2012).

Un stress répété, en ce qu'il entraîne l'activation de mécanismes physiologiques (sécrétion d'ACTH - Adreno Cortico-Tropic Hormone ou hormone corticotrope) peut causer à termes des dommages physiologiques importants (Selye 1973).

Perturbations sociales

Les nuisances acoustiques sont susceptibles d'entraîner des perturbations sociales.

Des groupes peuvent ainsi se désagréger, les individus fuyant un bruit anthropique dans des directions différentes. La durée de cette perturbation n'est pas documentée, mais peut durer, d'après Richardson et al. (1985), plusieurs heures voire plus d'une journée pour les individus engagés dans des phases de prédation en groupe ou en parade sexuelle.

Les conséquences ne sont pas connues, mais peuvent consister en une perturbation des structures sociales, des comportements de reproduction, une diminution de l'attention portée aux juvéniles ou un désordre au niveau des activités sociales (Richardson et al., in *Marine mammals and noise*, p°395). Malgré le manque de données sur cet aspect, Richardson and al. (1985) avance que des perturbations sociales répétées désavantagent les individus concernés, en empêchant l'exercice d'activités vitales qui auraient eu lieu normalement, et qu'elles affectent la composition des groupes, dont la constitution est coûteuse en temps et en énergie.

Ces perturbations sont de nature à affecter l'efficacité des individus à éviter les prédateurs, à trouver leur nourriture, à s'accoupler ou s'occuper des nouveaux-nés et juvéniles.

Une réaction courante pour des cétacés exposés au bruit est la diminution ou l'arrêt des cris sociaux (Watkins, 1986). Considérant que ces cris jouent un rôle dans la communication au sein du groupe, leur arrêt peut indiquer une perturbation sociale.

La perturbation sociale peut consister en outre en la séparation de la mère et de son nouveau-né, notamment si les individus sont déjà distants de quelques dizaines voire

centaines de mètres au moment de la perturbation, ce qui peut arriver chez les mysticètes. Cet aspect n'est que très peu documenté.

Une étude menée sur les baleines boréales montre qu'une mère et son baleineau, séparés de plus de 1 kilomètre suite à l'approche d'un bateau, sont capables de communiquer, et ainsi de se rejoindre une fois la perturbation passée (Koski et al. 1988). Le baleineau est cependant plus vulnérable au cours de la période pendant laquelle il est séparé de sa mère.

Masquage

Les nuisances acoustiques générées par le projet sont également susceptibles d'entraîner un phénomène de « masquage », c'est-à-dire le fait que les sons produits par les travaux viennent couvrir les sons émis par les cétacés.

Les effets concrets de ce phénomène ne sont pas bien documentés (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°390). Cependant, le masquage affecte en premier lieu les signaux les plus faibles, provenant de sources sonores distantes. Peu d'informations sont disponibles sur l'importance pour les cétacés de percevoir les sons les plus faibles qui seront « masqués » en premier.

Le masquage est un phénomène naturel, le bruit anthropique qui vient se superposer au bruit ambiant ne faisant que l'accentuer et amplifier ses effets.

Les conséquences d'un bruit de fond élevé sur les animaux (notamment quand cette augmentation du bruit est temporaire et locale, comme dans le cas d'espèce) concernent la diminution du champ d'écholocation (baisse de distance de détection des proies) et des distances de communication. Le niveau de ces impacts reste cependant difficilement quantifiable, faute de données disponibles (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°391).

Les cétacés peuvent probablement tolérer une augmentation du masquage lié à l'augmentation du bruit de fond qui par essence est variable dans l'océan. Les limites de cette tolérance, et ainsi le seuil au-delà duquel le masquage entraîne des conséquences négatives sur les animaux, ne sont toutefois pas connues (ibid).

Sans qu'il soit possible d'en caractériser précisément les effets, le masquage peut ainsi potentiellement gêner les communications entre les cétacés, notamment les mysticètes (Payne and Webb, 1971), également gêner l'exercice de leurs activités vitales pour lesquelles ils utilisent l'acoustique (prédation, déplacements...).

Le manque de données sur le niveau et les gammes de fréquences émises pendant les travaux ne permet pas de définir plus précisément le niveau d'impact.

Dommages physiologiques temporaires

A partir d'un certain seuil, les nuisances acoustiques auxquelles sont exposés les cétacés sont susceptibles d'entraîner des dommages temporaires sur l'audition des cétacés. Ces seuils sont propres à chaque espèce ou groupe d'espèces, en fonction de leur catégorie acoustique.

La durée et l'intensité de ces dommages (Temporary Threshold Shift ou TTS - Kryster 1985) dépendent du niveau et de la durée d'exposition au bruit. Bien que cet aspect soit peu documenté pour les mammifères marins, il est admis que les TTS sont susceptibles d'entraîner des conséquences négatives sur leurs facultés à percevoir et utiliser les sons naturels (Richardson et al., in *Marine mammals and noise*, 1995, p°368).

Les conséquences pourraient altérer la capacité des animaux à communiquer, à localiser les proies ou à se déplacer en utilisant l'écholocation, mais également altérer les facultés à percevoir les sons émis par les proies, les prédateurs ainsi que les autres sons naturels (Richardson et al., in *Marine mammals and noise*, 1995, p°168). Les conséquences se rapprochent ainsi du « masquage » évoqué précédemment. Cependant, les effets d'un TTS sont de nature à persister une fois que la nuisance acoustique s'est éteinte, contrairement au masquage.

Dommages physiologiques permanents

Les dommages physiologiques sur les cétacés exposés à un niveau sonore dépassant un certain seuil peuvent être permanents (Permanent Threshold Shift ou PTS). A l'image des dommages temporaires, ces seuils sont propres à chaque groupe d'espèce.

Les conséquences de ces dommages sont mal documentées. Il est cependant admis qu'ils sont susceptibles d'endommager les tissus corporels et entraîner la surdité des individus, et à ce titre entraîner leur désorientation puis leur échouage (O'Brien et al. 2005 ; André et al., 2011).

Bien que la difficulté d'étudier ces phénomènes rend leurs conséquences méconnues, la surdité semble de nature à entraîner la mort des individus concernés. Les cétacés utilisent en effet l'acoustique pour communiquer (en présence de dangers ou de nourriture ou encore lors de leurs interactions sociales, notamment en phase de reproduction). Les odontocètes utilisent également un système d'écholocation pour détecter, localiser et identifier les objets sous-marins, notamment les obstacles et les proies (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°159). Privés de leurs capacités auditives, les cétacés ne semblent ainsi plus en mesure d'exercer correctement ces activités vitales.

b- Turbidité

L'augmentation de la turbidité est considérée comme un phénomène de nature à engendrer un impact au moins « de courte durée » et « de niveau moyen » sur les cétacés (Dolman et al., 2007 ; SC/59/E10).

Par ailleurs, le panache turbide est de nature à persister après la fin des travaux, prolongeant la durée de la nuisance au-delà de la phase de chantier.

Diminution de l'efficacité de la prédation

L'augmentation de la turbidité peut affecter la capacité d'alimentation des mammifères marins, notamment les espèces qui dépendent de leur vision pour détecter et à suivre

leurs proies, le panache turbide venant réduire les conditions de visibilité sous-marine (Gunfleet Sands 3 - Demonstration Project Environmental Statement Offshore Export Cable Environmental Addendum Report, Dong Energy Report, 2011).

Perte de fonctionnalité de l'habitat

Bien que cet aspect soit très peu documenté, le dégagement d'un panache turbide semble de nature à entraîner une perte de fonctionnalité de la zone concernée. En effet, la diminution de la visibilité amenuise la faculté à détecter les éventuelles menaces, notamment les prédateurs, voire les navires. Ce phénomène semble ainsi de nature à entraîner le déplacement des individus en dehors de la zone perturbée, amputant ainsi temporairement leur habitat.

Les espèces ne possédant pas de système d'écholocation et ainsi plus dépendantes de leur vision semblent plus vulnérables.

c- Impacts cumulatifs

Les impacts potentiels du projet identifiés en phase de travaux consistent donc en des impacts acoustiques et liés à l'augmentation de la turbidité.

Les conséquences négatives de ces deux types d'impact sont susceptibles de s'additionner, augmentant ainsi le niveau de dérangement, dans des proportions qu'il n'est cependant pas possible de définir précisément.

Il convient cependant de mentionner qu'une perturbation acoustique (masquage, perte des facultés auditives...) doublée d'une perturbation visuelle (diminution de la faculté à détecter visuellement les objets) entraîne des risques accrus pour les cétacés ne disposant pas de système d'écholocation, notamment les mysticètes. Les espèces utilisant uniquement la vue ou l'ouïe pour détecter et fuir les risques potentiels (prédateurs, navires notamment) se retrouvent ainsi plus vulnérables face à ces risques. De même, les espèces dépendantes de leur système d'écholocation peuvent être d'autant plus vulnérables en milieu turbide, en cas de masquage acoustique de leurs vocalises et de l'écho qu'elles perçoivent en retour.

d- Source et mesure des impacts identifiés – Cas de la construction de la digue de protection

Aucune modélisation des nuisances acoustiques qui vont être générées par cette phase, notamment le bruit lié aux chocs entre les enrochements et le fond, également entre les enrochements entre eux, n'est disponible.

Le bruit est estimé par le concepteur à 100 dB re 1 μ Pa (sans précision quant à la bande de fréquence concernée). Dans le cas d'espèce, le seuil utilisé précédemment pour des travaux similaires (Étude d'impact sur les cétacés du projet d'extension du Port Est - Globice, 2012), sera repris.

Selon la connaissance du rédacteur, ce type d'opération n'a pas fait l'objet de publication scientifique permettant d'estimer le niveau et la bande de fréquences de la perturbation sonore engendrée.

Concernant l'augmentation de la turbidité, la mise en suspension de sédiments sera dépendante de la nature des fonds qui selon les investigations réalisées à ce stade sont majoritairement rocheux au droit de l'emprise des travaux.

Nature de l'impact engendré

Concernant les nuisances sonores, la construction de la digue est susceptible d'entraîner un impact acoustique, sans qu'il soit possible en l'état actuel des connaissances de définir la surface qui subira l'influence sonore de cette phase. De manière préventive, le niveau de 100 dB re 1 μ Pa sera pris en considération pour l'évaluation des impacts potentiels de cette phase, sans prise en compte du caractère dégressif du niveau de bruit en fonction de la distance à la source. Les bandes de fréquences émises seront considérées comme audibles par les cétacés. Le bruit généré par cette phase semble devoir être ponctuel et répété, correspondant au versement ou au dépôt des enrochements.

Le niveau sonore généré semble ainsi devoir se situer en dessous des seuils de dommage physiologique. Par ailleurs, le caractère non continu des émissions sonores semble exclure un phénomène de masquage. Il est également envisageable que les individus concernés fuient la zone impactée, alors même que des secteurs adjacents présentent des conditions aussi favorables, rendant ainsi la génération d'un stress prolongé peu probable.

Faute de définition de l'état acoustique sous-marin de référence sur la zone, il n'est pas possible de préciser dans quelle mesure les bruits émis par cette phase de travaux viendront dépasser le bruit ambiant. Si l'on considère, de façon préventive, que ces bruits excéderont le bruit ambiant, ils risquent d'entraîner la perte de fonctionnalité de la portion d'habitat soumise à cette perturbation. Un risque de perturbation comportementale est également envisageable, les individus étant susceptibles de réagir à ce type d'émissions brèves et répétées, entraînant une dépense énergétique non prévue. Des perturbations sociales (ruptures des activités engagées, voire séparation des groupes) sont également à envisager.

Les impacts envisagés à ce niveau sont ponctuels, et ne devraient pas excéder la durée prévisionnelle de ces travaux évaluée à 3 mois.

Globalement, le bruit généré par l'élaboration de la digue n'est pas considéré comme ayant un impact fort et durable sur les populations de cétacés.

Au niveau de la turbidité, l'impact envisagé est insignifiant (en cas de dépôt d'enrochements propres sur un substrat dur) à faible (ensouillage dans les sédiments du fond).

Nota : ces conclusions s'appliquent également aux travaux de prolongement de la digue de protection existante à l'entrée du port.

e- Source et mesure des impacts identifiés – Cas des travaux de dragage

L'emprise de l'extension sud sera draguée après la construction de la future digue de protection et avant la démolition de la digue de protection existante. Ce dragage aura donc lieu en milieu confiné sans aucun contact avec les eaux du lagon.

Le bassin actuel sera dragué (dragage mécanique) soit par pelle soit par dragline depuis les berges, ou depuis un support nautique. Le dragage hydraulique sera conduit à l'aide d'une pompe à sédiments suspendue à une grue ou munie d'une conduite d'aspiration guidée par des plongeurs. En cas d'horizon rocheux, il sera terrassé à la pelle ou au brise roche hydraulique.

Aucune étude acoustique précisant les nuisances sonores émises n'est disponible. Le type de dragueuse utilisé ainsi que les procédés qui seront mis en œuvre ne sont actuellement pas connus de manière précise et définitive.

Nature de l'impact engendré

Au niveau acoustique, le bruit du dragage peut dépasser le bruit ambiant sur des distances considérables. Il présente cependant des caractéristiques différentes selon le type de dragueuse utilisée.

Greene (1985, 1987) a démontré que la bande de fréquence (20-1000 Hz) émise par les dragueuses suceuses du type de celles qui pourraient être employées au niveau du dragage hydraulique du bassin actuel devrait normalement passer en dessous du bruit de fond ambiant « théorique » (environ 100 dB re 1 μ Pa) au-delà d'un périmètre de 25km autour du point de dragage.

Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, le niveau de bruit ambiant et la propagation du son est fonction de nombreuses caractéristiques propres à chaque site.

A proximité des opérations (rayon de 1 kilomètre), le bruit émis sur cette bande de fréquence excèdera les 150 dB re 1 μ Pa. Cependant, certaines dragues sont susceptibles d'émettre des sons plus puissants, détectables à plus de 25km.

Ainslie et al. (2009) rapporte notamment un pic sonore à s'élevant à 183 dB re 1 μ Pa² m² par tiers d'octave centré à 130 Hz lors d'opérations de dragage menées au large de Sakhalin.

Les sons les plus puissants émis par les dragues suceuses à désagrégateur se situent principalement au niveau des basses fréquences. Cependant, les hautes fréquences sont également présentes et audibles, par-dessus le bruit de fond « haute fréquence » ambiant. Pour illustrer le niveau de bruit à basse fréquence, (Richardson et al. in Marine mammals and noise, 1995, p°125) et Robinson et al. (2009) estiment que le bruit produit par ce type de dragueuse en dessous de 30 Hz est comparable au niveau de bruit produit par un gros tanker, ce dernier étant cependant plus bruyant en dessous de 30 Hz.

Les nuisances acoustiques générées par les dragues à benne (clam shell), du type de celle qui pourrait être utilisée pour le dragage mécanique du bassin actuel, sont variables et dépendent de leur phase de travail (Miles et al., 1986, 1987).

Pour le tiers d'octave le plus puissant, centré à 250 Hz, Miles et al. (1986, 1987) relève des niveaux de bruit variant de 150 à 162 dB re 1 μ Pa-m. Le son le plus puissant est émis par le moteur du treuil qui ramène la benne à la surface (167 dB re 1 μ Pa-m). Le bruit de la benne quand elle se referme sur les matériaux est en comparaison bien moins important.

En résumé, le dragage peut générer des émissions puissantes, notamment dans les basses fréquences. Des fréquences au-dessus de 6 kHz peuvent cependant être émises lors de ces opérations. Le bruit des dragueuses est en théorie indétectable au-delà de 25km. Le produit est comparable à ceux des navires de taille importante, la différence à ce niveau étant la durée de la perturbation, les opérations de dragage étant plus longues que le passage d'un navire (Richardson et al. in *Marine mammals and noise*, 1995, p°126).

Le bruit généré par les opérations de dragage est ainsi de nature à engendrer un niveau de perturbation élevé. Les niveaux sonores maximums enregistrés, disponibles dans la littérature, se situent au niveau du seuil de dommage temporaire (TTS) des cétacés.

Il est à noter que l'utilisation possible d'un brise roche hydraulique est mentionnée. Ces opérations sont également de nature à générer des nuisances acoustiques importantes, similaires à celles émises par le battage de pieux. Le niveau d'impact défini pour le battage peut ainsi être appliqué aux éventuelles opérations impliquant un brise roche hydraulique.

Malgré l'absence de modélisation acoustique, il est fortement envisageable que le bruit généré par le dragage excède largement le bruit ambiant et soit de nature à entraîner des conséquences sur les mammifères marins au niveau de la perte de fonctionnalité d'habitat ainsi que des perturbations comportementales et sociales. Son caractère continu va entraîner un effet de masquage sur la durée des travaux, sur une surface qu'il n'est cependant pas possible de déterminer. La possibilité de dommages physiologiques temporaires n'est également pas à exclure.

Il est cependant envisageable que les cétacés quittent la zone perturbée au commencement des opérations de dragage, trouvant refuge au sein de secteurs adjacents. Ainsi, si l'impact consistant en une perte de fonctionnalité d'habitat, et donc une amputation de l'habitat disponible semble certain, les individus ne seront exposés aux autres impacts identifiés que dans la mesure où ils s'aventureront sur le secteur perturbé. Il n'est pas possible de présager précisément de la mesure dans laquelle les individus traverseront ce secteur. Une réflexion en ce sens est cependant proposée par espèce ci-après.

Le dragage de l'extension se fera de manière confinée. Sans qu'il soit possible de le mesurer, ce confinement devrait entraîner une baisse du niveau d'énergie acoustique reçu en pleine mer sur l'habitat des cétacés.

Concernant la turbidité, le dragage va engendrer une mise en suspension de matériaux dans la colonne d'eau, dans une mesure qu'il n'est pas possible de caractériser. Le niveau de la perturbation engendrée pour les cétacés est ainsi difficile à qualifier. Il dépend notamment du niveau de turbidité « normal » pour le site : l'impact sera négligeable dans un contexte de forte turbidité naturelle, plus conséquent dans une mer où les espèces sont fortement conditionnées par la transparence de l'eau (Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion, Guide méthodologique, Geode, 2012).

Au niveau acoustique, les opérations de dragage semblent ainsi en mesure d'engendrer un impact a priori fort et temporaire. Il n'excèdera pas la durée de trois mois prévue dans le phasage.

Etant donné la configuration du site et des travaux (dragage de l'extension en milieu confiné sans contact avec les eaux du lagon, bassin actuel séparé de la pleine mer par la digue actuelle puis par le récif), l'impact potentiel du dragage sur les cétacés, en ce qui concerne la turbidité, est considéré comme faible. L'impact est temporaire, mais pourra excéder la durée des travaux (le panache turbide pouvant rester en suspension un certain temps après la fin des opérations).

f- Source et mesure des impacts identifiés – Battage de pieux

Le battage de pieux est envisagé au niveau de la construction des appontements. Aucune modélisation acoustique ou donnée technique précise concernant cette phase n'est disponible.

Nature de l'impact engendré

Les niveaux d'énergie acoustique perçus à 1 mètre de distance lors d'opérations d'enfoncement de pieux ne semblent pas devoir excéder 165 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ pour la bande de fréquence de 20 Hz à 1 kHz. Les niveaux sonores types émis dans cette bande sont à situer entre 100 et 130 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ (David 2006).

Globalement, sans prise en compte du contexte acoustique sous-marin local, le bruit des « marteaux » servant à enfoncer les pieux peut être perçu par les mammifères marins à plus de 10 km de la source. De Jong, et al. (2008) situe le niveau sonore maximum d'un coup à 185 dB re 1 $\text{Pa}^2\text{-s}$ à 100 Hz.

Les niveaux sonores émis par le battage sont ainsi susceptibles d'être élevés. Il est précisé que ces niveaux sont dépendants de différents paramètres, notamment le

diamètre des pieux. Les émissions acoustiques liées au battage semblent cependant de nature à largement excéder le bruit ambiant. Le niveau sonore maximum relevé disponible dans la littérature dépasse les seuils de dommage physiologique temporaire (TTS).

Des conséquences négatives en termes de perte de fonctionnalité d'habitat, de perturbations comportementales et sociales sont ainsi probables. L'impact du battage peut ainsi être significatif si les animaux sont amenés à changer temporairement d'habitat ou si la recherche de nourriture, l'accouplement ou l'allaitement sont perturbés (David 2006). Le masquage devrait cependant être limité par la nature intermittente du bruit. En outre, des dommages physiologiques temporaires ne sont pas à exclure.

L'impact acoustique du battage peut ainsi être considéré comme fort et temporaire. Il n'excédera pas la durée d'un mois telle que prévue par le planning de travaux.

Le battage semble également de nature à engendrer la mise en suspension de sédiments, dans une mesure qu'il n'est pas possible de caractériser. L'impact est cependant considéré comme faible, du fait de la configuration du site.

g- Vulnérabilité des espèces aux impacts pressentis – Cas du Grand dauphin de l'indo-pacifique

Les espèces de cétacés ne présentent pas toutes le même niveau de sensibilité face aux différents impacts évoqués ci-dessus. Leur vulnérabilité est notamment fonction de l'effectif de la population locale, de leur caractère migratoire ou sédentaire, de la superficie et de la localisation de leur habitat... Le niveau de vulnérabilité doit s'envisager à l'échelle locale et régionale.

A l'échelle locale

A La Réunion, le grand dauphin de l'indo-pacifique est observé très proche de la côte, dans des eaux de 3 à 100 m de profondeur. La majorité des observations se situe dans des eaux de moins de 60m de profondeur (Dulau et al., 2008). L'habitat préférentiel de cette espèce correspond donc à une bande côtière relativement étroite, s'étendant à moins de 1,5km de la côte et représentant une surface de 220km² autour de l'île.

Les suivis par photo-identification montrent que les individus observés dans la zone d'étude se déplacent largement autour de l'île, les mêmes individus étant «recapturés» (c'est-à-dire identifiés individuellement à plusieurs reprises) dans différents secteurs.

C'est donc l'ensemble de la bande côtière de l'île qui semble être utilisée par les individus. C'est également l'ensemble de la population locale qui est potentiellement concernée par le projet, en ce que chaque individu est susceptible d'utiliser ou de chercher à utiliser la zone soumise à l'influence des travaux.

Perte de fonctionnalité de l'habitat

Les travaux prévus dans le cadre du projet se situeront à l'intérieur du lagon, sur un secteur non fréquenté par le grand dauphin de l'indo-pacifique. Cependant, le bruit généré par les phases les plus bruyantes (dragage, battage) devrait concerner les eaux au large du lagon qui constituent son habitat. Les conséquences sont ainsi une perte de fonctionnalité de l'habitat, c'est-à-dire une amputation de la superficie disponible pour l'exercice des activités vitales.

Le grand dauphin de l'indo-pacifique est particulièrement sensible à cet aspect. Son habitat étant particulièrement restreint, toute amputation même temporaire est à considérer sérieusement. Son caractère très côtier le rend par ailleurs particulièrement vulnérable aux dégradations du littoral ou au morcèlement de son habitat par le développement de projets d'aménagement en eaux peu profondes.

Par ailleurs, le grand dauphin de l'indo-pacifique se déplaçant tout autour de l'île, les phases bruyantes du projet risquent d'engendrer une « barrière acoustique » venant rompre son corridor de déplacement et ainsi entraver les mouvements vitaux des individus. La distance entre le récif et l'isobathe de 100m, considéré comme la limite de l'habitat utilisable par l'espèce, est inférieure à 2 km au niveau du port de Saint Leu. Ainsi, les bruits engendrés par les travaux agiront comme une barrière acoustique s'ils se propagent à plus de 2 km du récif. La perte de fonctionnalité de l'habitat semble devoir être conséquente principalement aux phases de dragage et de battage de pieux,

opérations les plus bruyantes. La proportion d'habitat potentiellement concernée n'est pas mesurable, faute de précisions sur la superficie de la zone impactée.

Concernant la mise en suspension de matériaux, si ce phénomène devait concerner l'habitat de l'espèce, il ne semble pas de nature à entraîner un impact sur les individus. Les dauphins utilisent l'écholocation régulièrement lors de la recherche de nourriture, et sont peu susceptibles d'être affectés par l'augmentation de la turbidité. (Gunfleet Sands 3 - Demonstration Project Environmental Statement Offshore Export Cable Environmental Addendum Report, Dong Energy Report, 2011). Le niveau de turbidité des eaux ne semble par ailleurs pas influencer la distribution de l'espèce (Cribb et al., 2008).

Bien qu'il soit impossible de mesurer la proportion d'habitat concernée par rapport à l'habitat global utilisé par l'espèce à La Réunion, l'impact de la phase travaux du projet sur le grand dauphin de l'indo-pacifique au niveau de la perte de fonctionnalité de l'habitat est considéré comme moyen à fort en fonction de la surface qui sera impactée, pour les phases de dragage et de battage de pieux.

A la différence des phases de dragage et battage, la phase de construction de la digue ne semble pas de nature à engendrer un impact significatif à ce niveau (pas de nuisance sonore associée).

Perturbations comportementales, sociales et stress

Les individus semblent en mesure de fuir la zone d'influence acoustique du projet, pour se déplacer vers des secteurs calmes, aptes à accueillir l'exercice de leurs activités vitales. Étant donné la nature temporaire des travaux, les perturbations comportementales, sociales, ou la génération de stress ne devraient concerner que marginalement la population de grand dauphin de l'indo-pacifique. Seuls les individus présents à l'intérieur de la zone perturbée au démarrage des travaux semblent devoir être concernés.

Cependant, comme précisé ci-dessus, le grand dauphin de l'indo-pacifique se déplace largement autour de l'île. Des individus peuvent chercher à se rendre de part et d'autre du secteur perturbé, le traversant malgré la nuisance, notamment si celui-ci s'étend jusqu'à l'isobathe des 60m marquant la limite de l'habitat du grand dauphin de l'indo-pacifique. Les individus effectuant leurs déplacements vitaux n'auront ainsi d'autres choix que de s'aventurer plus au large en s'exposant davantage aux prédateurs, ou traverser la zone perturbée en s'exposant à cette catégorie d'impacts.

L'impact du projet (dragage et battage) sur le grand dauphin de l'indo-pacifique au niveau des perturbations comportementales, sociales, ou de la génération de stress est considéré comme moyen.

Masquage

A l'image du paragraphe précédent, seuls les individus présents dans la zone perturbée au moment des phases bruyantes (dragage, battage) sont potentiellement concernés par le masquage. La présence d'individus dans cette zone en phase travaux est possible mais non quantifiable. De même, s'il existe des habitats favorables adjacents à la zone d'étude, il n'est pas possible de prédire si les animaux auront une réaction d'évitement ou s'ils resteront sur zone.

La phase de construction de la digue elle-même ne semble pas en mesure d'engendrer ce phénomène (pas de nuisance acoustique en milieu marin).

L'impact du projet sur le grand dauphin de l'indo-pacifique en ce qui concerne le masquage est considéré comme fort, notamment du fait des conséquences graves qui peuvent en résulter en terme d'alimentation et de socialisation.

Dommages physiologiques temporaires

Selon Southall et al. (2007), le seuil de dommage physiologique temporaire pour le grand dauphin de l'indo-pacifique se situe à 187 dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Il a été vu que le dragage et le battage sont susceptibles d'approcher ce seuil, voire de le dépasser.

De manière empirique, il est considéré ici que les niveaux de bruit émis se retrouvent de manière peu atténuée au-delà du récif, sur l'habitat du grand dauphin de l'indo-pacifique.

L'altération des capacités auditives des individus, même momentanées, est susceptible d'avoir des conséquences graves. Ainsi l'impact potentiel sur le grand dauphin de l'indo-pacifique à ce niveau est considéré comme fort.

Dommages physiologiques permanents

Selon Southall et al. (2007), le seuil de dommages physiologiques permanents pour le grand dauphin de l'indo-pacifique se situe à 198 dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, seuil qui ne devrait pas être atteint dans le cadre de l'opération.

L'impact à ce niveau est ainsi considéré comme nul.

A l'échelle régionale

Il n'existe actuellement aucune estimation d'abondance à l'échelle régionale ou mondiale pour le grand dauphin de l'indo pacifique. A La Réunion, cette espèce forme une population résidente, a priori non connectée avec les autres populations de la région, comptant probablement moins de 200 individus (Dulau et al., 2009).

La population concernée par le projet n'aura donc pas la possibilité d'occuper d'autres territoires, extérieurs à La Réunion, pendant la durée du projet. De la même manière,

une atteinte à l'état de santé de cette population ne pourra pas être compensée par l'apport d'individus provenant d'autres régions de l'océan indien.

L'effectif restreint de la population de dauphins de l'indo-pacifique présente à La Réunion la rend particulièrement vulnérable à toute perturbation de son état de santé et de son milieu.

Dauphin long bec

A l'échelle locale

A La Réunion, le dauphin long bec a un habitat relativement étendu et fréquente à la fois les eaux peu profondes, très proches de la côte, et les eaux du large. L'espèce est régulièrement observée dans des eaux de plus de 100m de profondeur. Peu d'observations ont cependant été rapportées au large du site d'étude.

Le dauphin long bec semble ainsi a priori moins directement concerné par les effets du projet que le grand dauphin de l'indo-pacifique.

Perte de fonctionnalité de l'habitat

Le dauphin long bec peut être sensible aux nuisances acoustiques générées par des opérations de dragage. Shallenberger (1978) a notamment mis en évidence ce phénomène dans une baie à Hawaii dès le lancement de travaux de construction bruyants impliquant du dragage.

Cependant, bien que la surface d'habitat fonctionnel de l'espèce à La Réunion ne soit pas connue, celui-ci s'étend davantage au large que l'habitat utilisé par le grand dauphin de l'indo-pacifique. Ainsi, même si la zone d'influence acoustique du projet, notamment en ce qui concerne ses phases les plus bruyantes (dragage et battage de pieux) n'est pas définie, l'habitat de l'espèce semble suffisamment large pour qu'une amputation due au bruit du chantier ne représente pas un impact conséquent.

Concernant une perte de fonctionnalité de l'habitat causée par une augmentation de la turbidité, le dauphin long bec apparaît comme particulièrement sensible à la turbidité de l'eau et sera donc plus vulnérable que les autres espèces à ce niveau (Culik, 2010). En effet, l'espèce semble utiliser préférentiellement des eaux claires pour se prémunir de l'attaque des prédateurs, notamment en phase de repos pendant laquelle son système d'écholocalisation est inactif.

Cependant, le site d'étude n'est pas identifié comme une zone spécifique de repos pour cette espèce, qui n'a été observée que de manière exceptionnelle à proximité du site qui accueillera le chantier. Si cela n'exclut pas que cette zone soit utilisée par l'espèce, l'augmentation temporaire de la turbidité pendant certaines phases des travaux n'est pas perçue comme ayant des conséquences importantes pour cette population à large répartition.

L'impact du projet sur le dauphin long bec au niveau de la perte de fonctionnalité de l'habitat est ainsi considéré comme faible.

Perturbations comportementales, sociales et stress

A l'image du grand dauphin de l'indo-pacifique, le dauphin long bec pourra facilement occuper des secteurs adjacents calmes lors des phases bruyantes des travaux. Une perturbation comportementale, sociale, ou la génération de stress sont susceptibles de concerner des individus éventuellement présents et surpris par le démarrage des travaux.

L'impact à ce niveau sur le dauphin long bec est estimé faible en raison du faible nombre d'observations rapportées sur le secteur d'étude et de l'habitat étendu de l'espèce.

Masquage

A l'image du paragraphe précédent et à l'instar du grand dauphin de l'indo-pacifique, seuls les individus présents dans la zone perturbée au moment des phases bruyantes (dragage, battage) sont potentiellement concernés par le masquage.

Cependant, la zone perturbée ne représente a priori qu'une faible proportion de l'habitat de l'espèce à La Réunion, et on rappelle le faible nombre d'observations rapportées au large du site d'étude.

L'impact du masquage est considéré comme faible pour le dauphin long bec.

Dommages physiologiques temporaires

Selon Southall et al. (2007), le seuil de dommage physiologique temporaire pour le dauphin long bec se situe à 187 dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Il a été vu que le dragage et le battage sont susceptibles d'approcher ce seuil, voire de le dépasser. L'habitat utilisé par l'espèce se superpose ainsi dans une mesure qu'il n'est cependant pas possible de caractériser de manière précise, avec la zone de risque de dommage physiologique temporaire.

Cependant, la surface de l'habitat de l'espèce est considérée comme très étendue par rapport à la zone de risque.

Les effets potentiels du projet en termes de dommages physiologiques temporaires sur le dauphin long bec sont considérés comme faible.

Dommmages physiologiques permanents

Selon Southall et al. (2007), le seuil de dommages physiologiques permanents pour le grand dauphin de l'indo-pacifique se situe à 198 dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, seuil qui ne devrait pas être atteint dans le cadre de l'opération.

L'impact à ce niveau sur le dauphin long bec est ainsi considéré comme nul.

A l'échelle régionale

Aucune donnée n'est actuellement disponible sur d'éventuels échanges entre les dauphins long bec de La Réunion et les autres populations de la région.

L'éventualité d'un impact à l'échelle régionale est cependant considérée comme inexistante.

Baleine à bosse

A l'échelle locale

A La Réunion, la majorité des observations de baleines à bosse a été effectuée dans la bande bathymétrique de 0 à -100m, soit sur une zone géographique de 345km² autour de l'île.

Contrairement au grand dauphin de l'indo-pacifique et au dauphin long bec, cette espèce migratrice n'est présente à La Réunion que sur une partie de l'année, entre fin juin et début novembre. Elle vient alors se reproduire et mettre bas dans les eaux côtières de l'île.

L'émission de nuisances sonores hors de cette période n'aurait ainsi aucune incidence sur la baleine à bosse.

Perte de fonctionnalité de l'habitat

A La Réunion, l'espèce est susceptible d'utiliser les eaux très peu profondes, certaines observations étant rapportées dans des eaux de moins de 10m de profondeur (Globice, données non publiées). Les couples mère-baleineau notamment sont susceptibles de se rapprocher très près des côtes. La baleine à bosse est ainsi susceptible d'utiliser de manière conséquente l'habitat potentiellement concerné par le projet, notamment lors de ses phases bruyantes. Plusieurs observations ont été réalisées dans la zone d'étude démontrant une fréquentation régulière du site par cette espèce.

L'impact des nuisances liées au dragage sur la baleine à bosse n'est pas documenté. Cependant, plusieurs études montrent l'abandon de sites par des mysticètes, au moins temporairement, suite à des opérations de dragage (Bryant et al., 1984). A l'inverse, certains auteurs mettent en avant une tolérance forte de certains mysticètes face aux

bruits produits par le dragage (Slay et al., 1993 ; Richardson et al., 1985), peut être aidés par un phénomène d'habitude (Richardson et al., 1987).

La zone d'étude est utilisée par l'espèce pour l'exercice d'activités vitales, notamment la reproduction et l'élevage des jeunes, le repos et le transit. Cette zone présente ainsi un intérêt majeur pour l'espèce. Il est envisageable que les couples mère / baleineau, a minima, cherchent à éviter une zone perturbée par un fort niveau de bruit anthropique, tels que ceux qui risquent d'être générés par les phases de dragage et de battage du projet. Cependant, leur réaction ne peut-être prévisible, différents cas ayant été décrits dans la littérature scientifique.

La perte de fonctionnalité de l'habitat, considérant la reproduction, le repos et le transit concernera les baleines « résidentes » à La Réunion (à l'échelle d'une saison), soit un minimum de 30% des baleines recensées au cours d'une saison (Dulau et al., 2012). La grande majorité des baleines observées en début de saison ne sont pas revues et sont considérées comme étant de passage, l'île de La Réunion représentant une étape sur leur route migratoire. Pour ces individus, le projet aura pour conséquence de limiter la zone d'habitat disponible autour de l'île en tant que zone de transit au niveau régional ; ils seront peu affectés par la perte de fonctionnalité de cette zone au niveau de la reproduction.

Au niveau de la turbidité, la mise en suspension de matériaux devrait rendre la zone concernée impropre à la fréquentation des baleines à bosse pendant les travaux, si d'aventure un panache turbide s'étend au-delà du récif. Les mères accompagnées de leur nouveau-né pourraient être sensibles à l'augmentation de la turbidité, car cela pourrait altérer la détection des prédateurs potentiels.

L'impact du projet en matière de nuisances sonores est considéré comme fort pour la baleine à bosse en termes de perte de fonctionnalité d'habitat. Les individus utilisent en effet les eaux peu profondes de La Réunion notamment pour l'élevage des jeunes, phase très sensible de leur cycle biologique.

Perturbations comportementales, sociales et stress

L'émission de vocalises fait partie de la stratégie de reproduction des baleines à bosse, les mâles produisant des chants pré-nuptiaux pendant plusieurs heures. Cependant, les incidences comportementales d'une hausse du niveau de bruit anthropique sur la baleine à bosse ne sont pas bien documentées.

Comme évoqué ci-dessus, les réactions peuvent varier selon les individus exposés à un même niveau de bruit, allant de l'indifférence à l'évitement (à propos de baleines boréales : Richardson et al., 1987).

Richardson et al. (1990) a cependant mis en avant que des baleines boréales situées à bonne distance d'opérations de dragage en cours ne montraient que de faibles signes d'évitement, alors que les individus plus proches et plus exposés (recevant entre 122 et 131 dB, soit 21 à 30 dB de plus que le bruit ambiant) ont montré des signes plus

marqués d'évitement. Elles ont arrêté de se nourrir et se sont déplacées à plus de 2 km de distance. Elles se trouvaient à environ 800m au moment du démarrage des travaux.

Il est donc envisageable que les bruits générés par les phases les plus bruyantes du projet entraînent une modification du comportement des baleines concernées, voire leur fuite du site. Cela peut entraîner des dépenses énergétiques non prévues, potentiellement dommageables en cas de présence de nouveau-né.

Par ailleurs, pour rappel, Koski et al. (1988) a rapporté la séparation d'une baleine boréale et de son baleineau suite à un dérangement anthropique. Il est ainsi envisageable que les bruits impulsifs du battage ou les forts niveaux sonores générés par le dragage entraînent une perturbation sociale chez les baleines à bosse, le risque étant la séparation des groupes, notamment des couples mères / baleineaux.

Concernant la création de stress, les individus ont la possibilité de fuir la zone perturbée. Il est ainsi peu envisageable que les baleines restent exposées aux nuisances suffisamment longtemps pour être concernées par le stress, outre un stress ponctuel déclenchant la fuite.

Bien qu'il soit difficile de qualifier l'impact comportemental et social des phases bruyantes des travaux maritimes du projet sur la baleine à bosse, cet impact est considéré comme fort car les perturbations afférentes sont susceptibles d'entraîner des conséquences néfastes pour les femelles lactantes et les baleineaux qui s'avèrent particulièrement vulnérables.

Masquage

La baleine à bosse, comme l'ensemble des mysticètes, ne possède pas de système d'écholocation. Ainsi l'espèce est-elle moins sensible au phénomène de masquage. Cependant, comme évoqué ci-dessus, le chant des mâles semble jouer un rôle important au niveau de la reproduction.

En ce qu'elles pourraient entraîner le masquage partiel de ces chants, limitant leur distance de propagation, les nuisances sonores du projet semblent ainsi présenter un risque potentiel de perturbation de cette phase clef du cycle biologique de l'espèce.

Il n'est cependant pas possible de qualifier l'impact à ce niveau, les conséquences d'un phénomène de masquage sur la reproduction de la baleine à bosse n'étant pas documentées. Par ailleurs, la proportion de l'habitat de l'espèce qui serait concernée par les travaux les plus impactants ne peut être définie précisément en l'absence de cartographie du bruit.

L'impact du projet sur la baleine à bosse en termes de masquage sera temporaire et n'excèdera pas la durée des phases de travaux bruyantes.

Dommages physiologiques temporaires

Selon Southall et al. (2007), le seuil de dommage physiologique temporaire pour la baleine à bosse se situe à 187 dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Ce seuil est susceptible d'être approché voire dépassé lors des phases de travaux les plus bruyantes.

A l'instar du dauphin long bec, l'habitat utilisé par l'espèce et la zone de risque de dommage physiologique temporaire se superposent dans une mesure qu'il n'est pas possible de caractériser. L'espèce, en particulier les couples mère / baleineaux, fréquente cependant largement les eaux peu profondes, notamment celles au large de la zone du projet.

Le risque de dommage physiologique temporaire est ainsi considéré comme fort pour la baleine à bosse.

Dommages physiologiques permanents

Selon Southall et al. (2007), le seuil de dommage physiologique permanent pour la baleine à bosse se situe à 198 dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, seuil qui ne devrait pas être atteint pendant la réalisation des travaux.

L'impact à ce niveau est ainsi considéré comme nul.

A l'échelle régionale

Les études menées jusqu'à présent, basées sur les méthodes de photo-identification des individus, montrent que les baleines ne sont pas nécessairement fidèles au site de reproduction que constitue La Réunion.

Bien que certaines baleines soient revenues au large de l'île sur plusieurs saisons, la plupart changent de zone de reproduction selon les années (Dulau et al., 2012). Des échanges d'individus ont été montrés entre La Réunion et Madagascar (Dulau et al., 2011) et avec Mayotte (données non publiées).

Ainsi, considérant les zones de nourrissage, de reproduction et les voies migratoires, l'unité fonctionnelle écologique des baleines à bosse fréquentant les eaux côtières de La Réunion est donc très vaste, s'étendant sur l'ensemble de la zone Sud-Ouest de l'Océan Indien jusqu'à la zone Antarctique.

La surface représentée par l'aire d'influence directe du projet est ainsi extrêmement minime eu égard à la surface représentée par l'unité fonctionnelle écologique globale des baleines à bosse.

Il est peu probable que le projet ait une influence sur l'espèce baleine à bosse à une échelle régionale.

Cependant, il a été relevé une forte augmentation du nombre de baleines venant hiverner à La Réunion ces dernières années.

Par ailleurs, l'observation de premières « recaptures interannuelles » semble signaler un début de fidélisation au site. Il en va de même de « recaptures régionales » entre Madagascar et La Réunion.

Ces différents phénomènes nouveaux pourraient suggérer que les baleines élargissent leur aire de répartition en investissant de nouveaux sites (ou d'anciens sites) comme La Réunion (Dulau et al., 2011), dans un contexte d'expansion de l'espèce suite à l'arrêt de la chasse commerciale.

Il est donc aujourd'hui primordial de préserver les zones de reproduction de cette espèce au niveau local pour assurer le rétablissement de la population à l'échelle régionale.

B- Effets en phase d'exploitation

a- Impact pressenti : augmentation du trafic maritime

L'augmentation du trafic attendue dans la baie de Saint Leu est liée à l'extension de la capacité d'accueil du port de l'ordre d'une centaine d'emplacements, soit une augmentation de l'offre sur la côte Ouest de l'île d'environ 10% (darse Titan du Port Ouest).

Nature de l'impact engendré

Les impacts envisagés sur les cétacés sont à ce niveau de deux ordres :

- D'une part, augmentation du risque de collision ;
- D'autre part, augmentation du niveau de bruit et du dérangement lié à la circulation des bateaux.

Il est précisé qu'au large, les bateaux en provenance du port de Saint Leu viendront se mêler à ceux venant des autres ports de l'Ouest de l'île. Cependant, les eaux directement à proximité du port de Saint Leu, et notamment la passe d'accès proprement dite, connaîtront une augmentation de la fréquentation en proportion plus importante que les eaux du large.

b- Vulnérabilité des espèces aux impacts pressentis

Grand dauphin de l'indo-pacifique

La vulnérabilité du grand dauphin de l'indo-pacifique face au trafic maritime est moins bien documentée que celle du grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*). Aucune étude n'a par ailleurs été réalisée en ce sens sur la population de grand dauphin de l'indo-pacifique de La Réunion. Il est donc présenté ici les éléments disponibles pour le genre *Tursiops*.

Les grands dauphins vivent fréquemment au sein de secteurs à forte activité nautique. Ils approchent les bateaux régulièrement (notamment le grand dauphin commun), parfois nagent à l'étrave, ou se nourrissent de proies rendues plus accessibles par la pêche humaine (Corkeron et al., 1990).

Au Mexique, les grands dauphins communs sont largement exposés à un trafic maritime important, et montrent peu de réactions à moins que le bateau s'approche à moins de 5 mètres (Acevedo 1991). Bien que cette espèce montre une grande tolérance aux bateaux, ceux-ci peuvent entraîner des modifications comportementales. Shane (1990) montre que ces modifications de comportements sont cependant moins importantes lorsque les animaux sont en phase de socialisation.

Les grands dauphins peuvent ainsi adopter des comportements de fuite face aux navires. Au Pays de Galles, les grands dauphins résidents tendent à éviter un secteur soumis à une activité nautique importante (P.G.H Evans, in Moscrop 1993 : 67).

Il semble ainsi que les grands dauphins adoptent des réactions variées face à l'approche de navires et au trafic maritime, allant de l'évitement à l'approche. Un trafic maritime conséquent semble de nature à entraîner des déplacements temporaires, mais il n'existe aucune preuve que des odontocètes aient abandonné une part significative de leur habitat à cause du trafic maritime (Richardson et al. in Marine mammals and noise, 1995, p°262). Toutefois, certaines études mettent en avant un déclin de l'abondance des grands dauphins sur des secteurs où la population est exposée à un « whale-watching » conséquent (Bejder et al., 2006).

Concernant le risque de collisions, celles-ci semblent peu courantes avec les petits delphinidés. Il peut cependant arriver que des grands dauphins soient blessés ou tués par les hélices des bateaux (Reynolds 1985 - Fertl 1994). L'augmentation du trafic maritime au large du port va donc entraîner une hausse proportionnelle du risque de blessures liées aux hélices.

L'impact de la hausse du trafic maritime à proximité du port de Saint Leu est ainsi avéré pour le grand dauphin de l'indo-pacifique (dérangement, risque de collisions).

Dauphin long bec

Les réactions documentées des dauphins du genre *Stenella* face au trafic maritime sont contrastées.

Dans le Pacifique tropical, les *Stenella* spp. ont tendance à éviter les bateaux approchant à une distance comprise entre 5 et 12 mètres, et montrent un évitement marqué quand le bateau s'approche entre 2 et 5 mètres (Norris et al., 1978 ; D Au et Perryman 1982 ; Hewitt 1985). Dans le Golfe du Mexique, la plupart des *Stenella* spp. approchent les bateaux, alors que le dauphin bleu et blanc tend à les éviter (Wursig et Lynn 1998).

A La Réunion, le dauphin long bec est fréquemment observé à proximité des bateaux. A l'image du grand dauphin de l'indo-pacifique, les réactions sont variées, allant de l'évitement à l'approche.

L'espèce n'est pas représentée de façon significative à proximité du port de Saint Leu. Ainsi elle devrait être moins concernée que le grand dauphin de l'indo-pacifique par l'augmentation du trafic maritime dans la baie. En conséquence, l'impact en phase exploitation est considéré comme faible pour l'espèce.

Baleine à bosse

Les réactions des baleines à bosse face à l'approche des navires, notamment face au « whale-watching », sont relativement bien documentées.

Face à un bateau isolé, les individus montrent des réactions variables, allant de l'approche à l'évitement (Payne, 1978, Salden, 1993). A La Réunion, les couples mères / baleineaux semblent plus sensibles à l'approche des bateaux, et adoptent fréquemment un comportement d'évitement lorsqu'un ou plusieurs d'entre eux se trouvent à proximité.

Bauer (1986) et Bauer et Herman (1986) ont étudié les réactions des baleines à bosse en présence de bateaux, majoritairement de petits bateaux. Les mesures de la fréquence des respirations, des plongées, de la vitesse de déplacement, des échanges sociaux et du comportement aérien (sauts...) sont apparus corrélés au nombre de bateaux, à leur vitesse et à leur changement de direction.

Les résultats varient en fonction de la catégorie d'individus (solitaires, mères/baleineaux, etc.). Des comportements démontrant l'évitement (augmentation des remontées à la surface sans souffle et des plongées sans sortie de caudale) sont largement constatés. Ces effets divers apparaissent quand les bateaux se trouvent à une distance comprise entre 500 mètres et 1 km. Ces auteurs concluent que l'approche de petits bateaux est probablement stressante pour les baleines, la conséquence biologique de ce stress étant inconnue.

Les petits groupes ou les groupes contenant un nouveau-né sont par ailleurs plus affectés que les grands groupes (Bauer et al., 1993).

ML Green and Green (1990) mettent également en avant des changements significatifs à plusieurs niveaux pour les baleines à bosse lorsqu'un bateau approche à moins de 0.5 mile. Les individus montrent une réduction du temps passé en surface, des plongées plus longues, des changements brutaux de direction (évitement), et la baisse de la vitesse de déplacement après le départ des bateaux. Les effets persistent 20 minutes après leur départ. Green (1990) montre que les baleines se déplacent vers un secteur plus favorable (rayon de 2km) les jours où le trafic maritime est accru ou plus bruyant (activité de parachute ascensionnel par exemple).

Des études sur le long terme montrent qu'à Hawaï les couples mères/baleineaux deviennent moins fréquents en proportion, à proximité des côtes, lorsque le nombre de bateaux de loisirs augmente (Glockner-Ferrari and Ferrari 1985, 1990 ; Salden 1988). Cependant, le lien de cause à effet avec la présence des navires n'est pas prouvé (Forestell et al., 1991). Clapham et Mattila (1993) mettent également en avant que les mères/baleineaux se montrent plus sensibles à l'approche des bateaux.

De manière contradictoire, Bauer et al. (1993) montrent que la population de baleines à bosse d'Hawaï est en augmentation malgré son exposition aux activités humaines, les effets à long terme sur le niveau des populations ne semblant pas apparents. Hawaï a cependant adopté une réglementation cadrant le « whale-watching » en interdisant l'approche des individus à moins de 100 yards (91m), et jusqu'à 300 yards (274m) au sein de zones désignées comme aire favorable aux couples mères / baleineaux.

Selon les individus, les réactions individuelles semblent ainsi variées. Bien que les bateaux entraînent des changements de court terme au niveau du comportement des baleines, incluant l'évitement, certains individus restent des semaines dans des zones fréquentées par les bateaux et reviennent dans le même secteur les années suivantes (Baker et al. 1988, 1992).

Certains individus ne montrent aucune réaction alors que des bateaux se trouvent dans un rayon de quelques kilomètres. Watkins et al. (1981), montre que le passage d'un tanker dans un rayon de 800m n'a pas dérangé le nourrissage d'un groupe de baleines à bosse. Celles-ci semblent plus sensibles lors des phases autres que le nourrissage (repos, reproduction) (Krieger et Wing., 1984, 1986).

Beach et Weinrich (1989) et Clapham et al. (1993) montrent que sur le site de nourrissage de Cape Cod des baleines à bosse reviennent chaque année et restent sur place plusieurs semaines malgré l'exposition à un trafic maritime intense (pêche et « whale-watching »). Des approches conformes au « code de bonne conduite » édicté n'entraînent pas de réaction. Par contre, des approches inadaptées (proximité, vitesse) entraînent des modifications de comportement (Schilling et al. 1989). Watkins (1986) montre que les baleines tendent à devenir moins sensibles à la présence des bateaux au fur et à mesure que cette présence augmente, suggérant ainsi une habituation au trafic maritime. Cependant, les individus tendent à être discrets quand des bateaux se trouvent à proximité immédiate. Certaines baleines, notamment des jeunes, peuvent approcher des bateaux de « whale-watching » se mouvant doucement (Watkins 1986 ; Belt et al. 1989).

Enfin, Norris et Reeves (1978) font le lien entre d'une part la baisse significative de la densité de baleines à bosse hivernant à Hawaï (au large la côte d'Oahu) et passant l'été au large de l'Alaska et d'autre part l'augmentation significative du trafic maritime observé entre les années 1940 et 1950. Bien que le lien direct ne soit pas formellement établi, la cause principale semble être l'impact cumulatif du trafic maritime, des bateaux de touristes et des avions (Shallenberger 1978). De la même manière, la densité de baleines à bosse semble être inversement proportionnelle au trafic quotidien de bateaux et à l'activité humaine (Herman 1979, Kaufman and Wood, 1981).

En résumé, il semble que les baleines à bosse soient sensibles à l'approche des navires, notamment les couples mères / baleineaux. Une approche respectant des lignes de conduites, limitant la distance et la vitesse d'approche ainsi que le nombre de bateaux, semble de nature à diminuer la perturbation.

L'impact de l'augmentation du trafic maritime à proximité du port de Saint Leu est ainsi considéré comme avéré en ce qu'il est de nature à entraîner une modification du comportement des individus, mais sur une surface relativement faible eu égard à l'habitat disponible pour l'espèce à La Réunion.

4.2.4.2 Effets du projet sur les tortues marines

A- Effets en phase chantier

a- Panaches de turbidité

Les matières en suspension liées à la phase de chantier limitent la pénétration de la lumière et freinent ou stoppent la croissance des algues et plantes marines dont se nourrissent les tortues marines.

De plus ces matières en se déposant sur les fonds peuvent être à l'origine de mortalité par recouvrement des espèces fixées (coraux, algues,...).

b- Émissions sonores

La plupart des activités humaines dans et aux abords des océans génère des bruits sous-marins.

La sévérité de l'impact dépend des caractéristiques du bruit (intensité, fréquence, durée,...). Certaines caractéristiques océanographiques, comme le relief du plancher océanique, ainsi que la profondeur, la température, la salinité et les différences de densité de l'eau, peuvent influencer sur la transmission du son lorsqu'il se propage dans l'eau. Par exemple, le niveau sonore diminue rapidement en eau peu profonde. À grande profondeur, le son se propage plus loin, en particulier lorsqu'il existe des voies acoustiques pour transmettre et focaliser l'énergie sonore (Pêche et Océans Canada, 2010).

Très peu d'études ont été menées à ce jour pour évaluer l'impact de la pollution sonore sur les tortues marines et les modifications de comportement que cela pourrait engendrer.

Les tortues marines n'ont pas d'oreille externe. Leur tympan se résume à une dépression crânienne recouverte de peau formant l'espace de l'oreille moyenne (Lenhardt et al., 1985). Les vibrations de l'eau sont alors perçues par les os (conduction osseuse) et conduites via un canal auditif rempli de liquide et de graisse jusqu'à leur oreille interne (Lenhardt 1982, Lenhardt et al. 1983, Lenhardt and Harkins 1983, Moein-Bartol et al. 1999). Elles sont capables d'entendre les sons graves (de basse fréquence) avec une sensibilité maximale comprise entre 300 et 500 Hz pour les tortues vertes (Ridgeway et al., 1969). De plus, elles peuvent capter les sons produits par les vagues sur les plages (Lenhardt et al., 1983).

Une étude de mesures de sons de basse fréquence au niveau d'habitats marins côtiers de tortues marines a révélé que la pollution sonore peut affecter le comportement et la santé de ces espèces (Samuel et al., 2005). Elle peut engendrer divers effets allant de la modification du comportement (perturbation légère, interruption d'activité, départ des habitats clés) à une désorientation, des dommages auditifs, la perte de contrôle moteur, ou encore, dans le pire des cas, la mort des individus (Duronslet et al., 1986 ; Slay & Richardson, 1988 ; Lenhardt, 1994 ; Lutcavage et al., 1997).

Les tortues marines réagissent par des mouvements à partir de signaux d'intensité de 55 à 59 dba (Lenhardt et al. 1983). Les blessures et les dommages auditifs permanents des tortues adultes sont susceptibles de se produire à des sons de 240 dba, alors que des modifications du comportement peuvent intervenir à des niveaux inférieurs à 120 dba (plan de gestion des tortues marines (PGTM) ciblé sur l'impact du développement du port de Port Hedland en Australie. 2011).

Il semblerait que les travaux de dragage n'engendrent pas de blessures ou de perte auditive chez les tortues marines. De manière générale, elles montrent dans ces cas-là un comportement d'évitement de ces zones perturbées. Il est également possible qu'elles viennent à s'habituer au bruit et qu'elles restent à proximité pendant une certaine période.

Le bruit de la construction des piles d'une jetée a été considéré comme moyen dans le cadre de l'étude d'impact du développement du port de Port Hedland en Australie, et il a été considéré que la production régulière d'impulsions pour la construction des piles engendrerait un comportement d'évitement (PTGM Port Hedland, 2011).

En ce qui concerne le projet d'extension du port Saint Leu, les travaux de dragage et de battage de pieux risquent d'engendrer la production d'ondes sonores dérangeantes pour les tortues marines. Elles devraient donc se déplacer et s'éloigner des zones de production de sons. De plus, les sons produits par ces différents travaux ne seront pas d'une intensité mortelle pour ces espèces. En revanche, un brise-roche pourrait produire des sons plus nuisibles pour les tortues s'ils viennent à dépasser 220 à 240 dba et impacter directement les individus en occasionnant des blessures plus ou moins graves.

c- Éclairage

L'éclairage a une influence importante sur les tortues en phase de reproduction (phototropisme négatif pour les femelles et positif pour les nouveaux-nés).

La reproduction des tortues vertes sur Saint Leu depuis 2004 se situe entre les mois de juillet et octobre pour les pontes et entre septembre et décembre pour les émergences (naissance).

d- Déchets

Un chantier de ce type génère une quantité importante de déchets divers, dont la gestion rigoureuse doit empêcher leur dissémination dans l'environnement. Les entreprises et l'ensemble du personnel intervenant sur le chantier doivent être sensibilisés au problème.

B- Effets en phase d'exploitation

a- Rejet des eaux de carénage

Lors d'une opération de carénage, la peinture « antifouling » présente sur la coque des bateaux est « décollée » en même temps que les algues et les coquillages grâce à l'utilisation d'un laveur haute pression.

Actuellement, très peu de chantiers de carénage sont équipés d'un système de collecte et de traitement de ces effluents. De ce fait, les composants chimiques constitutifs des peintures « antifouling » se retrouvent dans le milieu naturel. Pris au cas par cas, les petits chantiers de carénage représentent une faible source de pollution du milieu marin. Toutefois, la pollution générée cumulée par plusieurs chantiers devient non négligeable. De plus, les eaux de carénage seront rejetées via le réseau de collecte des eaux pluviales communal dans le lagon.

Ces pollutions seront confinées et feront l'objet d'un traitement spécifique dans le cadre du réaménagement de l'aire de carénage.

b- Accroissement du trafic maritime

Comme présenté pour les cétacés, les risques de collision entre les bateaux et les tortues marines seront accrus suite à l'extension de la capacité d'accueil du port.

c- Éclairage public

La mise en lumière du projet présente une incidence avérée sur les populations de tortues marines.

4.3 Effets du projet sur les paysages

Le projet d'extension du port est un maillon primordial du projet de renouvellement urbain du centre-ville de Saint Leu dans sa composante d'ouverture de la ville sur la mer et dans le cadre de sa démarche de développement touristique, culturel (manifestations événementielles) et économique.

Le front de mer est affecté à une dimension de mail piétonnier. En particulier, au droit du port, la circulation automobile est éloignée du rivage et la rue de la Compagnie des Indes est rendue aux piétons et cyclistes, y compris le pont de la ravine du Grand Etang.

Une continuité piétonne le long du lagon est assurée par le sentier littoral aménagé vers le nord et vers le sud, alors qu'actuellement elle est perturbée par les équipements portuaires.

La diminution de la pression automobile s'accompagne d'un traitement paysager circonstancié sur les emprises dégagées. Le caractère minéral de l'arrière port sera atténué par la suppression des espaces de stationnement des véhicules et le positionnement des zones techniques et de carénage en contrebas de la promenade.

Ce déplacement des activités techniques permettra également de solutionner les conflits d'usage et les risques d'accidents liés au mélange des flux des cheminements piétonniers et des activités au tour de l'aire de carénage, ce qui permettra par là même de renforcer la lisibilité de l'organisation des différentes fonctionnalités du port.

Un bouclage des cheminements verts entre le front de mer et les pentes assurera un usage plus ludique de l'hyper-centre, favorisera le lien ville – port et viendra renforcer le potentiel touristique et économique de l'enceinte portuaire.

Le bâti portuaire existant, vétuste, hétérogène, peu fonctionnel ni valorisant, sera démolé et remplacé par des bâtiments composés de différents modules en bardages bois, espacés de 5 m, laissant ainsi de larges percées visuelles, mettant en évidence le principe de transparence entre le front de mer piéton paysager et le port. Ils seront plus fonctionnels et reposeront sur un parti architectural conciliant l'environnement mixte du projet (marin et terrestre).

Les matériaux utilisés pour les bâtiments seront des matériaux dits légers et « naturels ». Vis-à-vis de la perception des bâtiments, les couleurs claires et « absorbantes » ont été privilégiées pour les peintures des façades.

Les volumétries seront simples et épurées et comporteront de larges ouvertures pour assurer une continuité et une transparence entre l'espace terrestre et maritime.

L'espace occupé par la rondavelle à l'interface entre le port et la ravine fera l'objet d'un traitement paysager de qualité. Cette rondavelle est un lieu de rencontre et d'échange culturel prisé à Saint Leu que le projet se doit de valoriser.

Suite au report de la circulation routière en retrait du front de mer, le pont mixte de la rue de la Compagnie des Indes sera aménagé en passerelle piétonne (cet élément de programme est toutefois hors maîtrise d'ouvrage TCO et donc non intégré à l'opération objet du présent document).

La portion de voirie de l'avenue de la Compagnie des Indes située le long du port sera transformée en mail piétonnier et paysagée.

Enfin, l'extension du port sera protégée par une digue de volumétrie (et en particulier arase) similaire à l'existante afin d'uniformiser le point de vue sur le lagon.

PROJET DE RENOUVELLEMENT URBAIN APPLIQUE A L'HYPER-CENTRE: Schéma global des orientations

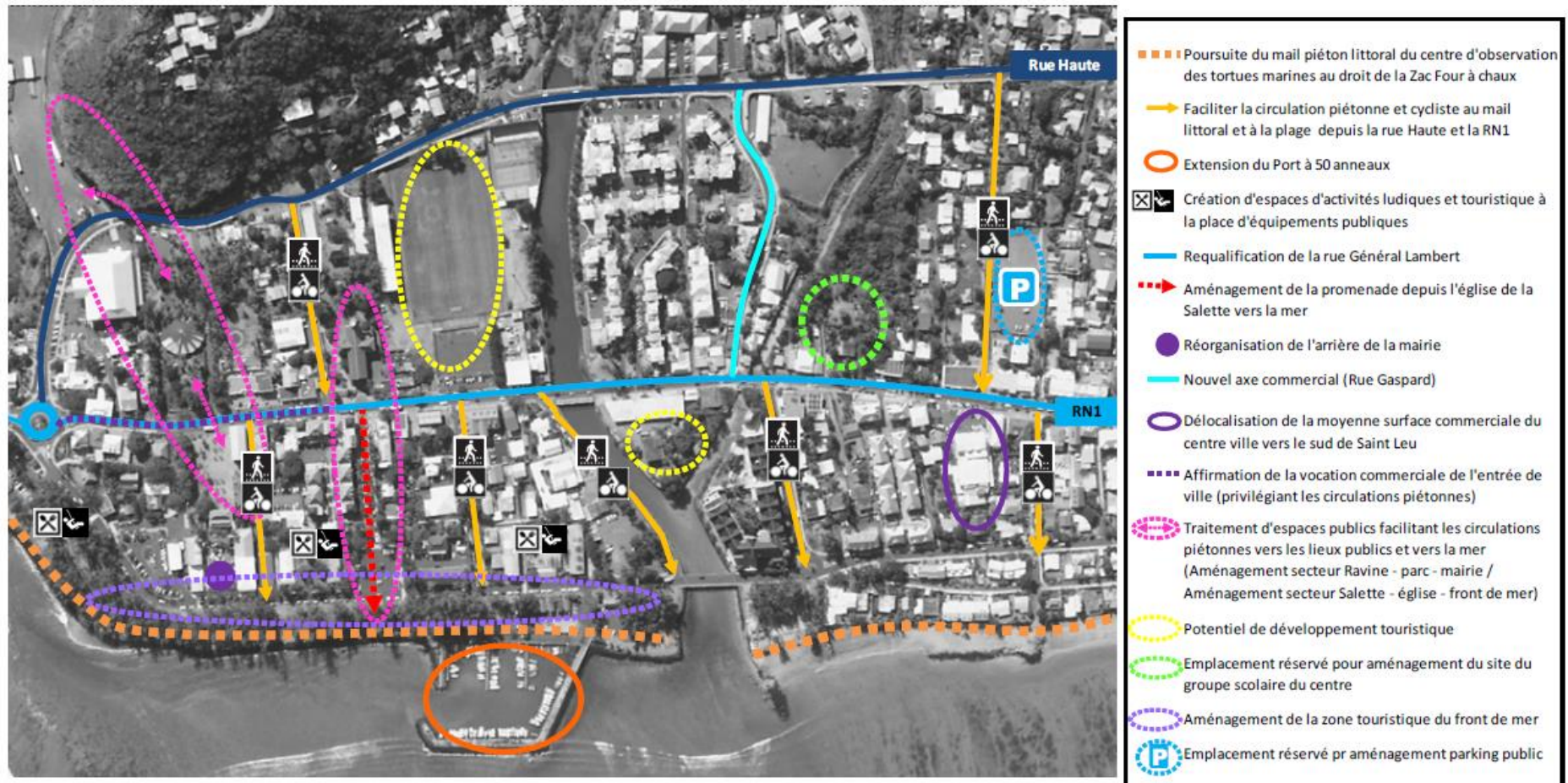


Figure 4.32 : Synoptique du projet urbain global

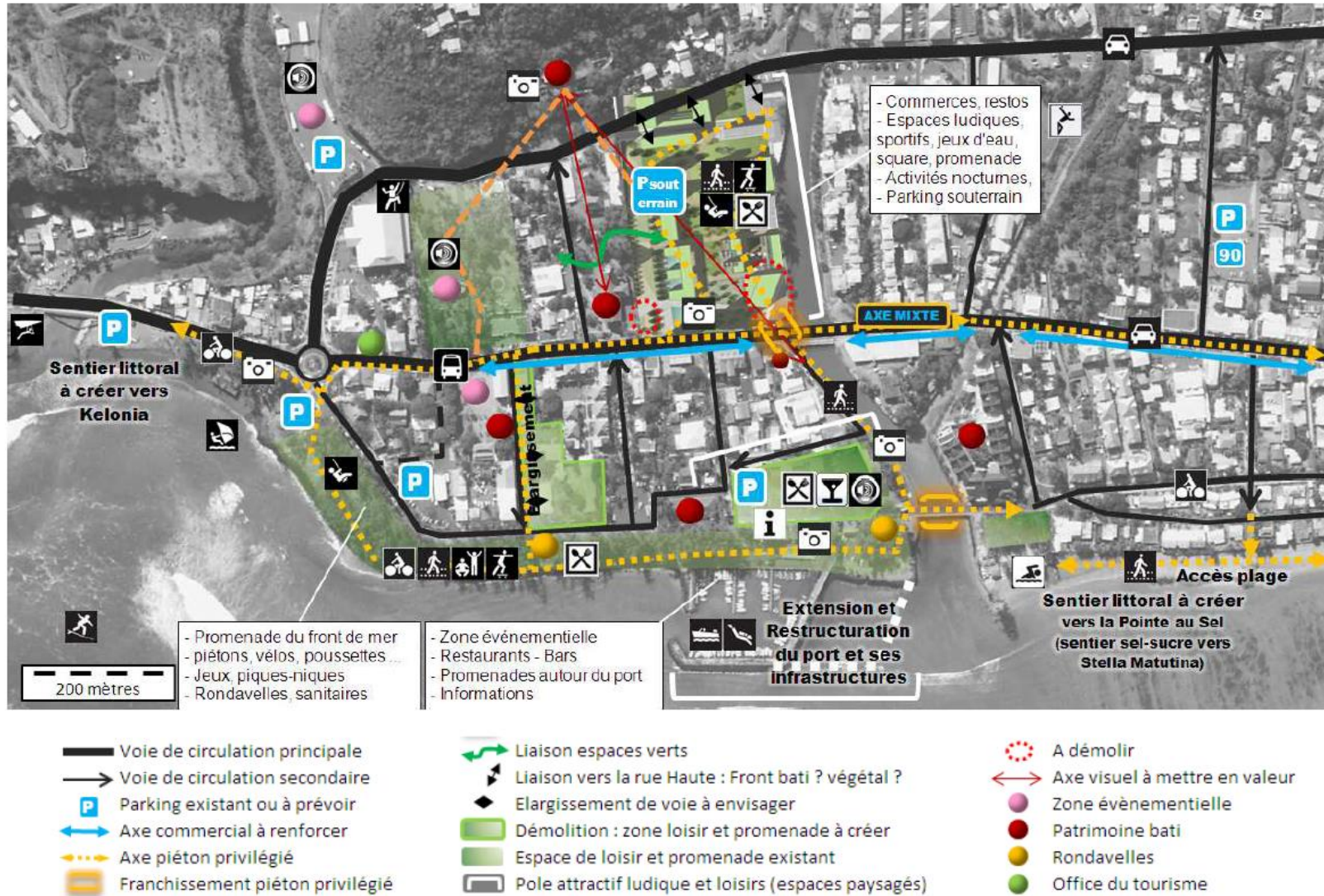


Figure 4.33 : Plan de circulation projeté



- Zones piétonnes : boucle verte du centre-ville : animations, commerces, vie nocturne, espaces paysagés
- Axes piétons prioritaires : parcours touristique, commercial, ludique, verdoyant
- Axe commercial à dynamiser : amélioration des circuits piétons, de l'image urbaine, fluidification de la circulation, lisibilité
- Zones à créer ou dynamiser : attractivité commerciale, de détente, carrefours entre les diverses populations
- Front vert : abords paysagers : vue depuis la mer (filaos), le long de la ravine Grand étang à améliorer dans le cadre du projet, le long de la rue haute (retrouver la vue sur la chapelle de la Salette depuis le centre ville), mise en valeur des abords du parc du 20 Décembre et des abords de la chapelle de la Salette
- Espaces de loisirs existants ou projetés

Figure 4.34 : Synthèse graphique du projet urbain

4.4 Effets du projet sur le milieu humain

4.4.1 Effets du projet sur les usages

Le projet d'extension du Port a vocation à favoriser un accroissement des activités nautiques et du tourisme sur la commune.

Le projet a un impact économique direct et indirect très positif.

4.4.2 Effets du projet sur la circulation

4.4.2.1 Circulation terrestre

Le projet comprend l'aménagement d'une voie d'accès à sens unique qui desservira uniquement le quai, les zones logistiques portuaires et le parking en sous-sol.

Il s'accompagne de la création de 47 places de parking en sous-sol.

La circulation routière sur la rue de la Compagnie des Indes sera en 2ème phase supprimée pour être reportée côté centre-ville.

En phase travaux, la continuité de desserte du front de mer sera perturbée mais restera assurée de part et d'autre de l'emprise du projet, depuis le Nord (médiathèque) et depuis le Sud (ravine Grand Etang).

4.4.2.2 Circulation maritime

L'extension de la capacité d'accueil suppose une augmentation du trafic dans le port.

Les modalités d'entrée et de sortie via le chenal actuel ne seront pas modifiées.

4.4.3 Effets du projet sur la santé humaine et la salubrité

Le projet aura pour effet d'augmenter la fréquentation du site et de fait engendrera un accroissement de la production de déchets au niveau terrestre et maritime. La salubrité de la zone d'étude pourrait se dégrader si des mesures de traitement des eaux et des déchets ne sont pas mises en place dans le cadre du projet.

De plus le projet est situé à proximité de zones de loisirs fréquentées par la population (baignade, surf, plongée, pêche) dont la qualité de l'eau pourrait être altérée en l'absence de mesures réductrices adaptées, notamment pour éviter la migration de panaches de turbidité.

En phase d'exploitation, le projet n'a pas d'impact significatif sur les conditions sanitaires requises pour les différents usages. Il a bien été pris en compte le fait que le

profil de vulnérabilité de la plage de Saint Leu n'exclut pas un retour du panache de sédiments supplémentaires généré par le projet par l'effet des courants.

Toutefois, les simulations effectuées concluent sur l'absence de modification des dépôts des particules fines apportées par la ravine dans le lagon et sur l'absence de risque pour les différents usages.

4.4.4 Effets du projet sur les réseaux

Le projet aura un effet positif permanent sur les réseaux humides qui seront modernisés et renforcés dans l'emprise du projet (eau, assainissement sanitaire et pluvial, réseaux secs).

4.4.5 Effets du projet sur la sécurité

La signalisation de police réglementaire sera mise en place.

4.5 Effets cumulés du projet avec la ZAC Saint-Leu Océan

Un projet connexe consiste en la création d'une ZAC située en limite sud de l'agglomération de Saint Leu. Plus précisément, le périmètre de la ZAC s'étend sur une superficie de 13.4 ha. Il est délimité par la déviation du centre-ville à l'ouest, les limites d'urbanisation récentes au sud et la RHI des Zattes au nord-ouest.

Les enjeux du projet de la ZAC Saint-Leu Océan sur l'environnement portent essentiellement sur :

- ✓ la flore ;

Les mesures prises pour la préservation de la flore permettent de limiter l'abattage des arbres et notamment des espèces d'intérêt. Aucun effet cumulé n'est à prévoir à ce niveau puisque le projet de réaménagement du Port ne concerne que des zones urbanisées à l'exception de toute zone naturelle.

- ✓ la faune ;

Sur le même principe, aucun effet cumulé n'est à prévoir en raison de l'éloignement des deux sites qui impliquent que les populations et habitats du premier projet ne seront pas touchés par le second projet. De manière plus globale, le projet du Port de Saint-Leu intervient sur une zone terrestre déjà urbanisée dont la sensibilité faunistique est faible et sans enjeux.

- ✓ le milieu marin.

Le projet de la ZAC comportera 5 points de rejet principaux :

- un rejet nommé R1 vers un « bassin de rétention existant » de 1200 m² au Sud Ouest de la ZAC, en bordure de la RN1 ;
- un rejet nommé « R2 » vers un « bassin de rétention existant » de 1 000 m² au Nord Ouest de la ZAC, en bordure de la RN1 ;
- un rejet nommé « R3 » vers le réseau d'eaux pluviales de la RHI des Zattes situé à la limite Nord du projet, suffisamment dimensionné pour accepter le supplément ;
- un rejet nommé « 301 » des eaux collectées via le fossé intercepteur situé entre la route des Tamarins et la ZAC ;
- un rejet nommé « 102 » des eaux collectées entre le 1^{er} fossé intercepteur et la limite Est de la ZAC.

Les eaux, après avoir transité par les deux bassins précités feront l'objet d'une infiltration dans le sous-sol sableux, et n'atteindront pas le milieu marin.

Aucun effet cumulé n'est donc à prévoir à ce niveau entre les deux projets.

4.6 Synthèse des effets du projet sur l'environnement

		Effets temporaires (phase chantier)	Effets permanents (phase d'exploitation)
Milieu Physique	Niveau d'eau du lagon		Direct
	Dynamique hydro sédimentaire		Direct
	Transport de sable		
	Barrière corallienne		
	Courantologie "gauche de Saint Leu"		
	Qualité de l'eau	Direct	
Milieu naturel	Avifaune	Direct	Direct
	Flore terrestre	Direct	Direct
	Peuplement corallien	Indirect	
	Faune marine	Indirect	Indirect
Paysage	-	Direct	Direct
Milieu humain	Usages	Direct	Direct
	Circulation	Direct	Direct
	Hygiène, santé et salubrité	Direct	Indirect
	Réseaux	Direct	Direct
	Sécurité	Direct	Direct

	Effet positif fort		Effet négatif fort
	Effet positif moyen		Effet négatif moyen
	Effet positif faible		Effet négatif faible
	Pas d'effet		

Tableau 4.5 : Synthèse des effets du projet sur l'environnement



MESURES CORRECTIVES ET COMPENSATOIRES

L'article R. 214-6 / R. 214-32 du Code de l'environnement dispose que le dossier réglementaire doit préciser « s'il y a lieu les mesures réductrices ou compensatoires envisagées. ».

Définitions

Les mesures correctives ou réductrices visent à corriger les impacts négatifs du projet sur le lieu et au moment où ils se développent.

Les mesures compensatoires sont envisageables quand un impact dommageable ne peut être suffisamment réduit ou que les dommages causés sont irréversibles.

5**Mesures réductrices et compensatoires****5.1 Management environnemental de l'opération****5.1.1 Comité de suivi du Milieu Marin**

Au vu des enjeux environnementaux du site sur lequel il est prévu d'implanter le projet, notamment vis-à-vis du milieu marin, il convient de mettre en œuvre une démarche de management environnemental de l'opération, qui débutera pendant la phase de conception du projet et se poursuivra après la mise en service du port réaménagé.

Les dispositions proposées fixent plusieurs objectifs dont la ligne directrice générale consiste à maîtriser les impacts environnementaux et réduire les nuisances sur l'environnement.

Le pilotage de la démarche de management environnemental de l'opération sera assuré par un Comité de Suivi du Milieu Marin qui sera chargé de :

- statuer sur les modalités du suivi environnemental du chantier ;
- s'assurer de la qualité et de la pertinence du protocole de suivi et des mesures d'accompagnement mises en œuvre ;
- contrôler l'efficacité des mesures réductrices adoptées ;
- faciliter l'acceptation du projet auprès des autorités et des populations.

Ce Comité sera animé par un coordonnateur environnement spécifiquement mandaté et regroupera le Maître d'ouvrage TCO, la ville de Saint Leu, les services de l'Etat (DEAL, ARS), la RNMR, des scientifiques associés (Université de La Réunion, Globice, Kelonia...) et des usagers de la mer.

5.1.2 Organisation en phase chantier

Les procédures de contrôle et les mesures d'accompagnement qui seront à la charge du maître d'œuvre du projet et des entreprises de travaux seront contractualisées sous la supervision du coordonnateur environnement et déclinées de façon détaillée dans des Plans d'Assurance Environnement (PAE) afin de s'assurer de l'implication de

chacun en matière de réduction des impacts et de la cohérence de la chaîne de contrôle et de décision pendant le déroulement du chantier.

Le coordonnateur environnement procédera à des actions d'information et de sensibilisation du personnel des différentes entreprises intervenant sur le chantier concernant :

- la sensibilité écologique du lagon et la reconnaissance des espèces sensibles ;
- les enjeux environnementaux de l'opération ;
- les bonnes pratiques à adopter au quotidien aussi bien en termes de prévention des risques que de gestion de crise (gestion des déchets, confinement et traitement de la pollution, prise en charge / sauvetage d'animaux tels que les pétrels...).

Chaque entreprise intervenant sur le chantier diligentera un référent environnement qui sera l'interlocuteur du coordonnateur et sera chargé de la mise en application des procédures du PAE et du contrôle interne de l'entreprise.

Chaque PAE devra comporter les éléments suivants :

- L'engagement de l'entreprise à désigner un référent environnement ;
- L'identification par l'entreprise des risques de pollutions et de nuisances générés pour chacune des phases de chantier, en fonction des procédés retenus et du phasage des opérations ;
- La description des moyens proposés (moyens humains, dispositions constructives) en termes de prévention des risques et de réduction des impacts, afin d'atteindre les objectifs de préservation de l'environnement fixés dans le cahier des prescriptions environnementales ;
- La description détaillée des différentes procédures de suivi et de contrôle interne destinées à s'assurer de l'efficacité des dispositions prises, y compris les documents de suivi nécessaires ;
- Les mesures de réparation et de compensation à adopter en cas de défaillance du système.

Le SOGED (Schéma Organisationnel de Gestion des Déchets) constitue le document de référence à tous les intervenants (maître d'ouvrage, entreprises, maître d'œuvre,...) dans le domaine de la gestion des déchets de chantier. Il permet de préciser les interventions de chacun dans les thématiques suivantes :

- Les modalités de tri sur le site des différents déchets de chantier ;
- Les méthodes envisagées pour réduire à la source la quantité et la nocivité des déchets ;

- Les centres de stockage et/ou centres de regroupement et/ou unités de recyclage vers lesquels seront acheminés les différents déchets, en fonction de leur typologie et en accord avec le gestionnaire devant les recevoir ;
- L'information en amont quant à la nature et à la constitution des déchets et aux conditions de dépôt envisagées sur le chantier ;
- Les modalités retenues pour assurer le contrôle, le suivi et la traçabilité ;
- Les moyens matériels et humains mis en œuvre pour assurer ces différents éléments de gestion des déchets ;
- L'établissement d'un diagnostic du gisement des déchets tant qualitatif que quantitatif.

Le maître d'œuvre et le coordonnateur environnement seront chargés de s'assurer de la bonne prise en compte des enjeux environnementaux par les entreprises en charge des travaux et de vérifier la fiabilité des dispositions proposées, aussi bien en termes de procédures que de mise en application sur le chantier.

Une démarche d'amélioration continue basée sur le retour d'expérience sera également mise en œuvre par l'intermédiaire des réunions de chantier et des reportings assurés par chaque intervenant.

5.1.3 Mesures de suivi et mesures compensatoires

L'ensemble des données collectées dans le cadre de l'étude d'impact et des suivis seront mis à disposition de la RNMR et des systèmes d'information nature et paysage terre et mer des services de l'État pour améliorer la connaissance de l'environnement marin.

L'IFREMER, l'ONEM et la DEAL développent depuis plusieurs années les modules sous Quadrigé2 et BD Récif OI d'entrée des données acquises lors d'études d'impact environnemental à La Réunion. Cette bancarisation apporte l'assurance d'une centralisation de l'information et d'une validation des valeurs importées.

Les données issues du suivi du milieu marin présenté ci-après et qui sera mis en œuvre pendant et après le chantier sous le pilotage du coordonnateur environnement pourront être intégrées à la base de données de surveillance du littoral Quadrigé2 de l'IFREMER.

Le cahier des charges de la mission du prestataire en charge explicitera les conditions de restitution des données afin qu'elles respectent le formalisme nécessaire pour faciliter leur bancarisation dans ce système d'information et permettre ainsi leur valorisation. L'opération doit être en effet anticipée afin qu'un filtre d'entrée puisse être mis en place par l'IFREMER, destiné à faciliter l'importation des données, et compte tenu que la procédure est encore expérimentale.

Les données hydrologiques et sédimentologiques sont bancarisées sous Quadrigé2 et les données relatives aux recouvrements coralliens et aux abondances de poissons sous BD Récif OI.

5.1.3.1 Mammifères marins et tortues marines

A- Description de la mesure

Les mesures de suivi des impacts résiduels pendant le chantier sont l'occasion au titre des mesures compensatoires d'approfondir et d'améliorer les connaissances liées aux gênes acoustiques des mammifères et tortues qui peuvent être liées au déroulement des travaux. En effet, il a été relevé lors de l'analyse des effets du bruit sur la faune marine qu'il existait peu de données de référence en la matière.

Dans l'optique de disposer de données précises quant à la nature et l'ampleur des émissions acoustiques générées, et d'en évaluer concrètement l'impact éventuel sur la faune marine, il est proposé de mettre en place un suivi acoustique des phases de dragage et de battage qui ont été identifiées comme les plus impactantes.

Il est rappelé que ces travaux maritimes se dérouleront hors période de migration des baleines à bosse et de reproduction des tortues vertes (juillet à octobre).

Les modalités précises et les conditions de mise en œuvre de ces études seront définies par le coordonnateur environnement et soumises à l'approbation du Comité de Suivi.

Les niveaux de bruit émis par le chantier ainsi que la description de la propagation de l'onde sonore seront caractérisés à partir d'une étude acoustique préalable mais également de données collectées in situ (enregistrements acoustiques) par l'association GLOBICE et par KELONIA au cours des prospections visuelles et acoustiques réalisées dans le cadre de leur réseau d'observation.

Cette étude acoustique préalable permettra de recueillir un jeu de données acoustiques représentatif des niveaux de bruit émis par le chantier dans des conditions hydrodynamiques précises (vent, houle, pluie...) et permettra de caractériser la zone d'influence acoustique du chantier par saison et ainsi d'en préciser l'incidence sur les espèces patrimoniales identifiées dans le présent dossier.

La modélisation acoustique permet de définir les niveaux d'émission en fonction de la fréquence acoustique et la directivité spatiale du bruit émis (gabarits sonores).

L'étude acoustique permettra également de vérifier le respect des valeurs plafond définies en l'état actuel des connaissances au regard des impacts identifiés sur les cétacés et les tortues, à savoir :

- 145 dB ref $1\mu\text{Pa}^2/\text{s}$ (SEL) et 180 dB ref $1\mu\text{Pa}$ (peak-peak), bruit de fond compris, mesuré à l'extérieur du lagon (cétacés)
- 166 dB ref $1\mu\text{Pa}^2/\text{s}$ (SEL) et 180 dB ref $1\mu\text{Pa}$ (peak-peak), bruit de fond compris, mesuré à l'intérieur du lagon (tortues marines).

Les mesures seront réalisées sur la plage de fréquence 7Hz – 160kHz.

L'étude acoustique sera complétée par des prospections visuelles (tortues et cétacés) et acoustiques (cétacés uniquement) in situ réalisées pendant le chantier et visant à caractériser l'influence des émissions sonores sur le comportement de ces espèces.

Le long de transects prédéfinis, une prospection visuelle continue, couplée à un échantillonnage acoustique (stations ponctuelles), sera conduite afin de détecter la présence de cétacés et/ou de tortues. Les radiales seront parcourues à vitesse constante (5 noeuds) et dans de bonnes conditions météorologiques (Vent < 3 Beaufort). Les stations acoustiques seront réalisées de manière régulière (toutes les 15 minutes) grâce à un hydrophone tracté à l'arrière du bateau. Une écoute d'une minute sera réalisée. A l'issue de l'écoute, le niveau de bruit ambiant sera noté (faible – moyen -fort) ainsi que le type de vocalises perçues. Lors de la détection de cétacés ou tortues, le transect sera interrompu pour collecter des données de base (identification de l'espèce - nombre d'individus - activité). Tous les enregistrements seront géo-référencés (position GPS).

Les données collectées lors de l'observation seront de plusieurs natures :

- espèce ;
- nombre d'individus et de juvéniles ;
- description comportementale ;
- structuration sociale du groupe ;
- photo-identification.

Ces données permettront de caractériser la fréquentation du site par les différentes espèces au cours de la phase de stockage. Une comparaison sera ensuite effectuée avec les données antérieures relatives au même site collectées par GLOBICE et KELONIA.

L'objectif ici est de rechercher une éventuelle modification de la fréquentation de ces espèces patrimoniales et de leur comportement suite aux phases de dragage et de battage.

En cas d'observation de cétacés ou tortues à proximité du port et de la zone de travaux, leur activité et leur comportement de surface seront décrits afin d'évaluer les interactions éventuelles avec les ouvrages.

B- Restitution

La restitution de cette mesure fera l'objet de 2 rapports successifs soumis à l'approbation du Comité de Suivi :

- La modélisation acoustique de la propagation en mer des bruits les plus impactants du chantier et la définition de l'aire d'influence du chantier ;
- L'étude comportementale des cétacés et tortues marine, comprenant :

- une cartographie sonore sous-marine décrivant la propagation et le niveau du bruit généré ;
- une cartographie des transects réalisés et des observations et écoutes effectuées ;
- la caractérisation de l'influence acoustique des phases de dragage et battage sur le comportement des populations de cétacés et de tortues.

C- Coût de la mesure

Le coût de ces mesures de suivi est estimé à 120 k€ HT dont 40 k€ HT pour l'étude acoustique préalable et 80 k€ HT pour 2 périodes de suivi en phase chantier représentant les périodes de dragage et de battage de pieux.

Un hydrophone sera également positionné sur une des stations de suivi du milieu marin pendant les travaux maritimes.

5.1.3.2 Qualité de l'eau

A- Description de la mesure

Les mesures de suivi proposées portent sur :

- la surveillance de la turbidité avant et pendant les travaux, afin de mettre en œuvre une procédure d'alerte ;
- un contrôle des contaminants sur la chaîne trophique avant et après travaux.

Les modalités précises et les conditions de mise en œuvre de ce suivi seront définies par le coordonnateur environnement et soumises à l'approbation du Comité de Suivi.

a- Suivi de la turbidité sur la durée des travaux (4 mois)

Étant donnée la présence de peuplements coralliens d'un grand intérêt écologique et d'activités de baignade aux abords de la zone de travaux, l'objectif du suivi est de surveiller l'efficacité des mesures réductrices (confinement par rideau filtrant) vis-à-vis du risque de propagation des matières mises en suspension par les activités du chantier et autres contaminations.

Les rideaux filtrants retenus servent à confiner les panaches afin d'obtenir une re-sédimentation mais ne permettent pas de capter les fines.

La turbidité est un paramètre très variable, fonction de nombreux facteurs tels que les précipitations (apports terrigènes), l'agitation et la courantologie (remise en suspension de sédiments) ainsi que les floraisons phyto-planctoniques.

La campagne de mesures sera engagée préalablement au chantier pour établir un Etat Zéro (identification du bruit de fond et vérification de compatibilité avec les seuils d'alerte retenus) puis pendant l'ensemble des travaux maritimes et comprendra les chaînes de mesures suivantes :

- MES : 3 mesures par semaine (différence de pesée après séchage à l'étuve) ;
- Turbidité : mesure en continu par l'intermédiaire d'un turbidimètre (norme ISO 7027) installé sur une bouée.

Les points de mesure seront installés dans le lagon entre la zone de travaux et les zones à enjeux afin de détecter toute panache de pollution qui aurait échappé au confinement mis en place par ailleurs.

Il est proposé la mise en œuvre de 3 stations :

- l'une au Sud de la zone de chantier pour la surveillance de la plage du centre-ville et de la zone sanctuaire située au Sud de l'exutoire de la ravine du Grand Etang ; ce point de mesure ne devra pas être perturbé par les apports de la ravine ;
- une 2^{ème} aux abords de la passe d'entrée du port ;
- enfin, une 3^{ème} au Nord de la zone de chantier pour la surveillance de la zone d'intérêt écologique majeur située à proximité de la Gauche de Saint Leu.

La détermination précise des sites d'implantation des stations, les différents paliers de la colonne d'eau à mesurer et les seuils d'alerte à retenir pourront être définis en concertation avec le Conseil Scientifique de la RNMR et les services de la DEAL.

Les procédures d'organisation du chantier prévoient que le dépassement des seuils fixés entraînera de façon immédiate :

- Dans un 1^{er} temps la mise en œuvre de mesures d'atténuation (méthodes de travail, cadencement...)

Le seuil afférent proposé est de 10 NTU.

Dans le cas où ce seuil serait atteint sur une durée supérieure à 24 heures, les travaux maritimes seront interrompus.

- Dans un second temps un arrêt immédiat du chantier.

Le seuil afférent proposé est de 20 NTU.

La procédure de surveillance proposée suppose la mise en œuvre d'une télétransmission des mesures de turbidité et de la mise en place d'une alerte en temps réel des intervenants du chantier (entreprise, maîtrise d'œuvre).

b- Suivi des contaminants

La matrice cible est constituée d'organismes marins filtreurs de type Modioles ou échantillonneurs passifs.

Nota :

Les modioles sont actuellement employées pour le suivi expérimental de contaminants divers, dont les ETM et les pesticides, dans le cadre du suivi DCE. Toutefois, cette méthode est encore en phase test et le résultat de la campagne en cours déterminera sa faisabilité comme réseau de surveillance (impact sur le gisement de modioles restant à évaluer notamment).

Le projet PEPS a en revanche permis de valider la faisabilité et la pertinence d'une mise en œuvre d'échantillonneurs passifs (DGT, POCIS, SBSE) pour le suivi DCE à La Réunion. Ces outils permettent de suivre la très grande majorité des substances retenues pour La Réunion, y compris les substances hydrophobes, et répondent aux exigences de la DCE en fournissant directement des concentrations sous forme dissoute (SBSE, POCIS et DGT) et intégrées dans le temps (POCIS et DGT). Ils simplifient en outre les opérations de prélèvement et de transport (faibles volumes) et permettent ainsi d'abaisser les coûts de la surveillance.

Dans le cadre de la mesure de métaux, l'échantillonneur DGT ou DGT spécial Hg est préconisé dans le guide DCE « Contaminants chimiques », avec des périodes d'immersion de 2 à 5 jours.

Les analyses d'écotoxicité porteront sur les ETM détectés Cu, Ni, Cr, Zn, PCB28, 52, 101 présents dans les sédiments de la zone à draguer.

Les mesures seront réalisées à raison de :

- 1 campagne en préalable au démarrage des travaux ;
- 1 campagne à l'issue de la 1^{ère} année de travaux ;
- 1 à la fin des travaux maritimes.

Il est proposé de réaliser ces mesures sur les 2 stations décrites précédemment respectivement au Nord et au Sud de la zone de chantier.

B- Coût de la mesure

Le coût des mesures du compartiment eau (turbidité en continu – MES) est estimé à 45 000 €HT.

Le coût des mesures de contaminants est évalué à 45 000 €HT pour les 3 campagnes.

5.1.3.3 Peuplements coralliens

A- Description de la mesure

Il est proposé de procéder au suivi des 4 stations non permanentes retenues pour l'élaboration de l'Etat Zéro présenté dans le présent dossier, à raison d'une reconnaissance conforme aux standards préconisés par la Global Coral Reef Monitoring Network/Commission de l'Océan Indien (GCRMN/COI) - « Suivi de l'état des récifs coralliens des pays sud Ouest de l'Océan Indien » ; Conand & al., 2000).

Le nombre d'inventaires successifs prévu sur chaque station s'établira à 8 (1 inventaire annuel sur chacune des 4 stations pendant 8 ans) :

- 1 inventaire en préalable au démarrage des travaux ;
- 1 inventaire au bout de la 1^{ère} année de chantier ;
- 1 inventaire à la fin des travaux maritimes (2^{ème} année) ;
- 1 inventaire annuel pendant 5 ans après les travaux.

La mise en œuvre du protocole de suivi (GCRMN) et les résultats obtenus seront contrôlés par le Comité de Suivi.

Station	X	Y
Station 1	55,285 E	-21,165 S
Station 2	55,286 E	-21,169 S
Station 3	55,285 E	-21,164 S
Station 4	55,282 E	-21,165 S

Figure 5.1 : Coordonnées géographiques des points centraux des stations de mesures au niveau du récif de Saint-Leu. Référentiel géodésique WGS 84

B- Restitution

Le rapport d'étude comprendra :

- une cartographie indiquant l'état de vitalité des peuplements avant, pendant et après les travaux ;
- la caractérisation de l'influence des travaux sur la vitalité des peuplements.

C- Coût de la mesure

Le coût de cette mesure de suivi est estimé à 40 k€HT pour 8 périodes successives.

5.1.3.4 Suivi hydro-sédimentaire

A- Description de la mesure

Au regard de la complexité d'analyse des phénomènes hydro-sédimentaires en jeu à l'échelle de la zone d'étude en situation aménagée par le biais d'outils de modélisation, il est proposé de mettre en œuvre un suivi de l'évolution hydro-sédimentaire de la zone sur une période de 5 ans ciblé sur les 2 sites suivants :

- l'embouchure de la ravine du Grand Etang
- la sortie du port de plaisance

Ce suivi sera effectué suivant la même fréquence annuelle que pour le suivi des peuplements coralliens post travaux, le but étant de vérifier les hypothèses d'étude concluant au non envasement du bassin du port, et de procéder à des mesures correctives si nécessaire.

Un lever bathymétrique détaillé de chaque zone sera réalisé à la fin des travaux dans le cadre des procédures de récolement et constituera l'état de référence.

Dans le cadre du suivi annuel, 2 profils en travers par zone seront réalisés et géo-référencés par rapport à l'état de référence. La comparaison de ces différents levés donnera lieu à un rapport d'intervention annuel qui sera contrôlé par le Comité de Suivi.

Des prélèvements de sédiments pourront être réalisés en présence de dépôts significatifs pour caractérisation de la granulométrie.

B- Coût de la mesure

Le coût du suivi hydro-sédimentaire est estimé à 60 k€HT.

5.1.3.5 Milieu marin – Phase exploitation

A- Description de la mesure

Un suivi du milieu effectué par le gestionnaire du bassin portuaire portera sur la qualité des sédiments.

Le programme proposé comprend une station échantillonnée au droit des rejets des réseaux d'assainissement implantés sur l'emprise du projet.

Les paramètres mesurés seront conformes à la circulaire du 14 juin 2000 relative aux « conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens

présents en milieu naturel ou portuaire » complétés par des analyses de HAP, TBT et dérivés.

Les mesures seront effectuées suivant une fréquence annuelle et selon l'échéancier suivant : avant mise en exploitation (année T0) - année T+1 - année T+2 - année T+3 - année T+4 - année T+6 - année T+8 - année T+10.

Les résultats seront consignés au registre d'exploitation du port et transmis au Service de police des eaux littorales.

Les contrôles pourront être mutualisés avec les contrôles de suivi de qualité de sédiments portuaires effectués par la DEAL, après accord du Service de police de l'eau sur la localisation des points et sous réserve que l'ensemble des paramètres suivis soient analysés.

Au vu des résultats d'analyses des 4 premières années, en cas d'impact avéré et significatif sur le milieu récepteur, le gestionnaire des ouvrages devra améliorer les performances épuratoires des systèmes de traitement concernés (traitement des eaux de carénage et des eaux de ruissellement de voirie).

B- Coût de la mesure

Le coût du suivi décennal est évalué à 80 000 €HT.

5.2 Mesures réductrices

5.2.1 Mesures réductrices vis-à-vis du milieu physique

5.2.1.1 Qualité des eaux

A- En phase chantier

Les mesures proposées pour prévenir la dégradation de la qualité des eaux seront contractualisées dans les marchés de travaux et placées sous le contrôle du maître d'oeuvre :

- Utilisation d'engins de chantier (engins terrestres et moyens nautiques) en bon état de marche et contrôlés régulièrement ;
- Mise en place de rétentions ou de cuves double paroi (stationnement des engins, stockage et utilisation de matières dangereuses) ;
- Mise à disposition de kits absorbants et de matériel de confinement (barrages flottants), en cas de pollution accidentelle par hydrocarbure ;
- Stockage des terres souillées sur aire étanche avant évacuation en centre agréé ;
- Phasage des travaux de terrassement en dehors de la période cyclonique afin d'éviter le ravinement des sols et la dispersion des fines ;
- Traitement (décantation – déshuilage) des eaux de ruissellement issues des emprises de chantier avant rejet en mer.

Tout aménagement provisoire de collecte et évacuation des eaux de ruissellement dans l'emprise du chantier (fossé, canalisation...) devra être raccordé à une installation de traitement ;

- Stockage des déblais avant réemploi ou valorisation extérieure sur des zones de dépôts préalablement identifiées et situées hors zone inondable - collecte et traitement des eaux de ruissellement sur ces dépôts – mise en œuvre de géomembrane de stabilisation des talus dans le cas de stockage prolongé ;
- Implantation des installations de chantier et des zones de dépôt et stockage en dehors des zones inondables ;
- Récupération des eaux usées de chantier (concerne les sanitaires de chantier et les eaux souillées telles que les eaux de rinçage des toupies) ;
- Confinement des panaches de turbidité dans le milieu marin pour éviter toute dégradation de la qualité des eaux du lagon.

B- En phase exploitation

a- Aire de carénage

L'aire de carénage (environ 500 m²) sera entièrement imperméabilisée et équipée d'un système de récupération des eaux par grille avaloir permettant d'effectuer un traitement, voire un confinement, avant restitution au réseau urbain.

L'unité de traitement des eaux de carénage est un appareil destiné à piéger toutes les matières décantables contenues dans les eaux de ruissellement, boues, sable, matières en suspension (MES) ainsi que les hydrocarbures.

Une fraction importante de la pollution Zinc, Plomb, Hydrocarbures est fixée sur les MES .

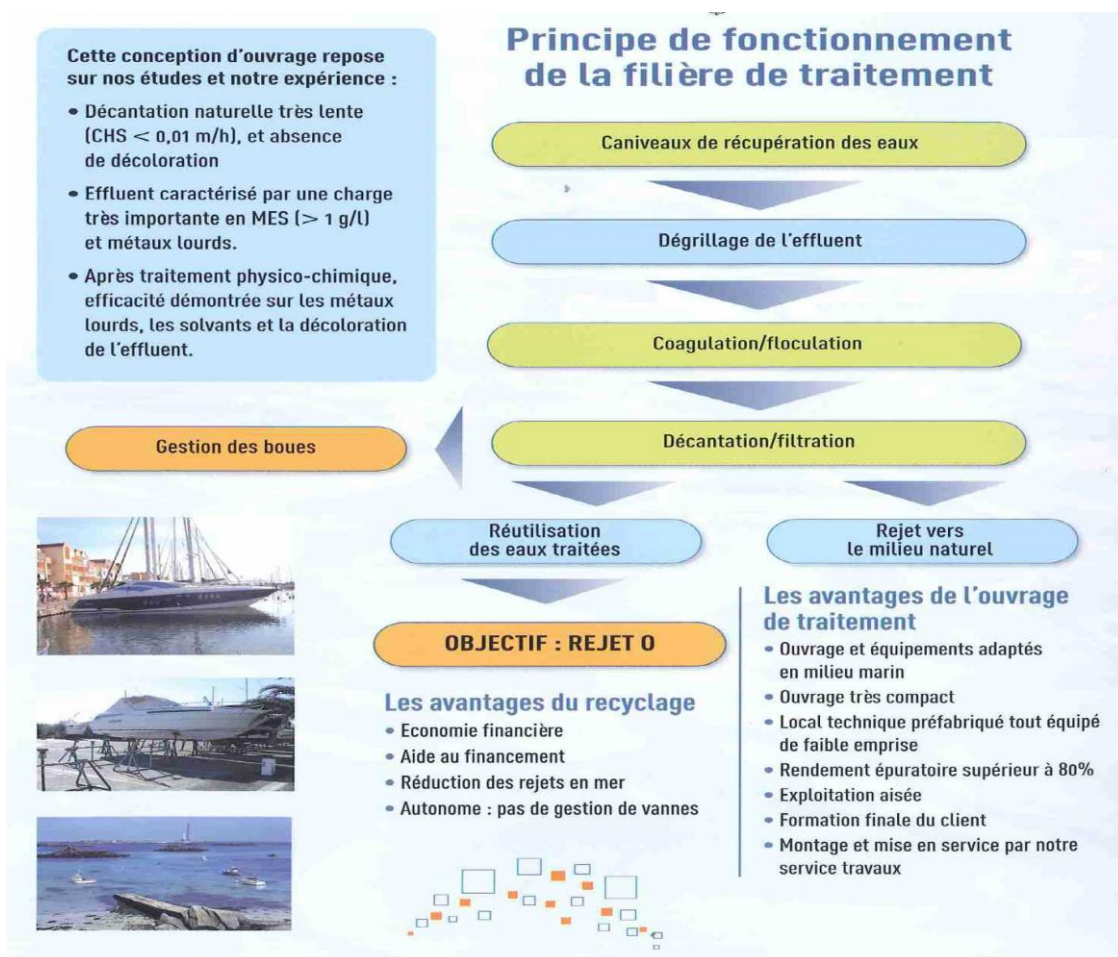


Figure 5.2 : Principe de fonctionnement de l'unité de traitement

Un dispositif d'obturation automatique interdit tout rejet d'hydrocarbures en cas de déversement accidentel.

L'entretien se fait périodiquement (curage des boues et évacuation en décharge).

Les ouvrages de traitement feront l'objet d'un entretien régulier de sorte que l'activité de carénage ne génère aucune pollution du milieu naturel environnant.

Le gestionnaire du port transmettra, avant le démarrage des travaux, au Service de police des eaux littorales les principales caractéristiques techniques des équipements retenus (principe de dépollution de chaque unité, dimension, volumes, taux d'abattement constructeur,...).

Le système sera équipé d'un dispositif de régulation des débits d'entrée permettant de by passer l'installation au-delà de sa capacité de traitement.

Les eaux by-passées devront être préalablement débarrassées de leurs macro-déchets éventuels (dégrillage).

Un suivi de la qualité de l'eau sera réalisé par le gestionnaire du port 2 fois par an en entrée et en sortie de l'unité de traitement dans les conditions suivantes :

- une série de prélèvements en période de forte activité de carénage sur l'aire concernée ;
- une série de prélèvements annuels par temps de pluie.

Les prélèvements en sortie de l'unité seront effectués sur les premiers flots de rejet de l'unité de traitement.

Les analyses effectuées par un laboratoire agréé porteront sur les MES, la DCO, les hydrocarbures, les HAP, les PCB, les éléments traces métalliques (ETM), le TBT.

Les taux de pollution en sortie devront correspondre aux seuils définis par l'exploitant des réseaux d'assainissement sanitaire communaux (cf. annexe n°12 – accord de principe Mairie de Saint Leu CISE).

b- Réseau d'assainissement pluvial

Un réseau d'assainissement pluvial assurera la collecte des eaux de toiture des bâtiments du projet et des eaux de ruissellement issues des surfaces imperméabilisées (voiries, trottoirs, parvis, parkings).

Les eaux de ruissellement feront l'objet d'un traitement préalable par séparateur à hydrocarbures afin de prélever les éventuelles fractions huileuses.

C- Coût de la mesure

Le dispositif de traitement des eaux issues de l'aire de carénage est estimé à 50 k€HT.

Le séparateur à hydrocarbures destiné aux eaux pluviales est estimé à 25 k€HT.

5.2.1.2 Qualité de l'air

A- Équilibre déblais-remblais

Le chantier du projet entraînera des déblais (19 000 m³) et des remblais (7500 m³).

Dans la mesure du possible (compatibilité des matériaux, phasage des opérations), l'équilibre entre les déblais et les remblais sera optimisé afin de limiter les circulations d'engins à travers le centre-ville de Saint Leu et ainsi réduire les impacts en termes de nuisances aux riverains et pollution (envols de poussière).

Les recherches d'optimisation porteront sur l'adaptation des bâtiments et ouvrages à la topographie du site et sur la réutilisation sur place des matériaux déblayés, éventuellement après criblage et traitement.

B- Mesures contre l'envol de poussière

Les travaux terrestres sont susceptibles d'induire des envols de poussières en période sèche. Selon la période et les conditions climatiques, il conviendra éventuellement de prendre des mesures pour limiter ces éventuels envols de poussières, à savoir :

- L'arrosage des pistes et des aires de chantier, lors des périodes de terrassement importantes.
Il sera préférentiellement effectué avec les eaux pluviales afin de limiter la consommation d'eau potable ;
- Le bâchage des camions et des bennes ;
- La limitation de la vitesse des véhicules sur le chantier à 20 km/h.

C- Les risques naturels

Le risque d'incendie sera limité par le respect des consignes de sécurité sur le chantier et par l'interdiction absolue des brûlages de matériau.

Toutefois, la zone de chantier sera équipée du matériel de protection incendie réglementaire (sable, réserve d'eau, extincteurs) et sera en permanence accessible aux services de secours et d'incendie.

5.2.2 Mesures réductrices vis-à-vis du milieu naturel

5.2.2.1 Milieu marin

L'impact du projet sur l'environnement marin, et plus particulièrement les grands mammifères marins, les tortues marines et les écosystèmes coralliens, peut être atténué par la mise en œuvre des mesures suivantes :

- diminuer la perturbation acoustique des cétacés et tortues marines ;

- limiter la dispersion dans le lagon des matériaux mis en suspension ;
- promouvoir une navigation respectueuse de la présence des cétacés et tortues marines dans la passe d'entrée et plus généralement dans la baie de Saint Leu ;
- mettre en place des éclairages respectueux des activités vitales des tortues marines et de l'avifaune.

Ces mesures sont détaillées ci-après.

A- Mesures de confinement des matières en suspension

a- Description de la mesure

Les travaux maritimes liés à l'extension du bassin portuaire (construction d'une nouvelle digue de protection, démolition partielle de la digue existante, prolongement du quai actuel) et de dragage du bassin génèrent des remises en suspension de particules fines qui sont susceptibles de se disperser dans le lagon.

Il est donc nécessaire de mettre en œuvre en permanence pendant ces travaux des mesures de confinement des panaches de turbidité afin de faciliter la re-sédimentation des fines dans les zones de chantier qui ne présentent pas d'enjeu écologique.

Il est à noter que les investigations réalisées au droit de l'emprise de l'extension du bassin mais également à l'intérieur du port actuel ont permis de conclure sur la présence d'une fraction très faible, de l'ordre de 2 à 4%, de vases sur les fonds marins.

Par ailleurs, le phasage de l'opération permet de réaliser certains travaux hors d'eau afin d'éviter toute mise en suspension de matériaux fins ; c'est notamment le cas du dragage de l'extension qui sera réalisé après construction de la digue de protection (qui assurera le confinement de la zone), ainsi que de la nouvelle cale de mise à l'eau qui sera construite à l'intérieur d'un batardeau de palplanches.

La mesure réductrice proposée pour le confinement des matières en suspension consiste en la réalisation de tous les travaux maritimes sous la protection d'un rideau filtrant couvrant toute la colonne d'eau afin d'éviter la propagation des matières en suspension.

Des rideaux constitués de mailles de quelques dizaines de microns (60 microns environ) sont commercialisés. La mise en place de rideaux multi-couches permet par ailleurs d'augmenter le pouvoir de rétention de ces géotextiles, alors même que les sédiments présents sur les fonds au droit de la zone de chantier présentent des diamètres moyens compris supérieurs à 300 microns.

Par ailleurs, les méthodologies de réalisation des travaux de construction d'ouvrages, de battage de pieux pour les appontements ou de dragage excluent l'évolution d'engins de chantier dans le milieu marin ; tous les travaux seront réalisés à partir de barges ou des ouvrages existants.

b- Coût de la mesure

La mise en œuvre de rideaux filtrants sur chacun des postes de travail des travaux maritimes en relation avec le milieu marin est estimé à 45 k€ HT.

B- Mesures vis-à-vis de la mise en lumière**a- Description de la mesure**

L'impact potentiel de l'éclairage sur l'avifaune marine est pris en compte dans le cadre du projet par la mise en application des recommandations de la SEOR (Société d'Études Ornithologiques de La Réunion) :

- Éviter toute diffusion de lumière vers le ciel : par l'utilisation d'optiques orientées vers le sol et évitant les flux perdus vers le ciel (ULOR < 3%) ;
- Utiliser des lampes dont la chromaticité est peu attirante pour les jeunes pétrels et puffins en préférant les lampes Sodium Haute Pression ou Sodium Basse Pression aux lampes Iodures Métalliques ou à Vapeur de Mercure (lumières blanches) ;
- Adapter l'intensité lumineuse aux besoins réels : en jouant sur la puissance installée et sur les systèmes de commande qui permettent de moduler l'éclairage en fonction des périodes où il est nécessaire d'éclairer ;
- Éviter d'éclairer les surfaces réfléchissantes (revêtements clairs, plan d'eau, ...).

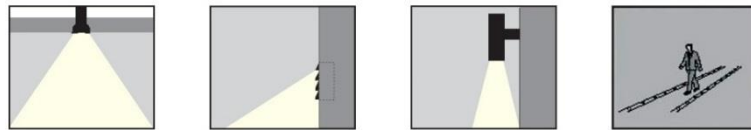
On veillera donc tout particulièrement à n'éclairer que les surfaces fonctionnelles du projet, à l'exclusion de la surface du plan d'eau.

Au vu de la proximité de zones de reproduction et de ponte des tortues marines, les mesures réductrices suivantes sont également retenues :

- Éviter toute diffusion de lumière vers le large ;
- Veiller à n'éclairer que les surfaces fonctionnelles du projet, à l'exclusion de la surface du plan d'eau ;
- Privilégier du matériel de mise en lumière disposant du label « Turtle Safe Lighting ».

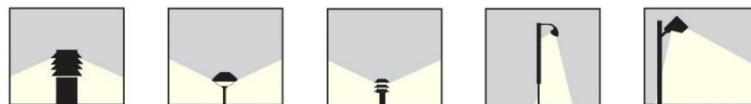
Les types de luminaires et leur adéquation avec la proximité d'un site de ponte

Convient tout à fait



Si lampes de puissance inférieure à 3 W

Convient

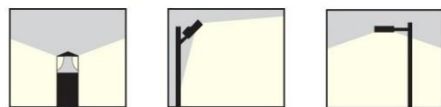


si hauteur inférieure à 1 m

si bloquée par un écran naturel

si bloquée par un écran naturel

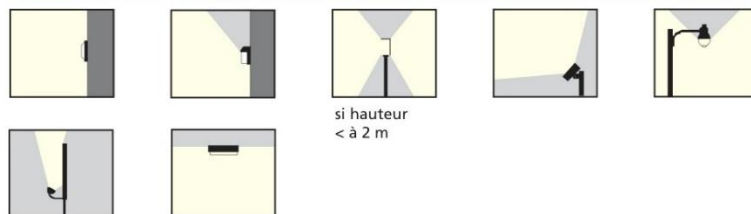
Considéré passable



si dos à la plage

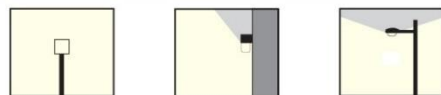
si hauteur > à 5 m, à 100 m de la plage

Ne convient pas



si hauteur < à 2 m

Ne convient pas du tout



Les dispositions ci-avant en matière d'éclairage directionnel seront mises en œuvre également en phase chantier pour ce qui concerne l'éclairage provisoire des postes de travail.

b- Coût de la mesure

Le remplacement des installations d'éclairage public existantes représente un coût évalué à 130 k€HT.

C- Mesures d'atténuation des émissions acoustiques


Les sources majeures d'émissions acoustiques pouvant générer des nuisances sur l'environnement et en particulier sur les mammifères marins sont les travaux de dragage (notamment de déroctage), de battage de pieux et dans une moindre mesure de mise en œuvre d'enrochements dans le cadre de la construction de digues.

L'incidence acoustique est dépendante des dispositions constructives retenues qui à ce stade des études ne sont pas totalement définies.

Toutefois, plusieurs mesures peuvent être mises en place lors des travaux pour atténuer cet impact acoustique.

a- Mise en place de rideaux de bulles d'air

Description de la mesure

 *Éléments techniques et descriptifs fournis par le bureau d'étude IN VIVO*

La mise en place de rideaux de bulles d'air autour de l'engin de dragage ou de battage de pieux permet de réduire l'énergie acoustique transmise vers le milieu marin. Ce procédé est notamment efficace dans les eaux peu profondes, et bénéficiant d'un courant faible (Würsig, et. al., 2000).

L'utilisation d'un rideau de bulles est une disposition de plus en plus retenue comme moyen d'atténuer les ondes de choc lors des travaux maritimes.



Figure 5.3 : Illustration du principe de fonctionnement d'un rideau de bulles

A titre d'exemple, l'Etat de Californie s'est doté d'une procédure standard, depuis février 2009, qui intègre, entre autres, l'utilisation de rideaux de bulles pour limiter l'impact des ondes de choc sur les poissons. L'Etat de Washington a effectué des battages de piles confinés dans des rideaux de bulles entre les années 2000 et 2005

pour la maintenance des terminaux de navires à passagers, principalement pour préserver l'intégrité des poissons. En Europe, le Ministère allemand de l'Environnement travaille à l'élaboration d'une procédure standard de détermination et d'estimation de l'impact des bruits d'éoliennes sur la vie marine, notamment lors de la phase de construction des fondations monopiles et jackets (projet MinosPlus). La technique des rideaux de bulles comme moyen de limiter les impacts est une nouvelle fois avancée.

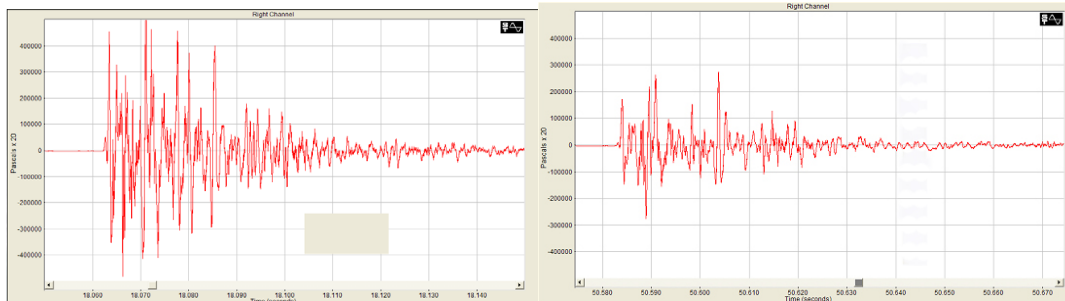


Figure 5.4 : Mesures acoustiques à proximité d'un pieu battu avec ou sans utilisation du rideau de bulles (source KPFF)

Le principe est basé sur l'atténuation de l'onde sonore par l'interaction avec un milieu différent à savoir les bulles d'air (barrière diphasique).

La mise en œuvre peut être réalisée principalement de deux manières :

- En encerclant la source sonore (cas du battage de pieux) par le rideau à bulles ;



- En créant une barrière pour confiner la source sonore à l'intérieur d'un bassin.



Dans le cas d'espèce, un rideau à bulles pourra être installé au droit de la passe d'entrée du port (linéaire de 15 mètres) afin d'assurer une barrière vis-à-vis des travaux de dragage et de battage de pieux réalisés à l'intérieur du bassin. Cette barrière ne perturbe pas la circulation des bateaux.

Coût de la mesure

Le coût de mise en œuvre d'un rideau à bulle au droit de la passe d'entrée incluant tous les frais d'amenée / repli / consommables est estimé à 30 k€HT.

b- Montée progressive des émissions sonores

La montée en puissance progressive des nuisances sonores, ou « ramp up », est une procédure qui a montré son efficacité pour effaroucher les mammifères ou tortues potentiellement présents dans la zone, afin de ne pas les exposer à un niveau sonore susceptible de causer des dommages physiques (Richardson, W.J, et. al., 1995. Marine Mammals and Noise. - Academic Press, San Diego, 576 pp.).

Cette disposition sera intégrée dans les procédures d'exécution des travaux.

Son coût, qui est lié à une réduction provisoire des cadences, est marginal à l'échelle du chantier.

D- Mesures en Phase Exploitation

a- Description de la mesure

L'extension de la capacité d'accueil du port de Saint Leu a vocation à générer une augmentation de la fréquentation du port et du trafic nautique dans la baie dont les effets indirects sont :

- Une augmentation de la production de déchets, en particulier de déchets plastiques ;

- Un accroissement des risques de collisions entre bateaux et grands mammifères marins ou tortues.

La mesure réductrice proposée consiste à installer sur le site (à l'entrée de la zone piétonne) des panneaux d'information pédagogique ayant pour objectif de sensibiliser la population et les usagers de la mer sur :

- les habitats et espèces remarquables présents sur la zone d'étude ainsi que leurs activités, déplacements... ;
- les dangers inhérents à la dispersion des déchets ;
- les bonnes pratiques à adopter en termes de navigation (charte d'approche des baleines, vitesse aux abords des récifs et dans la passe d'entrée...).

b- Coût de la mesure

Le coût de la mise en place de 3 panneaux pédagogiques est estimé à 10.5 k€ HT.

E- Phasage des travaux

Les travaux maritimes les plus impactants du point de vue des nuisances sonores (à savoir les travaux de dragage et de battage des pieux) seront réalisés en dehors de la période de présence des baleines à bosse et de reproduction des tortues vertes, c'est-à-dire en dehors de la période courant de juillet à octobre.

Ces dispositions seront contractualisées dans les marchés de travaux.

Le phasage des travaux, tel que défini à ce stade d'avancement des études, est présenté au chapitre 3.4 du présent document.

F- Impact résiduel

L'impact résiduel présente le niveau d'impact après la mise en œuvre des mesures d'accompagnement présentées ci-dessus.

Pour les impacts acoustiques et liés à la turbidité, cet impact résiduel n'apparaît pas quantifiable de façon précise en l'état actuel des connaissances et des outils techniques d'appréciation.

Cependant, il semble que le niveau général de l'impact résiduel du projet soit conciliable avec la préservation des populations de mammifères marins et de tortues marines concernés, sous réserve d'une mise en place efficace des procédures d'alerte et de gestion de crise décrites dans le document.

Les mesures proposées permettent en effet :

- d'éviter la présence de ces espèces dans la zone la plus fortement concernée (suivi visuel et acoustique, « ramp up ») ;
- de diminuer le niveau de bruit (mise en place de rideaux de bulles d'air) ;
- d'éviter la dispersion des particules fines (mise en place de rideaux filtrants couvrant toute la colonne d'eau) ;
- de réduire drastiquement les impacts sur la baleine à bosse (interdiction des travaux maritimes bruyants de juillet à octobre).

L'effort de sensibilisation sur les bonnes pratiques en matière de préservation des populations de mammifères marins et tortues marines qui sera mis en œuvre en phase exploitation semble par ailleurs à même de contribuer à la réduction des impacts permanents indirects envisagés.

5.2.2.2 Milieu terrestre

A- Enjeux floristiques

a- Élimination des pestes végétales

La présente opération est l'occasion de porter une telle démarche dans l'emprise de la zone de travaux.

L'élimination de ces pestes devra être réalisée sous contrôle d'intervenants compétents en la matière.

b- Contrôle des apports de terre végétale

Outre le trafic généré par les camions pour leur approvisionnement, la terre végétale est également un important vecteur d'importation de graines extérieures au site, dont les graines d'espèces envahissantes. En tant que colonisateurs primaires, ces espèces sont d'autant plus favorisées que la mise en œuvre de terre végétale crée un substrat vierge.

Pour prévenir cet impact, l'importation de terre végétale et des matériaux d'apport sera limitée et leur origine devra faire l'objet d'un accord préalable de l'ONF.

B- L'avifaune

a- Description de la mesure

La mesure réductrice liée à l'adaptation de la mise en lumière du site aux contraintes des espèces d'oiseaux marins sensibles aux fortes émissions lumineuses a été décrite ci-avant dans le chapitre relatif au milieu marin.

5.2.3 Mesures réductrices vis-à-vis des paysages

5.2.3.1 Intégration paysagère

A- Description de la mesure

Le parti d'aménagement comprend une végétalisation des espaces plus généreuse tant en emprise au sol qu'en quantité de plantations qu'actuellement.

Le parc de stationnement et le tronçon attenant de la rue de la Compagnie des Indes seront restitués aux usages de promenade piétonne et feront l'objet d'un traitement paysager de qualité.

Afin d'améliorer l'intégration paysagère du projet, les espaces verts viennent compléter les filaos et palmiers existants et assurent les fonctions suivantes :

- Agrément des cheminements de promenade et de contemplation du bassin portuaire et du lagon (espaces végétalisés sur avancées du mur de soutènement) ;
- Confort thermique (ombre) aux abords de la rondavelle et de la zone commerciale (platelages bois, aires engazonnées...) ;
- Matérialisation du parvis réservé aux manifestations événementielles (double alignement de palmiers) et confort thermique sur les gradins en limite du parvis ;
- Renforcement de la liaison ville – port par le prolongement des alignements de lataniers jusqu'à la rue de la Compagnie des Indes ;
- Intégration des murs de soutènement en contrehaut de l'aire de carénage (plantes grimpantes).

La palette végétale est présentée de façon détaillée sur le plan de masse des aménagements paysagers (Pièce 2.5.1 – cf. annexe 3). Le choix des végétaux est lié à l'exposition aux embruns (1^{ère} et 2^{ème} lignes du littoral) et sur le relevé des végétaux installés depuis plus de dix ans (aménagement du front de mer jusqu'à la ravine de la Fontaine). Une bonne partie des végétaux de la palette sont endémiques (Latanier, Bois de tension) ou indigènes (Mova, Vacoa, Porcher, Bois d'arnette, Manioc bord de mer, Veloutier). Les espèces plantées seront conformes à la liste DAUPI.

B- Coût de la mesure

Le coût des travaux d'intégration paysagère est estimé à 350 k€HT.

5.2.3.1 Intégration architecturale

A- Description de la mesure

Les matériaux utilisés pour les bâtiments seront naturels et de tonalité douce (exemples : bardage bois, mur en moellons). Les dispositions constructives privilégieront la filière sèche et la préfabrication.

La conception des bâtiments reposera sur des volumétries aériennes et épurées, avec un niveau semi-enterré et une organisation en modules espacés qui permettront d'assurer une transparence entre le lagon, la ville et les mi-pentes en fond de paysage.

En phase travaux, il sera mis en place des cantonnements de chantiers avec clôtures opaques afin d'atténuer l'impact visuel du chantier.

B- Coût de la mesure

Le coût des travaux d'intégration architecturale est estimé à 190 k€HT.

5.2.4 Mesures réductrices vis-à-vis du climat

Les mesures retenues sont conformes aux dispositions de la loi RTAA DOM et du référentiel PERENE.

5.2.4.1 Améliorations thermiques

Les mesures concernent la mise en œuvre des équipements suivants :

- Pour le facteur solaire des toitures, l'utilisation d'isolants ventilés et de couleurs claires avec sur-toitures ;
- L'utilisation d'isolations thermiques des parois par usage d'isolants ventilés sur les murs de type bardage bois ;
- L'utilisation de ventilations naturelles via les baies au niveau des locaux traversants afin d'assurer un flux d'air continu ;
- L'utilisation de brise-soleil et de débords de toiture protégeant des rayons lumineux ;
- L'aménagement d'ouvertures de 20% minimum sur les façades ;
- L'utilisation de brasseurs d'air pour augmenter le flux d'air ;
- L'utilisation de panneaux solaires avec stockage en ballons d'eau chaude pour l'eau chaude sanitaire.

5.2.4.2 Améliorations énergétiques

Les mesures concernent la mise en œuvre des équipements suivants :

- L'utilisation d'éclairages à LED permettant un rendement sans effet de chaleur et des économies d'énergie ;
- L'utilisation de panneaux photovoltaïques sur toitures pour assurer un complément de production d'électricité.

5.2.5 Mesures réductrices vis-à-vis de la santé

5.2.5.1 Gestion des déchets de l'enceinte portuaire

A- Description de la mesure

Un local spécifique dédié à la récupération des déchets portuaires sera aménagé dans l'enceinte portuaire.

Ce local point propre sera composé d'un poste de récupération des produits toxiques, d'une cuve de récupération des huiles, d'un conteneur pour les bidons d'huile, d'une colonne pour les piles, d'un bac pour les batteries, d'un conteneur pour les fusées de détresse usagées, d'une caisse pour les palettes, d'un fût avec couvercle pour le stockage des filtres, d'un bac de stockage des cartons, d'une armoire de récupération des fûts, d'une benne ouverte pour le tout-venant, d'une benne fermée étanche pour la récupération des déchets souillés (pots de peinture, pinceaux etc.), d'équipements de sécurité et des équipements pour la gestion des pollutions portuaires accidentelles.

Par ailleurs, la collecte des déchets sera renforcée par la mise en place de 12 poubelles publiques, notamment sur les quais, afin de faire face à l'augmentation de la fréquentation du site.

B- Coût de la mesure

Le coût d'équipement du local est estimé à 45 k€HT et l'installation de poubelles est estimé à 12 k€HT.

5.2.5.2 Gestion des eaux grises de l'enceinte portuaire

A- Description de la mesure

La vidange des eaux de fond de cale des navires sera effectuée par une entreprise spécialisée et évacuée vers une destination conforme à la réglementation en vigueur. Les macro-déchets issus des activités de carénage (coquillages, algues...) et piégés par le dégrillage seront éliminés en centre d'enfouissement technique. Les boues recueillies dans les unités de traitement seront évacuées par une entreprise spécialisée, dans un centre de stockage de déchets agréé.

Le gestionnaire du port au Service de police des eaux les procès-verbaux de prise en charge de ces déchets et effluents.

Les opérations d'entretien et de surveillance du système de traitement des eaux de carénage et de ruissellement, la périodicité des vidanges des unités, le volume et la destination des boues seront reportées dans un registre d'exploitation.

5.2.5.3 Gestion du bruit

A- En phase exploitation

Les dispositions retenues en matière d'atténuation acoustique des bâtiments sont les suivantes :

- Effet de coupure acoustique des sols et murs par un renforcement d'épaisseur, la mise en œuvre d'isolants, voire l'installation de doubles parois ;
- Désolidarisation des éléments techniques et de l'escalier du reste de la structure ;
- Atténuation des bruits extérieurs par la mise en œuvre d'isolants en façade ou de murs rideaux.

B- En phase travaux

Les entreprises en charge de la réalisation des travaux seront tenues de respecter la réglementation en vigueur en matière de bruit et devront respecter les horaires de chantier suivants : 7h – 18h. Les travaux seront également interdits les jours fériés et le week-end.

Le niveau maximum admissible aux limites du chantier est fixé à 70 dB(A).

Les engins utilisés par l'entreprise devront respecter l'arrêté du 18 mars 2002, dont les valeurs admissibles sont rappelées ci-dessous.

TYPE DE MATÉRIEL	PUISSANCE NETTE INSTALLÉE P, en kW Puissance électrique P _e (1), en kW Masse m de l'appareil, en kg Largeur de coupe L, en cm	NIVEAU ADMISSIBLE de puissance acoustique, en dB/1 pW (2)	
		Phase 1 à compter du 3 janvier 2002	Phase 2 à compter du 3 janvier 2006 (3)
Engins de compactage (rouleaux compacteurs vibrants et plaques et pilonneuses vibrantes).	$P \leq 8$	108	105
	$8 < P \leq 70$	109	106
	$P > 70$	$89 + 11 \lg P$	$86 + 11 \lg P$
Bouteurs sur chenilles, chargeuses sur chenilles, chargeuses-pelleteuses sur chenilles.	$P \leq 55$	106	103
	$P > 55$	$87 + 11 \lg P$	$84 + 11 \lg P$
Bouteurs, chargeuses, chargeuses-pelleteuses sur roues, tombereaux, niveleuses, compacteurs de remblais et de déchets, de type chargeuse, chariots élévateurs en porte-à-faux à moteur à combustion interne, grues mobiles (4), engins de compactage (rouleaux compacteurs non vibrants), finisseurs, groupes de puissance hydraulique.	$P \leq 55$	104	101
	$P > 55$	$85 + 11 \lg P$	$82 + 11 \lg P$
Pelles, monte-matériaux, treuils de chantier, motobineuses.	$P \leq 15$	96	93
	$P > 15$	$83 + 11 \lg P$	$80 + 11 \lg P$
Brise-béton, marteaux-piqueurs à main.	$m \leq 15$	107	105
	$15 < m < 30$	$94 + 11 \lg m$	$92 + 11 \lg m$
	$m \geq 30$	$96 + 11 \lg m$	$94 + 11 \lg m$
Grues à tour.		$98 + \lg P$	$96 + \lg P$
Groupes électrogènes de soudage, groupes électrogènes de puissance.	$P_e \leq 2$	$97 + \lg P_e$	$95 + \lg P_e$
	$2 < P_e \leq 10$	$98 + \lg P_e$	$96 + \lg P_e$
	$P_e > 10$	$97 + \lg P_e$	$95 + \lg P_e$
Motocompresseurs.	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \lg P$	$95 + 2 \lg P$
Tondeuses à gazon, coupe-gazon, coupe-bordures.	$L \leq 50$	96	94
	$50 < L \leq 70$	100	98
	$70 < L \leq 120$	100	98
	$L > 120$	105	103

(1) La puissance électrique P_e est égale :
- pour les groupes électrogènes de soudage, au courant de soudage conventionnel multiplié par le voltage de charge conventionnel pour la plus faible valeur du taux de travail donnée par le fabricant ;
- pour les groupes électrogènes de puissance, à l'énergie primaire selon la norme NF ISO 8528-1, septembre 1994, point 13.3.2.

(2) Le niveau de puissance acoustique admissible est arrondi au nombre entier le plus proche (pour moins de 0,5, à l'entier inférieur ; pour 0,5 ou plus, à l'entier supérieur).

(3) Les niveaux de puissance acoustique admissibles prévus pour la phase 2 ne sont pas applicables aux types de matériels suivants :
- rouleaux compacteurs à conducteur à pied ;
- plaques vibrantes (> 3 kW) ;
- pilonneuses vibrantes ;
- bouteurs (sur chenilles d'acier) ;
- chargeuses (sur chenilles d'acier > 55 kW) ;
- chariots élévateurs en porte-à-faux à moteur à combustion interne ;
- finisseurs équipés d'une poutre lisseuse comportant un dispositif de compactage ;
- brise-béton et marteaux-piqueurs à main à moteur à combustion interne (15 < m < 30) ;
- tondeuses à gazon, coupe-gazon/coupe-bordures, à l'exception des matériels dont la largeur de coupe est comprise entre 50 cm et 70 cm (50 < L ≤ 70).

Les niveaux de puissance acoustique admissibles prévus pour la phase 1 restent applicables à ces types de matériels.

(4) Les niveaux de puissance acoustique admissibles des grues mobiles monomoteurs prévus pour la phase 2 sont applicables à compter du 3 janvier 2008.
Les niveaux de puissance acoustique admissibles prévus pour la phase 1 restent applicables à ce type de matériels jusqu'à cette date.

Tableau 5.1 : Valeurs admissibles de puissances acoustiques (Arrêté du 18 mars 2002)

L'entreprise devra être en possession des certificats de conformité acoustique de l'ensemble des engins et matériels présents sur le chantier. L'entretien des organes silencieux des engins et matériels devra être régulier et sera susceptible d'être contrôlé.

5.3 Mesures d'accompagnement

5.3.1 Biodiversité marine

5.3.1.1 Objectifs de la démarche

Au vu des enjeux environnementaux que présente l'emprise du port de Saint Leu situé dans le lagon et au sein de la RNMR, le TCO et la commune se sont engagés à mettre en œuvre une stratégie dite d'éco-conception portuaire destinée à faciliter la recolonisation du site par la biodiversité marine et la restauration des écosystèmes.

Cette stratégie se base sur l'idée novatrice d'utiliser tout ouvrage côtier immergé comme un outil pour préserver la biodiversité et en particulier les juvéniles. Cette nouvelle fonction n'altère en rien la fonctionnalité technique initiale de l'ouvrage support qui peut être une digue, un quai ou un appontement.

Cette association est possible grâce à une méthodologie spécifique de conception et un catalogue d'habitats artificiels intégrés aux différentes structures portuaires et adaptés à des espèces cibles (intérêt pour la biodiversité et les services rendus à l'écosystème).

La mangrove est un écosystème qui n'existe pas à La Réunion et employer ce terme peut être considéré comme inapproprié. L'absence de cet écosystème sur l'île n'empêche toutefois en rien le fait qu'il puisse inspirer la conception d'habitats artificiels qui pourront, même à petite échelle, générer un impact bénéfique sur le milieu naturel via les espèces de juvéniles qui s'y abriteront puis repeupleront les fonds coralliens.

Le concept recherché par la mise en œuvre d'habitats artificiels de type mangrove est de stimuler le potentiel de nourricerie des ouvrages du port. L'objectif est de tirer parti de certaines conditions environnementales propices au développement de poissons au stade juvénile (eaux calmes, ressources trophiques...).

L'ajout de modules de type mangrove vise à intégrer directement aux ouvrages portuaires une structure qui stimule la fonction de nourricerie de l'espace pour des espèces démersales et récifales.

Entre autres techniques, seront mis en place :

- des nurseries pour juvéniles à l'intérieur du bassin portuaire ;
- des micro-habitats ;

- des éléments de béton écologique destinés à accélérer la colonisation de la faune et de la flore (corail et algues) ;
- des éco-blocs constitutifs du corps de digue pour juvéniles récifaux (langoustes).

📖 Étude éco-conception portuaire Egis – 2012 (annexe 5)

Les recommandations de la DEAL (cf. annexe 6 : pré cadrage réglementaire) formulées au démarrage du projet ont été prises en compte dans la conception du port.

5.3.1.2 Zonation des équipements pour juvéniles

Les sites d'installation optimaux sont les zones dites de « captage ». Les larves sont transparentes et invisibles lors de leur phase pélagique c'est-à-dire de transport au gré des courants portées par les flots, puis elles se métamorphosent (elles se colorent) au moment où elles entrent en contact avec un substrat dur (roches, quai en béton, pieux de bois, coraux, algues...).

En général, cette métamorphose se poursuit par une descente sur le fond où la phase juvénile débute. Cette phase est benthique et/ou démersale car les juvéniles posés au fond doivent chercher immédiatement un abri pour survivre. Ce stade juvénile est à haut risque en raison de leur visibilité pour les prédateurs qui les consomment à hauteur d'environ 95% (taux de mortalité entre larves invisibles et juvéniles visibles, en moyenne).

Les zones les plus intéressantes dans un port sont caractérisées par des « zones d'arrivée » exposées aux courants porteurs du large, connectées à des « zones d'installation » constituées d'eaux calmes. L'objectif est de croiser ces données écologiques avec des données physiques et chimiques de l'environnement portuaire, notamment 3 types de zones dénomées A, B et C :

- Zone A : chercher à éloigner ces zones des sources de pollution ;
- Zone B : s'approcher des quais disposés à proximité des passes d'entrée exposées aux flux de larves ou aux entrées de juvéniles captés par la digue ou le récif corallien tout proche ;
- Zone C : protéger et assurer la croissance des juvéniles dans des zones d'eaux calmes.

5.3.1.3 Présentation des outils

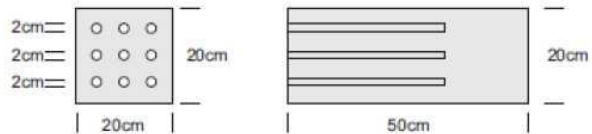
Les outils utilisés sont issus de travaux de recherche et de développement menés par EGIS EAU depuis 5 ans avec des partenariats au sein de laboratoires japonais (TUMSAT, Tokyo) et américains (NOVA SE, Florida) aussi bien qu'avec des industriels à même de réaliser des ouvrages proactifs pour l'environnement :

- **Eco-digue** : diversifier les cavités pour diversifier l'accueil d'espèces ou de stades d'espèces différents

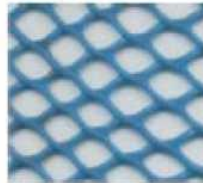
Aménagement de micro-habitats à l'extérieur de la zone portuaire sur l'ouvrage de protection

Les fonds rocheux en eau peu profonde à proximité de la cote sont attractifs pour les poissons juvéniles et adultes. Les enrochements de protection n'offrent qu'un type d'habitat «standard» correspondant au diamètre des cavités inter-blocs, souvent trop important pour protéger les poissons de la prédation. Le but de ce type d'aménagement est de recréer des micro cavités adaptées au développement et à la protection des juvéniles sur l'ouvrage de protection.

Il s'agit de reproduire artificiellement l'habitat naturel des



- **- M.H. : Micro-habitat pour juvéniles (Egis Eau)**



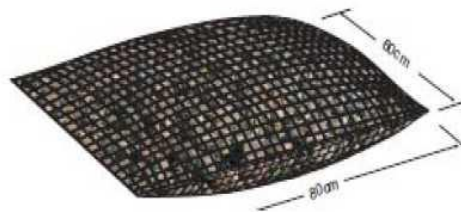
Exemple de maille PEHD



Pochon prêt à recevoir le remplissage



Matériaux servant au remplissage galet Ø5 à 10cm

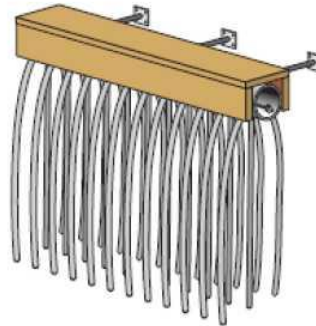


- - **M.A.J. : Mangroves Artificielles pour Juvéniles (Egis Eau)**

Aménagement de micro-habitats pour juvéniles à l'intérieur de la zone portuaire

Les fonds rocheux en eau peu profonde à proximité de la côte sont attractifs pour les poissons juvéniles et adultes. Les enrochements de protection n'offrent qu'un type d'habitat «standard» correspondant au diamètre des cavités inter-blocs, souvent trop important pour protéger les poissons de la prédation. Le but de ce type d'aménagement est de recréer des micro cavités adaptées au développement et à la protection des juvéniles dans l'enceinte portuaire.

Il s'agit de reproduire artificiellement l'habitat naturel de mangrove en reproduisant l'abri créé par les racines de palétuviers.



- - **Becoq : Eco-béton coquillier (BEC)**

Valorisation écologique du port de Saint-Leu : Infrastructures en béton coquillier

Dans les milieux riches en matière organique, le béton biogène (mélange de coquilles concassées et de béton) favorise la fixation et la colonisation d'algues et d'animaux filtreurs (hydraires, spongiaires, annélides, mollusques, etc..).

Ces espèces jouent le rôle de "bio-filtre" naturel en recyclant la matière organique. Cette dégradation biologique participe, en fonction des surfaces aménagées, à l'amélioration de la qualité des eaux portuaires.

La mise en oeuvre du béton reste classique et ne modifie pas les qualités intrinsèques du béton. Il s'agit d'intégrer dans certaines proportions des produits coquilliers ayant préalablement subi un traitement permettant d'accélérer la colonisation naturelle.

Granulats issus de coquilles concassées



(Modèles et brevets Egis Eau)

5.3.1.1 Organisation et mise en place des équipements

A- Nurseries pour juvéniles

Les nurseries pour juvéniles sont appelées Mangroves Artificielles pour Juvéniles (MAJ) en raison de la technique développée par EGIS EAU.

L'objectif de ces MAJ est de créer des nurseries pour les juvéniles sur le même principe que les mangroves. Dans notre cas, aucune mangrove ne sera implantée sur site mais la dénomination MAJ sera cependant employée de par la technique mise en œuvre.

Densité de pose :

Dans les zones de captage, les MAJ seront en forte densité ; dans les zones calmes, elles pourront être plus espacées.

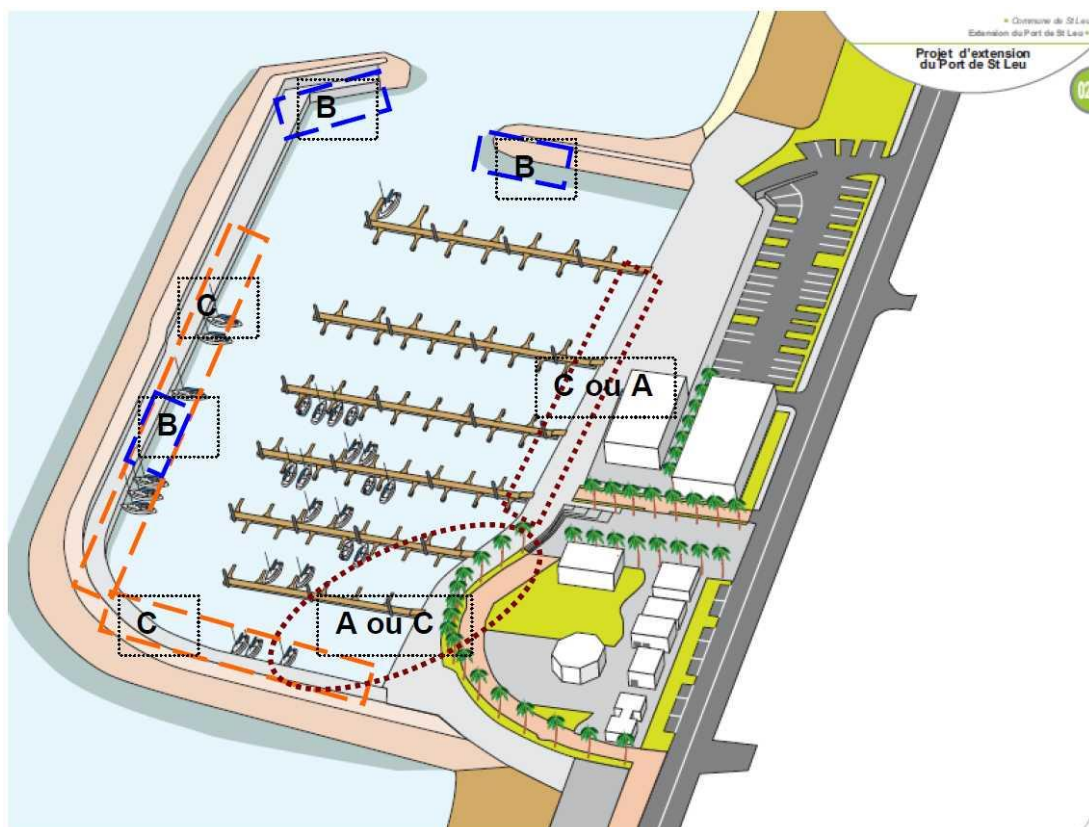


Figure 5.5 : Zone d'installation des mangroves artificielles pour juvéniles

B- Micro-habitats

Les micro-habitats seront implantés en respectant les mêmes principes qu'exposés précédemment.

Densité de pose :

Dans les zones de captage les micro-habitats seront installés en forte densité ; dans les zones calmes ils pourront être plus espacés.

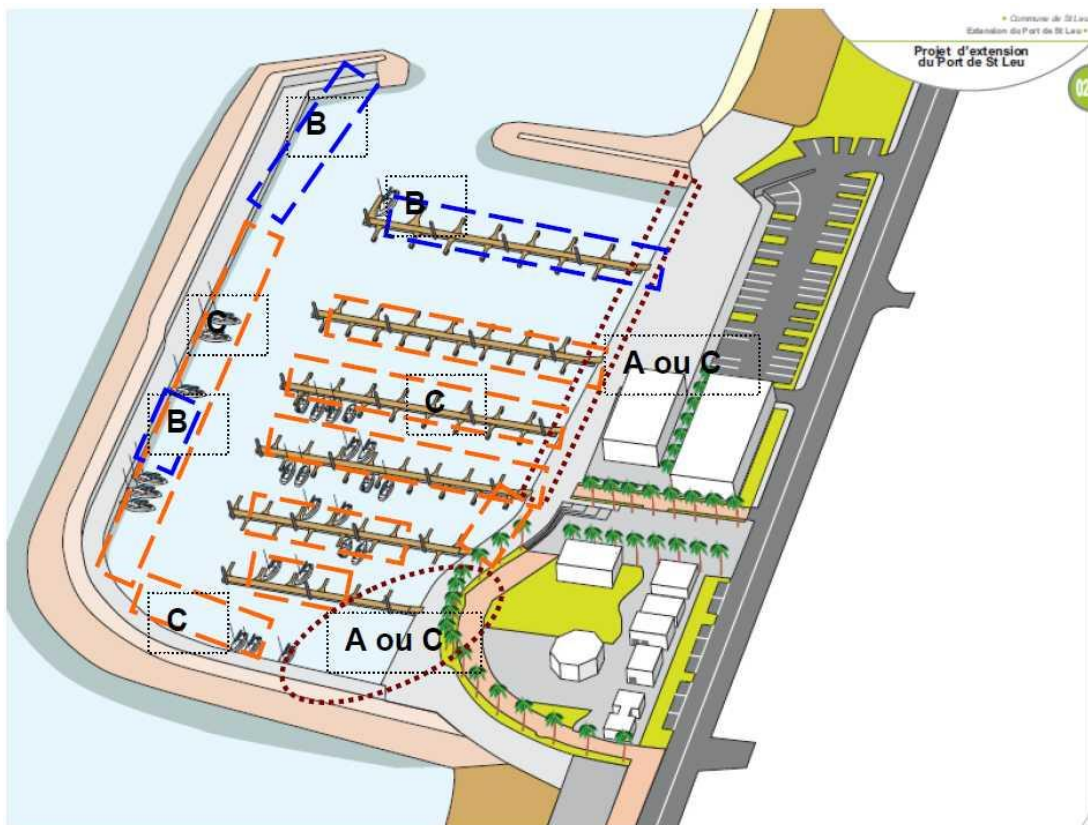


Figure 5.6 : Zone d'installation des micro-habitats (MH) sur les quais (en complément des MAJ) et sur les pieux et pontons pour l'accueil des juvéniles benthiques.

5.3.1.2 Béton écologique destiné à accélérer la colonisation de la faune et de la flore (corail et algues)

Ce béton pourrait être utilisé pour la réalisation des parements bétonnés en contact avec le milieu sous-marin, en particulier pour l'aménagement du quai de l'extension du bassin.

Si un gisement de coquilles utilisable n'est pas identifié à La Réunion, cette option sera abandonnée.

En alternative, un traitement sera proposé sur le béton pour le rendre rugueux et favoriser la fixation des espèces.

5.3.1.3 Eco-digue en éco-blocs pour juvéniles récifaux (langoustes)

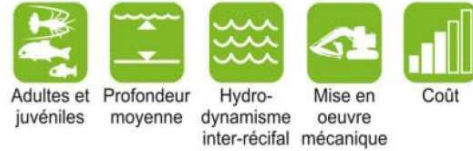
Le concept est basé sur la recherche d'une solution à la faible disponibilité d'habitats sur les fonds côtiers et la faible diversité des cavités offertes par une digue en enrochements classique.

Implantation

Les fonds rocheux en eau peu profonde à proximité de la côte sont attractifs pour les poissons juvéniles et adultes. Les digues de protection recréent partiellement ces conditions. Les éco-blocs améliorent l'attractivité naturelle et s'insèrent dans les ouvrages maritimes de protection en permettant d'adapter les habitats à des espèces cibles.

Fonction écologique

Les enrochements de protection n'offrent qu'un type d'habitat «standard» correspondant au diamètre des cavités inter-blocs, souvent trop important pour protéger les poissons de la prédation. Les éco-blocs permettent d'adapter l'habitat à chaque espèce cible et de renforcer la biodiversité.



Organisation et mise en place dans le port :

En insertion dans la future digue Sud (extension du bassin portuaire) et le nouveau musoir (réduction de la passe d'entrée actuelle). Voir figure page suivante.

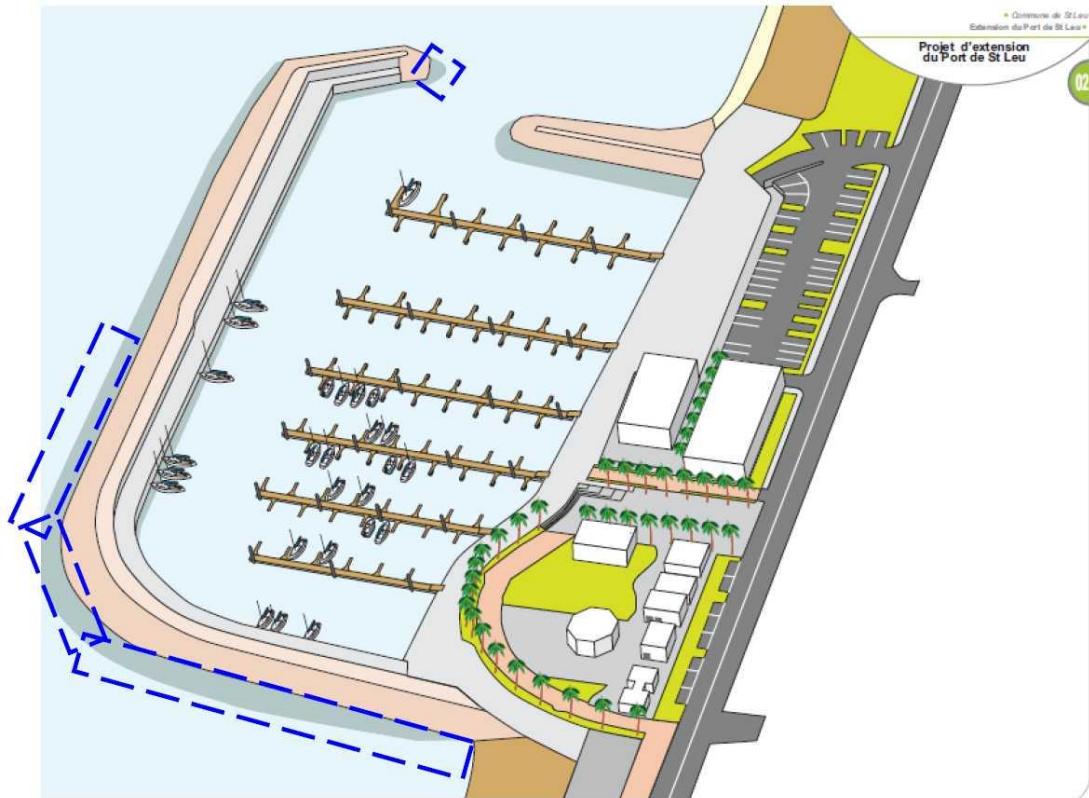


Figure 5.7 : Zone d'installation des éco-blocs sur les musoirs et épis pour l'accueil des juvéniles (notamment langoustes)

5.3.1.1 Coût de la mesure

Les différentes mesures d'éco-conception retenues représentent un coût global de 50 k€HT.

5.3.2 Synthèse des mesures réductrices, compensatoires et d'accompagnement

Management environnemental			
Dénomination	Milieu concerné	Coûts (€HT)	Commentaires
Intervention d'un coordonnateur environnement	Milieu marin	50 000.00	Consultation externe
Suivi des cétacés et tortues marines pendant les travaux maritimes	Milieu marin	80 000.00	Consultation externe
Suivi des peuplements coralliens	Milieu marin	40 000.00	Consultation externe
Mesure en continu de la turbidité	Milieu marin	45 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Suivi des contaminants sur organismes filtreurs	Milieu marin	45 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Suivi hydro-sédimentaire	Milieu marin	60 000.00	Consultation externe
Suivi des rejets au milieu marin	Milieu marin	80 000.00	Consultation externe
Sous total Management environnemental		400 000.00	
Mesures compensatoires			
Dénomination	Milieu concerné	Coûts (€HT)	Commentaires
Etude acoustique cétacés	Milieu marin	40 000.00	Consultation externe
Sous total Mesures compensatoires		40 000.00	
Mesures réductrices			
Dénomination	Milieu concerné	Coûts (€HT)	Commentaires
Traitement des eaux pluviales	Milieu marin	25 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Traitement des eaux de carénage	Milieu marin	50 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Rideaux filtrants des matières en suspension	Milieu marin	45 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Mise en place d'un rideau à bulle d'air	Milieu marin	30 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Respect des conditions d'éclairage de la SEOR pour l'avifaune (remplacement des candélabres existants)	Milieu terrestre	130 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Intégration paysagère	Milieu terrestre	350 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Intégration architecturale	Milieu terrestre	190 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Mise en place d'un point propre et de poubelles de collecte	Milieu terrestre et marin	57 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Mise en place de 3 panneaux de sensibilisation	Milieu marin	10 500.00	Consultation externe
Sous total mesures réductrices		887 500.00	
Mesures d'accompagnement			
Eco conception du port	Milieu marin	50 000.00	Intégré dans le marché de travaux
Sous total mesures d'accompagnement		50 000.00	
TOTAL MANAGEMENT + MESURES			1 377 500.00
TOTAL INTEGRE DANS MARCHÉ TRAVAUX			1 017 000.00

Tableau 5.2 : Synthèse des mesures réductrices, compensatoires et d'accompagnement



**ANALYSE DES MÉTHODES
UTILISÉES**

6

Analyse des méthodes utilisées

La description détaillée du projet et la connaissance optimale de l'état initial de l'environnement sur le site et ses abords constituent le préalable indispensable à l'évaluation des impacts générés par le projet. Le recueil des informations disponibles et la phase d'observation sur le terrain ont été réalisés dans un souci d'objectivité et d'exhaustivité.

La démarche et le raisonnement consistant à estimer les impacts attendus sont caractérisés par :

- une démarche inductive qui part des faits, observations et mesures, qui critique ses résultats et tient compte de l'expérience ;
- un souci d'objectivité pour les prévisions, tout en laissant une part de subjectivité aux appréciations évaluées non mesurables ;
- une incertitude des résultats escomptés qui sont relatifs (et jamais absolus) et sous-entendent le rôle non négligeable de l'imprévisible et du hasard ;
- un raisonnement rigoureux et scientifique, méthodique, à l'inverse d'une approche basée sur une opinion, caractérisée pour cette dernière par une appréciation ou basée sur des sentiments, des impressions et des goûts.

6.1 Méthodes utilisées pour chacun des thèmes de l'environnement

6.1.1 Géologie et hydrogéologie

Ce volet a été abordé d'après les documents et études existants et disponibles, en particulier la carte géologique du BRGM au 1/50 000^{ème} et le site internet du BRGM.

A également été consulté le site du portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES).

6.1.2 Hydrologie & milieu récepteur

Dans le cadre de l'extension de son port, la mairie de Saint Leu a fait appel en 2011 à la société SAFEGE et sa filiale ACTIMAR pour étudier les impacts du projet

d'aménagement sur le phénomène de surcote (surélévation du niveau du plan d'eau) et le fonctionnement hydro-sédimentaire aux abords du port.

Dans cet objectif, ACTIMAR a mis en œuvre des outils de modélisation numérique permettant de simuler les processus responsables des surcotes et des mouvements sédimentaires à partir des forçages de marée, de vent, de houle et de débit des ravines.

A- Présentation des outils de modélisation : Seamer et Swan

Le rédacteur précise que ces modèles n'intègrent pas les dernières découvertes faites par l'IFREMER, concernant les anomalies altimétriques océaniques autour de La Réunion susceptibles de créer des biais conséquents aux calculs.

a- Seamer

Développé initialement au sein des équipes universitaires dédiées à l'océanographie (Brest et Marseille), puis par IFREMER (durant une quinzaine d'années) et enfin par la société SEAMER, il synthétise un savoir-faire considérable.

Le module hydrodynamique de SEAMER résout par différences finies les équations générales de l'hydrodynamique, il simule les courants (vitesse et direction), la température, la salinité et le niveau de la surface libre sous l'action de la marée, du vent, de la pression atmosphérique, de la houle et des apports d'eau douce.

Le module de calcul du transport sédimentaire et de morphodynamique de SEAMER est intégré au calcul hydrodynamique. Pour des sédiments non cohésifs (gravier, sables grossiers à fins), il résout les équations du transport total sous l'effet combiné de la houle et du courant selon la formulation Soulsby-VanRijn (d'autres formulations sont disponibles en l'absence d'agitation). Dans le cas d'une simulation de sédiments très fins, il utilise une formulation de type érosion/dépôt (formulation de Krone et Parthéniades), avec une formulation de la tension au fond tenant compte de l'agitation des vagues (Soulsby).

Le calcul effectué par SEAMER est couplé au calcul de la houle effectué par SWAN par le mécanisme des tensions de radiations qui permettent de forcer la dérive littorale et le set-up dus aux vagues (la répartition entre dérive et set-up étant elle-même contrôlée par la bathymétrie).

b- Swan

Le modèle spectral de propagation des états de mer SWAN1 (acronyme de « Simulating WAVes Nearshore ») est développé au sein de Delft University of Technology, aux Pays Bas :

<http://www.swan.tudelft.nl/>.

Il s'agit d'un modèle numérique permettant le calcul des paramètres des vagues, dans les régions côtières, les lacs et les estuaires, à partir d'informations fournies sur la bathymétrie, les courants et le vent. Le modèle résout l'équation de transport de l'énergie (ou de l'action d'onde, en présence de courants).

De plus, il permet d'analyser l'effet des aménagements sur la dynamique hydro-sédimentaire et sur les surcotes éventuelles.

6.1.3 Milieux naturels

6.1.3.1 Peuplements coralliens

Dans le cadre du projet d'extension du port de Saint Leu, le DODO PALME a réalisé pour le compte du bureau d'études SAFEGE une expertise écologique au niveau du platier et de la pente externe du récif de Saint Leu. Deux prélèvements d'eau de mer et deux prélèvements de sédiments marins ont été effectués et quatre stations ont été échantillonnées selon la méthode mise en place par le Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN).

La prestation réalisée consiste en un état de référence des peuplements du récif de Saint Leu en termes de recouvrement et d'état de vitalité.

6.1.3.2 Faune aquatique

A- État Initial GLOBICE

a- Méthodologie

Sources des données utilisées

En vue de réaliser l'état initial des connaissances sur les espèces de cétacés concernées par le projet, le jeu de données récoltées par GLOBICE dans les eaux territoriales de La Réunion sur la période 2004 à mars 2012 a été utilisé en extrayant les données concernant les eaux au large de Saint Leu.

Les données mises à disposition ont été collectées lors de différentes missions de prospection de GLOBICE :

- Lors de sorties journalières, organisées à partir de différents port de La Réunion.
Lors de ces sorties en mer, un protocole standardisé est appliqué (Dulau et al., 2008). Une prospection visuelle continue de la surface est assurée par les observateurs dans le but de détecter la présence de cétacés. Une fiche standard de collecte de données est renseignée afin de recueillir de manière systématique les données concernant l'effort de prospection et les données d'observation ;
- Lors de missions côtières organisées en partenariat avec la Brigade Nature Océan Indien, celle-ci apportant une aide logistique et technique (mise à disposition du bateau et d'agents) depuis 2008 ;
- Lors de l'étude de recensement des Cétacés, Tortues, et Oiseaux (CéTO) de l'ensemble des eaux territoriales de La Réunion, financée par la DIREN-Réunion (2009-2010). Des transects linéaires, disposés en étoile autour de l'île

ont été parcourus, en couplant une prospection visuelle et un échantillonnage acoustique.

Protocole de collecte de données

Le protocole standard utilisé dans le cadre des prospections menées par GLOBICE est le suivant :

- La prospection est effectuée à vitesse constante (5 nœuds) et dans des conditions météorologiques propices à la détection des cétacés en surface (Vent <3 Beaufort). Le long de ces transects, une prospection visuelle continue est conduite afin de détecter la présence de cétacés. Lors de la détection, le transect est interrompu pour collecter des données de base (identification de l'espèce, nombre d'individus, activité, photo-identification des individus). Toutes les données et enregistrements sont géo-référencés (position GPS) ;
- L'effort de prospection est assuré par un minimum de trois observateurs expérimentés à la détection et l'observation des cétacés en mer ;
- Une fiche standard de collecte de données est remplie lors de chaque sortie, afin de recueillir de manière systématique les données concernant l'effort de prospection et les données d'observation. Les données suivantes sont ainsi relevées tous les quarts d'heure :
 - Heure ;
 - N° point GPS ;
 - Latitude / Longitude ;
 - Niveau de visibilité (nulle – mauvaise – moyenne – bonne – excellente) ;
 - Statut (départ sortie – prospection – détection - suivi observation - fin d'observation – transit - fin de sortie...) ;
 - Niveau de bruit ambiant sous-marin (quand présence d'un hydrophone à bord).
- Lors de la détection de cétacés, la prospection est interrompue pour collecter les données de base sur les individus observés :
 - Espèce ;
 - Nombre d'individus ;
 - Nombre de nouveaux-nés ;
 - Activité (cf. ci-dessous : prédation - socialisation - reproduction – voyage – repos - indéterminé) ;
 - Formation (serré – groupé – dispersé - sous-groupe - variable) ;
 - Nombre de bateaux présents autour du groupe observé ;
 - Réaction des individus (évitement – approche - indifférence).
- L'activité des groupes ou individus observés est définie d'après l'observation du comportement des animaux en surface :

- Repos :
 - Déplacement très lent du groupe, souvent suivant une direction constante ;
 - Structure plutôt compacte du groupe ;
 - Certains individus peuvent rester immobiles en surface durant plusieurs minutes, voire plusieurs heures pour les baleines et les espèces pélagiques.
- Reproduction/socialisation :
 - Manifestations de surface (sauts, vrilles, contacts physiques entre les individus du groupe...).

Dans le cas des baleines à bosse, on parle de « groupes actifs » (Clapham et al., 1992).
- Voyage :
 - Mouvement cohérent de l'ensemble du groupe, selon une direction et une vitesse constante, sans sonde.

Le groupe peut être compact ou étalé.
- Prédation :
 - Comportements de surface variables : accélérations de surface, sondes prolongées, mouvements circulaires ;

De manière générale, direction non constante ;

 - Groupe dispersé en surface ;
 - Des chasses de poissons ou d'oiseaux marins sont parfois être observées simultanément.

Des données de photo-identifications sont en outre récoltées par les photographes présents à bord. Cette technique consiste à photographier les marques naturelles visibles sur les animaux, permettant leur identification individuelle. Ces données sont utilisées notamment afin de caractériser les mouvements d'individus entre la zone concernée et les autres secteurs de l'île, et de définir ainsi l'étendue du domaine vital utilisé par chaque espèce.

Pour les dauphins, les marques de la nageoire dorsale sont utilisées. Cette méthode est particulièrement adaptée aux grands dauphins, qui possèdent des ailerons souvent marqués, facilitant la reconnaissance des individus. Les photos sont prises en plaçant le bateau parallèlement à l'animal afin d'obtenir une vue de profil de l'aileron.

Pour les baleines, la face ventrale de la nageoire caudale est utilisée en priorité, chaque animal possédant une pigmentation particulière permettant l'identification individuelle. Pour cela, le bateau doit se placer derrière l'animal, à une distance d'environ 50m, au moment où la baleine lève sa nageoire caudale pour initier une sonde. Pour les baleines ne montrant pas leur caudale de manière systématique,

l'aileron dorsal est également utilisé pour identifier les individus. L'analyse ultérieure des clichés permet d'identifier les individus d'après les marques distinctives et pérennes (encoches, cicatrices, pigmentation). Elle nécessite donc la prise de clichés de qualité, en haute définition. Dans la mesure du possible tous les individus formant le groupe sont photographiés.

Toutes les données ainsi que les enregistrements sont géo-référencés (prise de la position GPS).

b- Effort de prospection

La présente étude se base sur des données collectées en mer selon le protocole standard présenté dans la description de l'état de référence (Description de l'état de référence de la distribution des cétacés, Projet d'extension du Port de Saint Leu, GLOBICE - 2011) sur l'ensemble de l'année 2012.

La distribution spatiale des données a été établie à l'échelle d'une grille de mailles de 2 kilomètres de côtés, permettant de quantifier et de situer finement l'effort, le nombre d'observations et donc la fréquence d'observation de chaque espèce, soit un nombre d'observations rapporté à une distance de prospection (nombre d'observations par kilomètre de prospection sur un secteur précis). L'objectif étant la comparaison objective des niveaux de fréquentation des espèces entre les eaux au large de Saint Leu (susceptibles d'être soumises à l'influence du projet) et les autres secteurs de La Réunion.

Il est précisé que seule la notion « d'observation » est ici prise en compte et non le nombre d'individus. Une observation étant la détection et le suivi d'un individu ou d'un groupe d'individus d'une espèce donnée.

L'effort pris en compte ici représente 8405,49 km de prospection sur l'ensemble de l'année 2012. Entre juin et octobre, soit la saison de présence des baleines, l'effort s'élève à 5159,65 km. Il est précisé que le secteur Nord-Ouest a fait l'objet d'un suivi régulier sur cette période, deux campagnes par mois étant organisées entre Le Port et Saint Denis.

Le secteur situé au large de St-Gilles est également largement prospecté (Figure 6.1 et Figure 6.2). En comparaison, le secteur de Saint Leu a bénéficié d'un effort moins important, ce qui est à prendre en compte dans l'analyse des cartographies. Même si ces résultats constituent des fréquences d'observation, soit un nombre d'observations rapporté à un nombre de kilomètres de prospection, un plus faible effort sur un secteur peut être de nature à diminuer le niveau de représentativité des résultats.

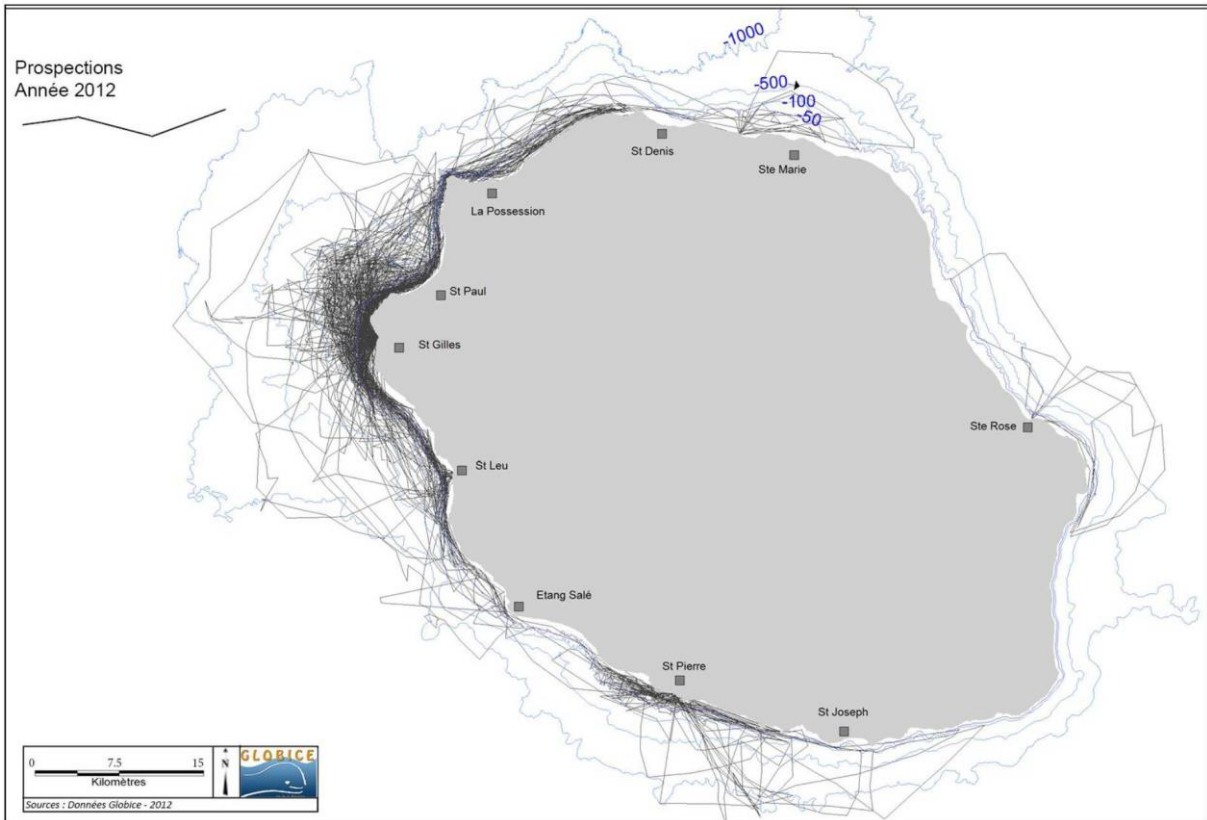


Figure 6.1 : Prospections menées par GLOBICE sur l'ensemble de l'année 2012

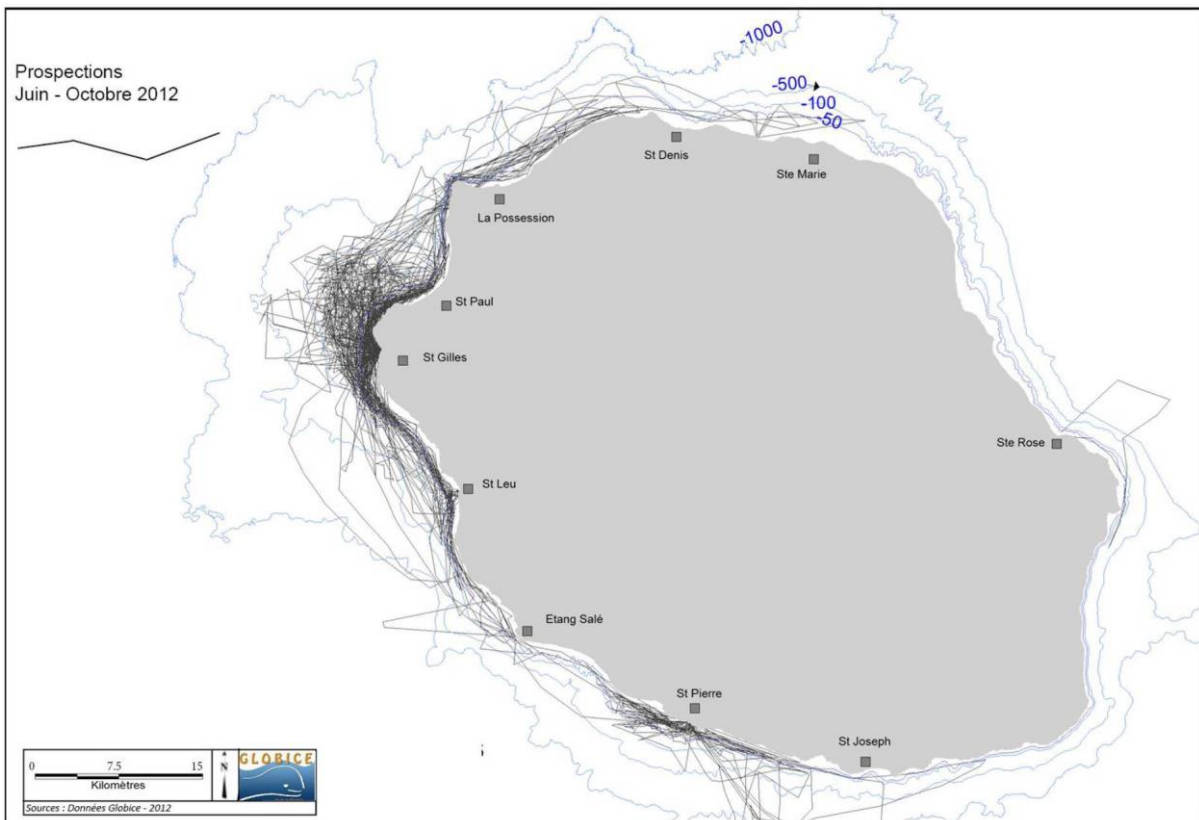


Figure 6.2 : Prospections menées par GLOBICE sur la saison de présence des baleines à bosse, entre juin et octobre 2012

c- Limite de l'étude

L'état initial a été réalisé à partir de la bibliographie existante et sur les données recueillies par l'association GLOBICE au cours de ses missions d'observation et d'étude des cétacés dans les eaux côtières de La Réunion. Si ces données permettent une estimation réaliste de la fréquentation du site par les cétacés, elles n'ont pas la prétention de décrire de manière exhaustive cette fréquentation.

La zone d'étude utilisée est celle définie par SAFEGE. Sa surface exacte d'influence ne peut être déterminée avec exactitude que par la réalisation d'une étude apportant des précisions quant à la propagation des sons générés directement ou non par les différentes phases du projet. Cette étude est prévue dans le cadre du management environnemental du projet.

Le rapport se base ainsi sur une zone d'étude « théorique » définie à dire d'expert.

B- Étude KELONIA – Tortues marines

Les données utilisées dans cette étude sont extraites du programme de recensement aérien des tortues marines sur la côte ouest de La Réunion selon le protocole mis en œuvre depuis 1998 (de la Pointe au sel à la Baie de St Paul) par KELONIA (Sauvignet et al., 2000 ; Michalowski, 2007 ; Jean et al., 2010a).

Au cours des survols en ULM réalisés entre 2003 et 2011, 34 tortues marines ont été observées dans le périmètre de la zone d'étude et 209 dans le périmètre de la Baie de Saint Leu. Pendant la même période, 2 909 observations ont été enregistrées sur l'ensemble de la zone d'étude du programme de recensement aérien (longueur totale du transect : 30 km).

6.1.4 Paysage

Pour l'état initial, l'étude « Réaménagement et Extension du Port de Saint Leu – Étude urbaine et de développement touristique de Saint Leu » réalisée par BRED AMO – groupe GINGER en Janvier 2012 a été utilisée.

Cette étude avait pour but de déterminer à l'échelle du centre-ville de Saint Leu les objectifs urbains de développement de la commune.

A ce titre ont été analysés :

- Les données concernant le patrimoine naturel, architectural et paysager du site ;
- La structure du centre-ville ;
- Les activités touristiques, commerciales, culturelles, administratives, ... ;
- Les modes de circulation (transports en commun, véhicules, circulations douces, ...)
- Les données règlementaires et foncières.

Les objectifs affichés dans l'étude concernent, au-delà de l'extension du port, les axes majeurs de la politique urbaine prévue par la commune (maillage et flux de circulation, reconquête du front de mer, redynamisation de son tissu économique, mise en valeur de son patrimoine, développement durable, environnement, ...).

6.2 Démarche du bureau d'études

L'intervention du bureau d'étude SAFEGE a porté sur la réalisation du dossier d'étude d'impact et des documents associés. Ce dossier intègre les données techniques définies par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre en 2012 et 2013.

6.2.1 Prestations sous-traitées

Il a été fait appel aux services de :

- DODO PALMÉ ;
- GLOBICE ;
- KELONIA ;

Dont les rapports d'expertise sont présentés en annexe du présent document.

6.2.2 Consultation de personnes ressources

- Guillaume COTTAREL – chargé d'étude – GLOBIS ;
- Claire Jean – KELONIA ;
- Julien Dubreuil – Océanographe – IN VIVO.

6.3 Bibliographie

6.3.1 Documents réglementaires

- SDAGE 2010 – 2015 ;
- SAR 2010 ;
- SAGE OUEST 2006 ;
- PLU Saint Leu 2007 ;
- Décret n°2007-236 du 21 février 2007 portant création de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion ;
- Plan de Gestion de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion ;
- PPRi de Saint Leu.

6.3.2 Cartographie

- Carte géologique de La Réunion 1/50 000^{ème} du BRGM ;
- Carte IGN 1/25 000^{ème} ;
- Cadastre de la commune de Saint-Leu ;
- Orthophoto 2003.

6.3.3 Données

- Inventaire INSEE 1990, 1999 et 2008 ;
- Données météorologiques fournies par METEO France ou issues de l'Atlas climatique de La Réunion, Météo France, 1997 ;
- Direction Régionale de l'Environnement (DREAL) ;
- Données documentaires SAFEGE.

6.3.4 Sites internet consultés

- <http://www.legifrance.fr> ;
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr>: site du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire ;
- <http://www.adeseaufrance.fr/> ;
- <http://www.infoterre.brgm.fr/> ;
- <http://www.geoportail.fr/> ;
- <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/patrimoine/> ;
- <http://www.torsooi.com/> .

6.4 Auteurs de l'étude

La rédaction initiale du présent dossier et ses mises à jour en 2015 puis 2016 ont été réalisées par la société SAFEGE par les intervenants suivants :

Ludivine MERCURI

Chef de projet

Et

Karl LEMARCHAND

Ingénieur de projet

sous la direction de

Sébastien BOUAT

Directeur de l'agence Réunion

ANNEXE 1

EXPERTISE ECOLOGIQUE DU MILIEU MARIN POUR LE PROJET D'EXTENSION DU PORT DE SAINT-LEU – PLATIER ET PENTE EXTERNE DU RECIF DE SAINT- LEU (JUILLET 2010)

ANNEXE 2

REAMENAGEMENT ET EXTENSION DU PORT DE SAINT LEU – ÉTUDE URBAINE ET DE DEVELOPPEMENT TOURISTIQUE DE SAINT-LEU (BRED AMO – GROUPE GINGER, JANVIER 2012)

ANNEXE 3

AVANT-PROJET DU PROJET D'EXTENSION DU PORT DE SAINT-LEU (EGIS, AVP, 2010)

ANNEXE 4

ÉTUDE D'AGITATION SUR LE MODELE NUMERIQUE (EGIS EAU – 2010)

ANNEXE 5

ÉTUDE PRELIMINAIRE POUR L'ECO – CONCEPTION PORTUAIRE (EGIS EAU – 2010)

ANNEXE 6

PRE-CADRAGE REGLEMENTAIRE (DEAL – MAI 2011)

ANNEXE 7

DESCRIPTION DE L'ETAT DE REFERENCE DE LA DISTRIBUTION DES CETACES ET ETUDE D'IMPACT SUR LES MAMMIFERES MARINS – PROJET D'EXTENSION DU PORT DE SAINT-LEU, (GLOBICE, JUILLET 2012 ET FEVRIER 2013)

ANNEXE 8

ÉTUDE D'IMPACT DE L'EXTENSION DU PORT DE SAINT-LEU SUR LES TORTUES MARINES (KELONIA, JUILLET 2012)

ANNEXE 9

ÉTUDE HYDROSEDIMENTAIRE, (ACTIMAR / SAFEGE 2011)

ANNEXE 10

PIECES GRAPHIQUES DE L'AVP DU PROJET D'EXTENSION DU PORT DE SAINT LEU (EGIS – 2010)

ANNEXE 11

BARRAGE TRAVAUX MARITIMES – JUPE EN TISSU GEOTEXTILE HAUTE RESISTANCE ET RIDEAUX A BULLES D'AIR

ANNEXE 12

FICHE TECHNIQUE DE L'UNITE DE TRAITEMENT DES EAUX DE CARENAGE ET L'ACCORD DE PRINCIPE DE LA CISE POUR DEVERSER LES EAUX USEES DANS LE RESEAU EU EXISTANT

ANNEXE 13

RELEVES TOPO-BATHYMETRIQUES / PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS (CTSI, OCTOBRE 2011)
