Projet de faisabilité technique et économique du parc éolien offshore flottant « Atis » de 864 MW dans la mer Ligure, au large des côtes de la Toscane



Étude d'impact environnemental
Volume 2

Firmato digitalmente da: CLAUDIO MARCELLO PICCINELLI
Organizzazione: ENI PLENITUDE S.P.A. SOCIETA' BENEFIT/12300020158
Data: 10/02/2026 11:37:31

CONFIDENTIEL : *la publication de tout ou partie de ce document (ou de tout document similaire ou dérivé) à des tiers est strictement interdite, sauf autorisation expresse d'Atis Floating Wind S.r.l. Toute publication non autorisée de tout ou partie de ce document (ou de tout document similaire ou dérivé) constituera une violation de la confidentialité.*

Révision

Auteur	Société	Réviseur	Approuvé par	Société
Groupe de travail	ERM Italia S.p.A.	*Marco Mura Valerio Labattaglia Loreta Bruni*	*Enrico Testa*	Eni Plenitude S.p.A.

Document préparé par

ERM Italia S.p.A.
Via San Gregorio 38, Milan (MI), 201124, Italie
info@pec.ermitalia.it

Coordonnées de la société

Atis Floating Wind S.r.l.
Numéro d'inscription au registre des entreprises :
12645610960 Via Ripamonti 85, Milan (MI), 20141, Italie
Atisfloatingwind@legalmail.it

Contenu

5 Description de l'état actuel de l'environnement 15

5.1 Contexte général et introduction 15

5.2 Identification de la zone du projet 21

5.3 Conditions météorologiques 22

5.3.1 Températures 23

5.3.2 Données pluviométriques 29

5.3.3 Données anémométriques 31

5.3.4 Données ondométriques 37

5.4 Qualité de l'air 44

5.4.1 Réglementation nationale de référence 44

5.4.2 Réglementation régionale de référence 48

5.4.3 Environnement terrestre 48

5.4.4 Environnement marin 58

5.5 Géologie et géomorphologie 58

5.5.1 Cadre géologique et géomorphologique des zones maritimes 58

5.5.2 Géomorphologie et bathymétrie 61

5.5.3 Cadre géologique et géomorphologique des zones terrestres 67

5.5.4 Cadre sismique, volcanique et risque de tsunami 73

5.6 Hydrologie 87

5.6.1 Environnement marin 87

5.6.2 Eaux de surface et souterraines 103

5.7 Sédiments marins 109

5.7.1 Granulométrie 109

5.7.2 Paramètres physico-chimiques 116

5.8 Sol et sous-sol 125

5.9 Bruit et vibrations 131

5.9.1 Bruit sous-marin 132

5.9.2 Bruit et vibrations terrestres 136

5.10 Champs électriques, magnétiques, électromagnétiques et rayonnements 145

5.10.1 Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental 151

5.11 Flore et faune 153

5.11.1 Biodiversité marine 154

5.11.2 Biodiversité terrestre 233

5.11.3 Espèces protégées et d'intérêt pour la conservation 250

5.11.4 Espèces exotiques et envahissantes 253

5.12 Zones naturelles protégées et sites Natura 2000 258
5.12.1 Zones protégées 258
5.12.2 Sites Natura 2000 dans la zone élargie....260
5.12.3 Zones importantes pour la biodiversité....273
5.13 Système paysager, patrimoine culturel et archéologique....279
5.13.1 Paysage....279
5.13.2 Zones d'intérêt archéologique terrestre 282
5.13.3 Zones d'intérêt archéologique sous-marines 284
5.14 Population et santé publique 294
5.14.1 Population 294
5.14.2 Espérance de vie....297
5.14.3 Mortalité et morbidité....298
5.15 Activités anthropiques 300
5.15.1 Infrastructures 300
5.15.2 Déchets....303
5.15.3 Transports et mobilité 307
5.15.4 Pêche et aquaculture....313
5.15.5 Trafic maritime 325
5.15.6 Tourisme....338
5.15.7 Énergie....341
Bibliographie....345

Liste des figures

Figure 5-1 Vue d'ensemble du parc éolien offshore Atis 16
Figure 5-2 Disposition offshore du projet 17
Figure 5-3 Implantation onshore du projet et des ouvrages connexes TERNA....18
Figure 5-4 Carte des différences par rapport aux valeurs normales annuelles de température moyenne 24
Figure 5-5 Températures moyenne, maximale et minimale en 2022 (station de Livourne)....25
Figure 5-6 Températures moyenne, maximale et minimale en 2022 (station de Suvereto) 26
Figure 5-7 Évolution de la température moyenne de la surface de la mer (°C) entre 1982 et 2018 en Méditerranée occidentale 27
Figure 5-8 Température moyenne de la surface de la mer (°C) entre 1982 et 2018 dans le bassin méditerranéen et dans l'Atlantique Nord-Est 27
Figure 5-9 Température moyenne de la surface de la mer en 2020 en Italie (annuelle et mensuelle) 28
Figure 5-10 Évolution de la température de l'eau (°C) relevée par la station de Livourne au cours de la période d'observation 29

Figure 5-11 Évolution de la température de l'air (°C) relevée par la station de Livourne pendant la période d'observation 29
Figure 5-12 Précipitations cumulées (marégraphe de Livourne) 2023 31
Figure 5-13 Précipitations cumulées (Suvereto) 2023 31
Figure 5-14 Données anémométriques relevées à la station de Gorgona (a) et de Capraia Isola (b).....33
Figure 5-15 Données anémométriques relevées à la station de Suvereto 34
Figure 5-16 Rose des vents Station marégraphique de Livourne, 2022....35
Figure 5-17 Variabilité de la vitesse du vent dans la zone du parc éolien offshore au cours de la période considérée 35
Figure 5-18 Densité du vent dans la zone du projet 36
Figure 5-19 Hauteur de la marée astronomique et niveau de la mer observé à la station marégraphique de Livourne (année de référence : 2022)....37
Figure 5-20 Cartes des courants marins superficiels de la Marine militaire (mars, juin, septembre et décembre)39 Figure 5-21 Données ondométriques ; janvier-mars 2023....40
Figure 5-22 Données ondométriques ; juillet-septembre 2023....41
Figure 5-23 Données ondométriques octobre-décembre 2023....43
Figure 5-24 Zonage et réseau régional de surveillance de la qualité de l'air....49
Figure 5-25 $_{PM10}$ - Valeur moyenne annuelle 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet - parc éolien éolien, et en vert les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement) 51
Figure 5-26 $_{PM10}$ – comparaison des moyennes annuelles (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien éolien, et en vert les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement) 52
Figure 5-27 $_{PM10}$ - Dépassements de la limite journalière en 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien offshore, et en vert, les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement) .52 Figure 5-28 $_{PM2,5}$ - Valeur moyenne annuelle 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien offshore) 53
Figure 5-29 $_{PM2,5}$ – Comparaison des moyennes annuelles (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien offshore)....54
Figure 5-30 NO2 - Valeurs moyennes annuelles 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet - parc éolien offshore, et en vert les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement) 55
Figure 5-31 $_{NO2}$ – comparaison des moyennes annuelles (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien , et en vert les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement) 56
Figure 5-32 $_{O3}$ – Valeur cible pour la santé et dépassements de la moyenne mobile sur 8 heures 57
Figure 5-33 Moyennes maximales de CO pour l'année 2022 (en rouge, la station la plus proche de la zone du projet – parc éolien éolien, et en vert la station la plus proche de la zone du projet – ouvrages de raccordement)....58
Figure 5-34 Géomorphologie et tectonique de la zone du projet 60
Figure 5-35 Bathymétrie de la zone marine du projet 62
Figure 5-36 a) carte morpho-bathymétrique du secteur côtier et du tracé du câble sous-marin (ECC, Export Cable Corridor) ; isobates tous les 2 m....64
Figure 5-37 Mosaïque (en haut) et rétrodiffusion MBES (en bas) de la zone d'étude 65
Figure 5-38 Carte des pentes 66
Figure 5-39 Géologie de la zone du projet 68

Figure 5-40 Carte de la dangerosité sismique du territoire italien – détail de la région Toscane. La zone du projet est entourée en rouge 74
Figure 5-41 Carte sismotectonique 76
Figure 5-42 Carte des risques de tsunami dans la zone du projet (a) et hauteur prévue des vagues (b) 77
Figure 5-43 Exemple d'enregistrement SBP dans le secteur 5-20 m WD 80
Figure 5-44 Exemple d'enregistrement SBP dans le secteur 20-50 m WD 80
Figure 5-45 Exemple d'enregistrement SBP dans le secteur 50-100 m WD 81
Figure 5-46 Exemple d'enregistrement SPK dans le secteur nearshore 82
Figure 5-47 Exemple générique d'enregistrement SBP le long de l'ECC non interprétée. 84
Figure 5-48 Exemple générique d'enregistrement SBP dans la zone OWF non interprétée. 85
Figure 5-49 Exemple générique d'enregistrement SPK le long de l'ECC non interprétée. 86
Figure 5-50 Exemple générique d'enregistrement SPK dans la zone OWF non interprétée. 86
Figure 5-51 Régime des courants dans la GSA 9 89
Figure 5-52 État écologique des eaux marines et côtières de la Toscane 90
Figure 5-53 État chimique des eaux marines et côtières de la Toscane 92
Figure 5-54 Stations d'échantillonnage côtières 93
Figure 5-55 Stations d'échantillonnage offshore 93
Figure 5-56 Concentrations des pigments chlorophylliens (Chla et phéopigments) dans la colonne d'eau exprimées en mg/m^3) 95
Figure 5-57 Concentrations totales d'azote et de phosphore dans la colonne d'eau. 96
Figure 5-58 Concentration de nitrates, nitrites et azote ammoniacal dans la colonne d'eau. 96
Figure 5-59 Concentrations de carbone organique total (COT) dans la colonne d'eau 97
Figure 5-60 Concentrations de pigments dans les stations échantillonnées 98
Figure 5-61 Concentrations totales d'azote et de phosphore dans la colonne d'eau. 99
Figure 5-62 Concentration de nitrates, nitrites et azote ammoniacal dans la colonne d'eau. 99
Figure 5-63 Concentrations de carbone organique total (COT) dans la colonne d'eau 100
Figure 5-64 Limites de l'échelle trophique et valeurs de référence correspondantes selon l'annexe 1 du décret législatif 258/00 101
Figure 5-65 Bassins hydrographiques de la Toscane 104
Figure 5-66 Réseau hydrographique Zone du projet 105
Figure 5-67 État écologique des eaux de surface 106
Figure 5-68 État chimique des eaux de surface 107
Figure 5-69 Qualité chimique des masses d'eau souterraines et des nappes phréatiques profondes 108
Figure 5-70 Relation entre les diamètres et la classe selon les méthodologies courantes et les définitions 110
Figure 5-71 Répartition spatiale des faciès granulométriques de la région toscane : 1) gravier et sable grossier ; 2) sable pélitique ; 3) argile ; 4) limon ; 5) limon sableux ; 6) sable moyen-fin ; 8) sable moyen-grossier 112
Figure 5-72 Type de fond marin dans la zone du projet 113
Figure 5-73 Types de sol 129
Figure 5-74 Couverture du sol dans la zone du projet 130
Figure 5-75 Diagramme du bruit environnemental sous-marin 132
Figure 5-76 Représentation graphique du bruit cumulé dû aux activités humaines en Méditerranée 133

Figure 5-77 Trafic maritime 134
Figure 5-78 Emplacement des récepteurs identifiés dans la zone d'étude – parc éolien.....138
Figure 5-79 Emplacement des récepteurs identifiés dans la zone d'étude – Travaux connexes.....140
Figure 5-80 Plan de zonage acoustique de la commune de Rosignano Marittimo.....142
Figure 5-81 Plan de zonage acoustique de la commune de Castellina Marittima 143
Figure 5-82 Plan de zonage acoustique des communes concernées par les travaux connexes 144
Figure 5-83 Installations de téléphonie mobile, Rosignano Marittimo 150
Figure 5-84 Localisation des anomalies magnétiques dans la zone côtière 152
Figure 5-85 Répartition des contacts MAG détectés dans la zone offshore.....153
Figure 5-86 Principales biocénoses présentes dans la zone Vasta 156
Figure 5-87 Localisation des banquettes de Posidonia o. sur le littoral toscan.....158
Figure 5-88 Formations coralligènes en Méditerranée orientale ; 160
Figure 5-89 Niveaux d'impact sur le coralligène dans les localités observées ; L = faible, I = intermédiaire, H = élevé 161
Figure 5-90 Coraux profonds à proximité du parc éolien 162
Figure 5-91 Coraux profonds à proximité d'une canalisation 163
Figure 5-92 Transects ROV zone côtière.....164
Figure 5-93 Habitats présents dans la zone concernée par le projet 166
Figure 5-94 Localisation des EBSA avec un accent particulier sur la mer Tyrrhénienne.....173
Figure 5-95 EQB relatifs à l'indice de biomasse phytoplanctonique (chlorophylle a) et classe de qualité écologique correspondante - Année 2019 175
Figure 5-96 Densités cellulaires totales (cellules L^{-1}) réparties entre les principales classes de populations phytoplanctoniques dans les trois stations côtières étudiées.....177
Figure 5-97 Densité cellulaire totale (cellules L^{-1}). 177
Figure 5-98 Données moyennes de concentration du zooplancton pour chaque station surveillée (à gauche) et évolution temporelle du zooplancton au cours des années d'échantillonnage (à droite). FM = embouchure du Morto, FA = embouchure de l'Arno, AT = Antignano, CS = Castagneto, CR = Carbonifera, EB = Elba, FO = embouchure de l'Ombrone. 179
Figure 5-99 Abondance des espèces pélagiques débarquées dans le port de Viareggio.....184
Figure 5-100 Relevé des grands poissons cartilagineux.....185
Figure 5-101 Répartition géographique des découvertes de C. maximus par saison en mer Méditerranée.....186
Figure 5-102 Fonds marins avec faciès à L. Phalangium dans la GSA 09 188
Figure 5-103 Zones de nurserie pour (a) M. merluccius (b) M. barbatus et (c) P. longilostris.....190
Figure 5-104 Zones de nurserie pour les principales espèces cibles pêchées dans la GSA 09.....191
Figure 5-105 Indice de biomasse du poulpe moscardino (E. cirrhosa) dans la GSA 09. Données MEDITS pour la période 1994-2015 192
Figure 5-106 Indice de biomasse du calmar commun (I. coindetii) dans la GSA 9. Données MEDITS pour la période 1994-2015 193
Figure 5-107 Indice de biomasse de la crevette rouge (A. foliacea) dans la GSA 9. Données MEDITS pour la période 1994-2015 193
Figure 5-108 Indice de biomasse de la crevette violette (A. antennatus) dans la GSA 9. Données MEDITS pour la période 1994-2015 194

Figure 5-109 Caretta caretta 200
Figure 5-110 Parcours d'un spécimen de Caretta caretta après la ponte. 202
Figure 5-111 Fréquence par province des échouages recensés en Toscane en 2022 203
Figure 5-112 Chelonia mydas 204
Figure 5-113 Carte indiquant l'emplacement des échouages/observations de tortues vertes dans les eaux italiennes. Les symboles noirs indiquent les endroits où les tortues mortes se sont échouées, les symboles gris les endroits où les tortues ont été trouvées vivantes. 205
Figure 5-114 Dermochelys coriacea 205
Figure 5-115 Répartition géographique des signalements de Dermochelys coriacea en Méditerranée. La taille des cercles représente le nombre d'enregistrements. 206
Figure 5-116 Zone couverte par l'étude 207
Figure 5-117 Schématisation des principales routes migratoires des rapaces avant la reproduction à travers la Toscane 210
Figure 5-118 Schématisation des principales routes de migration des rapaces post-reproductifs à travers la Toscane 211
Figure 5-119 Zone couverte par l'enquête 212
Figure 5-120 Pourcentage d'individus observés et nombre de contacts effectués au cours des 4 saisons de surveillance 213
Figure 5-121 Localisation des contacts des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance hivernale. 214
Figure 5-122 Images illustrant les observations de Fratercula arctica (à gauche) et d'Hydrocoleus minutus (à droite) effectuées pendant la campagne hivernale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis. 214
Figure 5-123 Localisation des contacts des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance printanière. 215
Figure 5-124 Exemples d'images des observations de Calonectris diomedea (à gauche) et de Puffinus yelkouan (à droite) effectuées lors de la campagne de surveillance printanière du parc éolien offshore flottant Atis. 215
Figure 5-125 Localisation des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance estivale. 216
Figure 5-126 Images illustrant les observations de Sterna hirundo (à gauche) et de Calonectris diomedea (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis. 216
Figure 5-127 Localisation des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance d'automne 217
Figure 5-128 Exemples d'images des observations de Falco tinnunculus (à gauche) et de Larus michahellis (à droite) effectuées lors de la campagne de surveillance automnale du parc éolien offshore flottant Atis. 217
Figure 5-129 Abondance estimée de Ziphius cavirostris dans la mer Méditerranée. La zone étendue est entourée en rouge. 220
Figure 5-130 Répartition des observations et des espèces de cétacés 221
Figure 5-131 Zone couverte par l'étude 222
Figure 5-132 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance hivernale 224

Figure 5-133 Images illustrant les observations de S. Coeruleoalba (à gauche) et de B. physalus (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis. 224
Figure 5-134 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance printanière 225
Figure 5-135 Images illustrant les observations de S. Coeruleoalba (à gauche) et de D. delphis (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis. 226
Figure 5-136 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance estivale. 227
Figure 5-137 Exemples d'images des observations de Tursiops truncatus (à gauche) et Stenella coerulealba (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis. 227
Figure 5-138 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance automnale....228
Figure 5-139 Images illustrant les observations de Tursiops truncatus (à gauche) et de Stenella coeruleoalba effectuées pendant la campagne de surveillance automnale du parc éolien offshore flottant Atis. 229
Figure 5-140 Images illustrant l'observation de Balaenoptera physalus effectuée lors de la campagne de surveillance automnale du parc éolien offshore flottant Atis. 229
Figure 5-141 Monachus monachus. 230
Figure 5-142 Nombre d'observations de phoques moines dans le bassin méditerranéen (à l'exception de la Grèce et de la Turquie) entre 2000 et 2014. La zone Vasta est entourée en rouge 231
Figure 5-143 Zone couverte par l'enquête. 232
Figure 5-144 Carte des habitats 234
Figure 5-145 : Répartition en Toscane des forêts de sclérophylles à feuilles persistantes et des forêts de feuillus à feuilles caduques. Les forêts à dominance d'espèces à feuilles persistantes sont indiquées en rouge et celles à dominance d'espèces à feuilles caduques en vert. 235
Figure 5-146 Catégories d'espèces présentes dans l'archipel toscan (actuellement). 236
Figure 5-147 Endémismes et espèces rares de mammifères en Toscane 238
Figure 5-148 Espèces de mammifères répertoriées dans les îles italiennes 239
Figure 5-149 Refuges de la faune chiroptéenne en Toscane 247
Figure 5-150 Répartition et état de conservation du chauve-souris Myotis capaccinii au cours de la période 2013-2018. 248
Figure 5-151 Nombre d'espèces exotiques envahissantes d'importance communautaire gérées et non gérées dans chaque région/province autonome (données relatives à la période 2016-2018) 255
Figure 5-152 Nombre d'espèces exotiques enregistrées dans les hotspots le long de la côte italienne. 256
Figure 5-153 Propagation de Caulerpa racemosa en mer Méditerranée. 257
Figure 5-154 Caulerpa cylindracea (vert clair) à proximité d'une prairie de Posidonia oceanica (vert foncé) 258
Figure 5-155 : Zones naturelles protégées et Natura 2000 dans la zone Vasta - secteur offshore 268
Figure 5-156 Zones naturelles protégées et Natura 2000 dans la zone vaste - secteur côtier 269
Figure 5-157 Zones Natura 2000 dans la zone d'atterrage du conduit 270
Figure 5-158 Zones d'importance pour l'avifaune - Zone du projet 274
Figure 5-159 Zones importantes pour l'avifaune – Ouvrages connexes 275
Figure 5-160 Zones clés pour la biodiversité (KBA) à proximité de la zone du projet 276

Figure 5-161 Site Ramsar le plus proche du projet....278
Figure 5-162 Sites d'intérêt archéologique et présence d'épaves....282
Figure 5-163 Points de découvertes archéologiques....285
Figure 5-164 Population de la province de Livourne par âge, sexe et état civil, 2023....295
Figure 5-165 Population de la commune de Rosignano Marittimo par âge, sexe et état civil, 2023....296
Figure 5-166 Évolution de la population résidente de Rosignano Marittimo, 2001-2022....296
Figure 5-167 Composition des déchets urbains collectés en 2022....305
Figure 5-168 Carte récapitulative des routes – Autoroutes de la région Toscane....307
Figure 5-169 Réseau routier à proximité des travaux du projet....309
Figure 5-170 Réseau R.F.I en Toscane....311
Figure 5-171 Cadrage des travaux du projet par rapport au réseau ferroviaire de la zone concernée....312
Figure 5-172 Activités de pêche au chalut....315
Figure 5-173 Activités de pêche à la palangre dérivante....316
Figure 5-174 Activité de pêche au filet tournant....317
Figure 5-175 : Activité de pêche de la flotte de chalutiers dans la ZGP 09....318
Figure 5-176 : Merlu – GSA 9....319
Figure 5-177 Rouget de vase – GSA9....320
Figure 5-178 Rouget de roche – GSA 09....321
Figure 5-179 Écrevisse – GSA 09....322
Figure 5-180 Crevette rose – GSA 09....323
Figure 5-181 Localisation géographique des installations aquacoles en Toscane....325
Figure 5-182 Principales caractéristiques de navigation....326
Figure 5-183 Densité du trafic maritime dans la zone du projet....327
Figure 5-184 Trafic maritime par saison....328
Figure 5-185 Trafic maritime par vitesse....329
Figure 5-186 Trafic maritime par taille....330
Figure 5-187 Trafic maritime par type de navire....331
Figure 5-188 Trafic maritime des pétroliers....332
Figure 5-189 Trafic maritime des remorqueurs et des bateaux de service....333
Figure 5-190 Trafic maritime des bateaux de pêche....334
Figure 5-191 Trafic maritime des bateaux de plaisance....335
Figure 5-192 Trafic maritime des bateaux de croisière....336
Figure 5-193 Trafic maritime des ferries....337
Figure 5-194 Lignes de liaison maritime dans la région Toscane....338
Figure 5-195 Arrivées et présences en Toscane 2022/2023....339
Figure 5-196 Répartition annuelle moyenne des points d'intérêt par province....340
Figure 5-197 Présences et arrivées sur la Côte des Étrusques 2022/2023....340
Figure 5-198 Structure de la demande et de la production d'énergie en Toscane – Année 2020....342
Figure 5-199 Budget régional de la Toscane – Année 2022....343
Figure 5-200 Demande énergétique dans la région Toscane.....344

Liste des tableaux

Tableau 5-1 Type et emplacement de la station météorologique incluse dans l'analyse des données de température 25
Tableau 5-2 Variation en % des précipitations et du nombre de jours de pluie entre 1955 et 2022 (les caractères en gras indiquent les tendances statistiquement significatives). 30
Tableau 5-3 Type et emplacement des stations météorologiques incluses dans l'analyse des données anémométriques.....32
Tableau 5-4 Limites légales relatives à l'exposition aiguë.....47
Tableau 5-5 Limites légales relatives à l'exposition chronique 48
Tableau 5-6 Stations incluses dans l'analyse de la qualité de l'air et polluants surveillés correspondants 50
Tableau 5-7 Nutriments analysés avec les méthodes de référence correspondantes et les limites de détection 94
Tableau 5-8 Concentrations des pigments et sels nutritifs dans la colonne d'eau.....94
Tableau 5-9 Concentrations des pigments et sels nutritifs dans la colonne d'eau.....97
Tableau 5-10 Valeurs TRIX et état environnemental correspondant déterminé conformément à l'annexe 1 du décret législatif 258/00 101
Tableau 5-11 Valeurs TRIX et état environnemental correspondant déterminé conformément à l'annexe 1 du décret législatif 258/00 102
Tableau 5-12 Analyse granulométrique au passage (fractions exprimées en grammes) de la zone littorale.....115
Tableau 5-13 Analyse granulométrique au passage (fractions exprimées en grammes) de la zone offshore.....115
Tableau 5-14 Analyse de la couleur selon l'échelle MUNSELL en zone littorale 115
Tableau 5-15 Analyse de la couleur selon l'échelle MUNSELL offshore.....116
Tableau 5-16 Substances prioritaires à rechercher dans les sédiments 117
Tableau 5-17 État chimique des sédiments 2008-2022 119
Tableau 5-18 Essai de toxicité chronique avec Acartia tonsa. 122
Tableau 5-19 Essai biologique avec P. tricornutum 122
Tableau 5-20 Essai biologique Vibrio fischeri (phase solide) 123
Tableau 5-21 Essai de toxicité chronique avec Acartia tonsa. 123
Tableau 5-22 Essai biologique avec P. tricornutum 124
Tableau 5-23 Essai biologique Vibrio fischeri (phase solide) 124
Tableau 5-24 Estimation nationale pour la période 2021-2022 de la consommation annuelle de sol.....125
Tableau 5-25 Sol consommé par région pédologique.....126
Tableau 5-26 Sol consommé par unité physiographique.....127
Tableau 5-27 Répartition en hectares de la consommation de sol entre 2017 et 2022 en Toscane.....128
Tableau 5-28 Résultats de la campagne expérimentale – parc éolien 141
Tableau 5-29 Résultats de la campagne expérimentale – Travaux connexes.....141
Tableau 5-30 : Liste des installations de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique dans la zone élargie. 149
Tableau 5-31 Taxons observés dans les analyses de la communauté macrozoobenthosique dans les stations échantillonnées à proximité du littoral
. 167
Tableau 5-32 Taxons relevés dans les analyses de la communauté macrozoobenthosique dans les stations échantillonnées168
Tableau 5-33 Taxons relevés dans les analyses de la communauté zooplanctonique sur les stations considérées exprimés en nombre d'individus/m³ 180

Tableau 5-34 Taxons relevés dans les analyses de la communauté zooplanctonique sur les stations considérées, exprimés en nombre d'individus/m3 181
Tableau 5-35 Liste des espèces identifiées dans la zone littorale présentes en Méditerranée par station et position taxonomique. 196
Tableau 5-36 Liste des espèces identifiées dans la zone offshore présentes en Méditerranée par station et position 198
Tableau 5-37 Observations d'exemplaires de tortues Caretta Caretta en Toscane. Années 2012-2022 203
Tableau 5-38 Synthèse des activités de surveillance avec indication de l'effort d'échantillonnage en milles marins parcourus, des heures d'enregistrement acoustique, de la date d'échantillonnage, des espèces observées, du nombre d'individus et de la profondeur à laquelle ils ont été observés. 223
Tableau 5-39 Espèces d'amphibiens et de reptiles présentes en Toscane et leur état de conservation 242
Tableau 5-40 Espèces de lépidoptères protégées en Toscane 244
Tableau 5-41 Espèces de chiroptères présentes en Italie 245
Tableau 5-42 Liste des espèces protégées et d'intérêt conservationniste, tant marines que terrestres, présentes dans la zone Vasta 250
Tableau 5-43 Zones protégées et sites Natura 2000 proches du projet et distance correspondante 271
Tableau 5-44 Sites d'intérêt archéologique identifiés avec certitude au cours des activités d'inspection en mer 286
Tableau 5-45 Fiche MOSI pour les 15 sites situés dans la zone d'installation des éoliennes 290
Tableau 5-46 Détermination du degré de potentiel archéologique selon les paramètres du modèle GNA 291
Tableau 5-47 Détermination du degré de risque archéologique selon les paramètres du modèle GNA 293
Tableau 5-48 Espérance de vie à la naissance et variations absolues par sexe et région de résidence (années 2017-2021) 298
Tableau 5-49 Principales causes de décès au niveau national, régional et provincial (valeurs absolues) – Années 2010 et 2019 299
Tableau 5-50 Production totale de déchets urbains pour la région Toscane en tonnes, sur une période allant de 2018 à 2022 304
Tableau 5-51 Production par habitant de déchets urbains pour la région Toscane en kg/habitant*an, sur une période allant de 2018 à 2022 304
Tableau 5-52 Pourcentages de tri sélectif des déchets urbains pour la région Toscane, sur une période allant de 2018 à 2022 305
Tableau 5-53 Quantité de déchets spéciaux co-incinérés, pour la région Toscane (tonnes) 306
Tableau 5-54 Quantité de déchets spéciaux incinérés, pour la région Toscane (tonnes) 306
Tableau 5-55 Déchets spéciaux mis en décharge, par catégorie (tonnes) 307
Tableau 5-56 Extension des autoroutes sur le territoire toscan 308
Tableau 5-57 Mouvements touristiques dans les établissements d'hébergement de la province de Livourne (2022) 341

Abréviations et symboles

Abréviations	
AAE-1	Asie-Afrique-Europe 1

Abréviations	
AIS	Courant Atlantique-Ionien
AOT	Exposition cumulée à l'ozone supérieure à un seuil de 40 ppb
AW	Eaux atlantiques
AW-a	Circulation superficielle annuelle des eaux modifiées d'origine atlantique
AW-s	Circulation superficielle saisonnière des eaux modifiées d'origine atlantique
CDS	Échantillonnage à distance conventionnel
CGPM	Conférence générale pour la pêche en Méditerranée
CR	Gravement menacé
CTD	Conductivité. Températures, profondeur (depth)
D.M	Décret ministériel
dB	Décibel
dB(A)	Décibel exprimé avec pondération A
ECC	Export Cable Corridor
ECV	Variables climatiques essentielles
eDNA	ADN environnemental
EMDW	Eaux profondes de la Méditerranée orientale
EN	En danger
EQB	Éléments de qualité biologique
FOSS	Sous-stations flottantes offshore
GCOS	Système mondial d'observation du climat
HAB	Prolifération d'algues nuisibles
IAC	Câbles inter-réseaux
IBA	Zone importante pour la conservation des oiseaux
ICBP	Conseil international pour la protection des oiseaux
IPA	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
JTB	Joint Transition Bay
km/km2	Kilomètres/Kilomètres carrés
kW	Kilowatts
LC	Longueur de la carapace
Leq	Niveau continu équivalent
LIW	Eaux intermédiaires levantines

Abréviations	
LOQ	Limite de quantification
LT	Longueur totale
m	Mètres
MASE	Ministère de l'Environnement et de la Protection du territoire et de la mer
MAW	Eau atlantique modifiée
MBES	Sondeur multifaisceaux
MMO	Observateurs de mammifères marins
MW	Mégawatt
NADW	Eaux profondes de l'Atlantique Nord
nm	milles marins
NT	Quasi à risque
SS	Sous-station électrique terrestre
OWF	Éolien offshore
PAM	Surveillance acoustique passive
PCB	Polychlorobiphényles
PPTR	Plan régional d'aménagement du territoire
PRQA	Plan régional pour la qualité de l'air ambiant
PTHA	Analyse probabiliste des risques de tsunami
RF	Ondes électromagnétiques à haute fréquence
RMN	Réseau national de marégraphes
ROV	Véhicule télécommandé
RQE	Rapport de qualité écologique
RRQA	Réseau de surveillance de la qualité de l'air
SBP	Profilomètre sous-marin
SE	Station électrique
SIC	Sites d'intérêt communautaire
SPK	Sparker Profiler
TOC	Forage horizontal contrôlé
T.O.C.	Carbone organique total
TPL	Transports publics locaux
VIA	Évaluation de l'impact environnemental
COV	Composés organiques volatils

Abréviations	
VU	Vulnérable
ZEE	Zone économique exclusive
ZPS	Zones de protection spéciale
ZSC	Zones spéciales de conservation

5 Description de l'état actuel de l'environnement

5.1 Cadre général et introduction

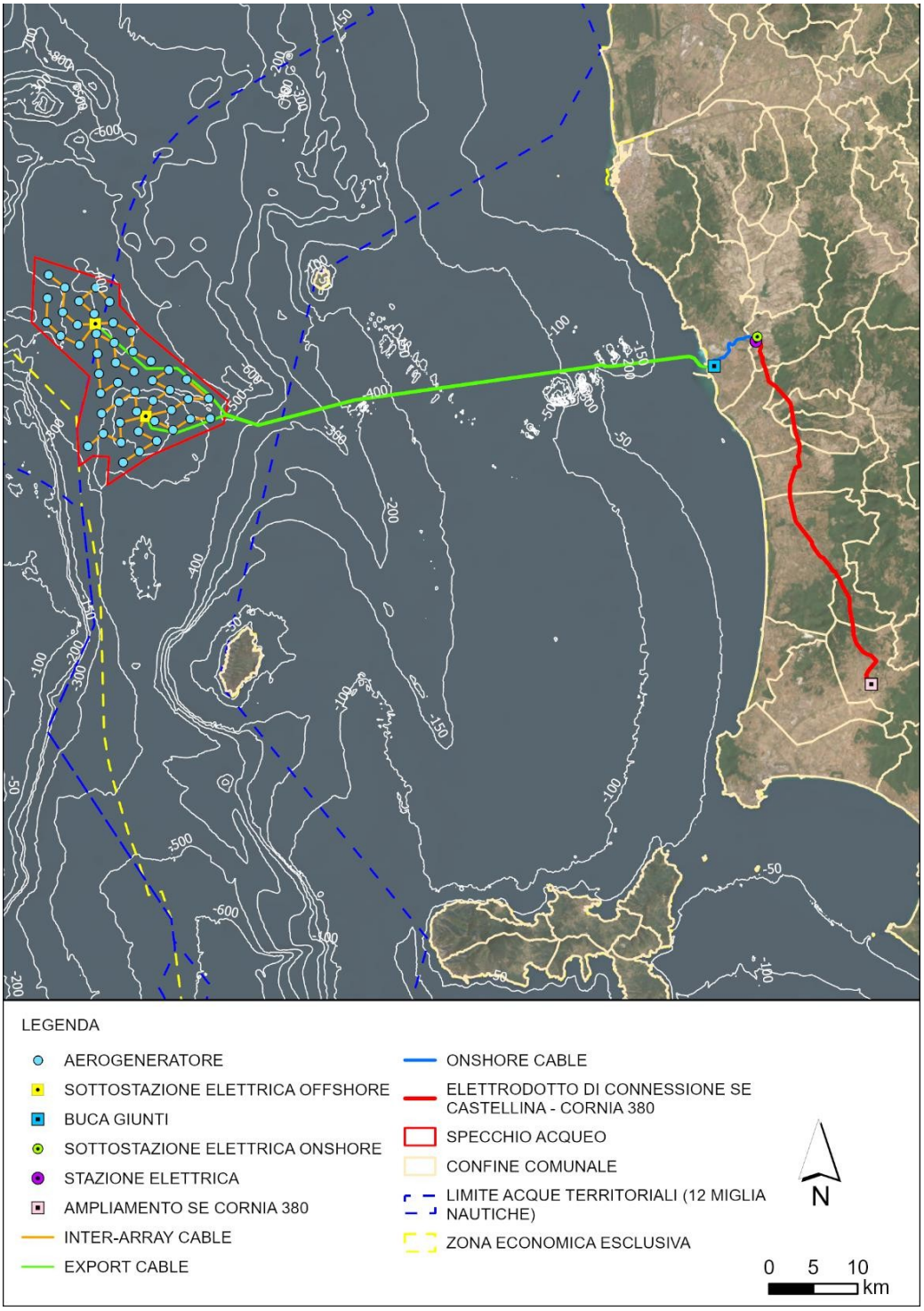
Comme indiqué dans le chapitre introductif, le projet « Atis » concerne la réalisation d'un parc éolien offshore flottant dans les eaux de la mer Ligure et, plus précisément, dans une zone cartographiée par les coordonnées barycentriques (43° 17' 51"N, 9° 38' 19"E) dans le système de référence WGS84-UTM zone 32N. La zone du site d'installation présente une profondeur de fond comprise entre -250 et -630 m au-dessus du niveau de la mer et se trouve à environ 17 km de l'île de Gorgona, 22 km de l'île de Capraia et 55 km des côtes de la Toscane continentale (en prenant comme référence la côte de Calafuria, dans la province de Livourne). La figure 5-1 présente le cadre géographique des travaux avec indication des principaux éléments du projet.

Le projet, qui s'étend sur une superficie d'environ 264 $^{km^2}$, prévoit, dans sa partie offshore (figure 5-2), l'installation de 48 éoliennes flottantes, d'une puissance de 18 MW chacune, pour une capacité totale de 864 MW. Les éoliennes seront reliées par une série de câbles sous-marins (IAC
- Câble inter-réseaux) vers deux sous-stations électriques flottantes offshore (FOSS - Floating Offshore substation). À partir des deux FOSS, quatre câbles (EC – Export cable) seront posés, deux pour chaque sous-station, afin de transporter l'énergie électrique produite jusqu'à la zone d'atterrage dans la commune de Rosignano Marittimo (LI). De là, l'énergie sera transportée via un conduit souterrain à terre jusqu'à la sous-station utilisateur pour être connectée au réseau national de transport d'électricité (RTN), selon les modalités prévues par TERNA (Figure 5-2 et Figure 5-3, voir le Tableau 33 pour plus de détails « Layout Parco Eolico Atis [ATI-AMB-VIA-LAYOUT-D33-00] »).

Le promoteur est également chef de file des tables rondes techniques organisées par TERNA dans le cadre du STMG délivré pour le projet et pour la solution de connexion de différentes installations FER, dont le projet Atis. Pour cette raison, la demande d'EIE et l'ensemble de la procédure d'autorisation comprennent non seulement les travaux strictement liés au projet offshore et les travaux connexes, mais aussi une série de travaux de connexion requis dans le STMG, qui seront réalisés par TERNA pour l'extension du réseau local. Ces travaux comprennent notamment une ligne électrique de 380 kV (en grande partie aérienne) qui reliera la nouvelle sous-station de Castellina Marittima, à laquelle sera raccordée la centrale éolienne flottante, et la sous-station existante de Cornia 132 kV, dont l'extension à 380 kV est prévue. Les travaux, qui ont fait l'objet de trois tables rondes techniques lancées par TERNA et dans lesquelles le promoteur a assumé le rôle de chef de file, permettront également à d'autres producteurs d'électricité de se connecter au réseau national.

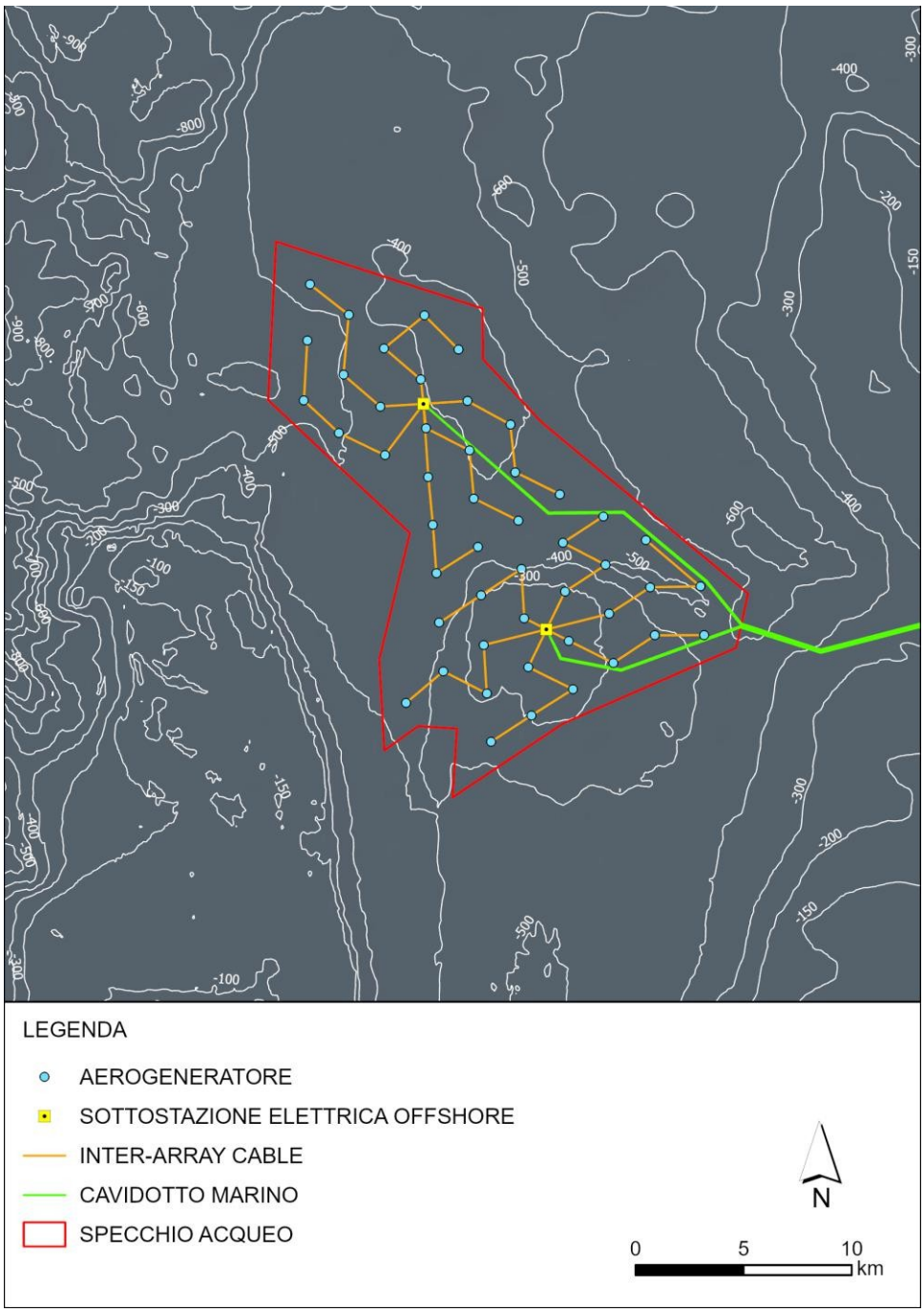
Le projet a été développé en tenant compte des meilleures technologies émergentes dans le domaine de l'éolien offshore flottant, y compris les détails essentiels et pertinents pour évaluer les impacts potentiels et vérifier la compatibilité environnementale. Au cours de la phase d'exécution, la conception sera optimisée et tiendra compte de la disponibilité commerciale des éléments au moment de la construction.

Figure 5-1 Vue d'ensemble du parc éolien offshore Atis



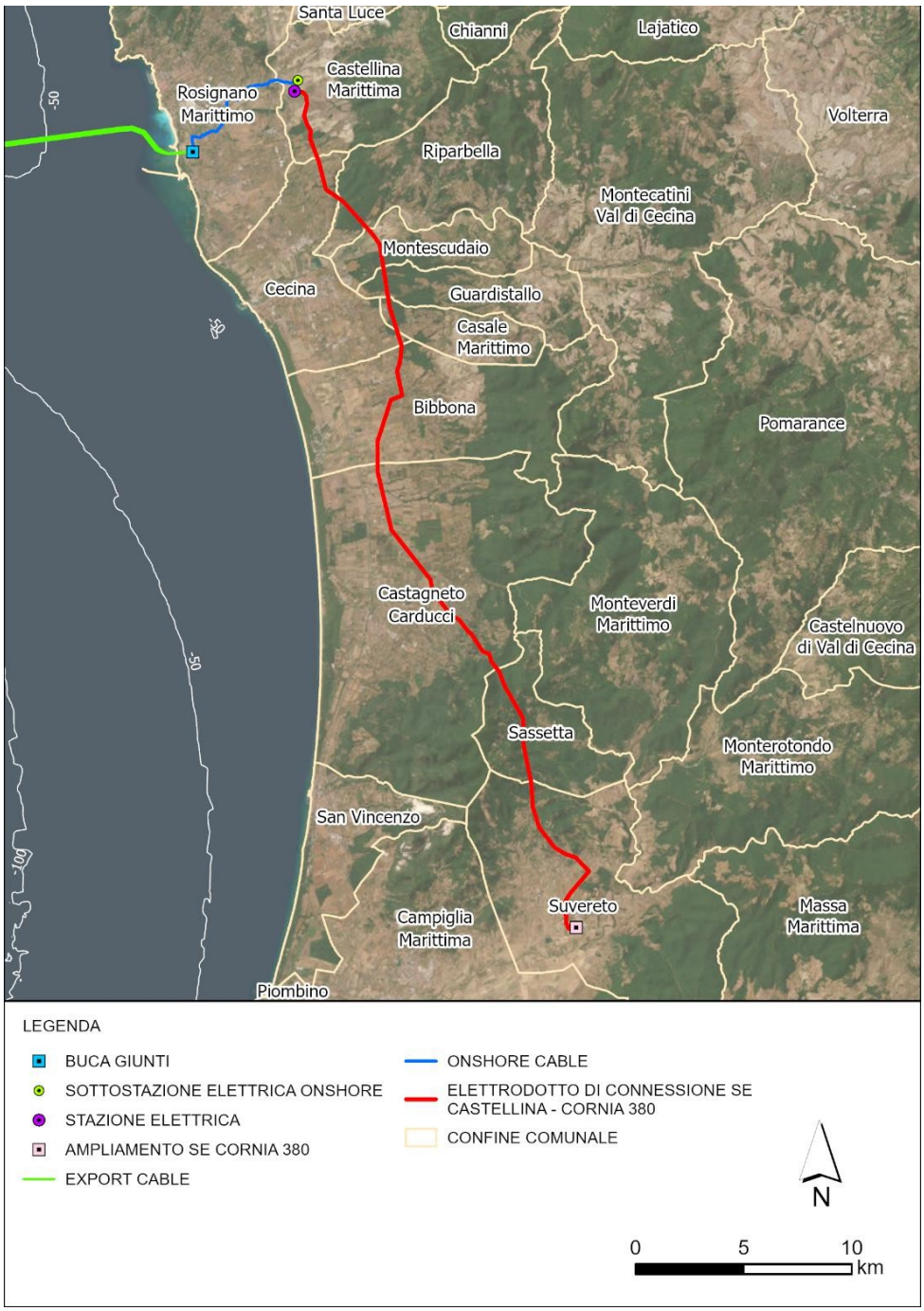
Source : Élaboration ERM, 2024 sur la base du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Figure 5-2 Plan du projet offshore



Source : Élaboration ERM, 2024 sur la configuration du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Figure 5-3 Plan onshore du projet et des travaux connexes TERNA



Source : Élaboration ERM, 2024 sur la configuration du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Plus précisément, les principaux composants du parc éolien du projet se répartissent comme suit :

TRAVAUX DU PROJET

- **Parc éolien offshore (OWF - Offshore Wind Farm)**

  Il s'agit du système qui permet aux éoliennes situées en mer d'exploiter l'énergie cinétique du vent, de la convertir en énergie électrique et de la transporter vers la terre ferme. Ses principaux composants sont les suivants :

  - 48 éoliennes flottantes offshore (FOWT - Floating offshore wind turbine), chacune intégrée à une fondation flottante ancrée au fond marin ;
  - 2 sous-stations électriques marines flottantes (FOSS - Floating offshore substations), également installées sur des fondations flottantes ancrées au fond marin ;
  - des câbles inter-réseaux (IAC), câbles sous-marins reliant les turbines entre elles pour transporter l'électricité produite vers les sous-stations électriques offshore ;
  - n.4 câbles d'exportation (EC), câbles sous-marins pour le transport de l'énergie de la sous-station offshore vers la côte, dont le dernier tronçon, d'environ 2078 m, sera réalisé par forage horizontal contrôlé (TOC).

- **Atterrage ou « landfall »**

  Zone à l'interface onshore/offshore où la configuration des câbles de type marin (EC) est convertie en câbles de type terrestre fonctionnant à la même tension. La zone d'atterrage consiste en une baie de jonction (TJB - Transition Joint Bay), essentielle pour garantir la sécurité, la fiabilité et l'efficacité des connexions électriques entre les turbines et, de manière générale, tous les composants en mer et les sous-stations, c'est-à-dire les composants à terre.

- **Infrastructure onshore**

  Composants de l'installation réalisés à terre nécessaires à la connexion du projet au réseau électrique national. Les infrastructures terrestres se composent de :

  - 4 conduites terrestres de 220 kV (OC – Onshore cable), câbles enterrés principalement le long des voies existantes qui relient la chambre de jonction à la sous-station utilisateur ;
  - n. 1 station utilisateur, ou sous-station électrique (OSS – Onshore sub-station), dans laquelle la tension est élevée de 220 kV à 380 kV pour connecter le projet au réseau national de transport (RTN) ;
  - n. 2 conduites terrestres 380 kV OC – Onshore cable), câbles enterrés principalement le long des voies de circulation existantes qui transportent l'énergie de l'OSS à la station électrique ;
  - n° 1 poste électrique de transformation 380 kV (SE) dénommé « Castellina Marittima 380/120 kV ». Il est précisé que la station électrique est incluse dans les travaux du projet en tant que point de livraison de l'énergie produite, mais qu'il s'agit d'une installation de réseau appartenant à TERNA. Cette subdivision est établie par la Solution Technique Minimale Générale (STMG) qui précise que l'installation de l'utilisateur

se termine avec le câble 380 kV arrivant à la station électrique, excluant ainsi cette dernière de la responsabilité des travaux d'utilisation ».

TRAVAUX CONNEXES TERNA

La STMG pour le raccordement de l'infrastructure au réseau de transport national (RTN) prévoit le raccordement « en antenne à 380 kV sur une nouvelle station électrique (SE) RTN 380/132 kV (SE Castellina Marittima 380/132 kV) à insérer en entrée-sortie sur la ligne RTN à 380 kV « Rosignano – Acciaiolo », après la réalisation des infrastructures suivantes, définies comme « travaux connexes » :

- **Agrandissement de la SE Cornia 132 kV**

  Agrandissement de la station de triage Cornia 132 kV, actuellement en cours d'autorisation par un autre producteur, grâce à la construction d'une nouvelle station de transformation « Cornia 380 » (380 kV) à insérer en entrée-sortie sur la ligne RTN à 380 kV « Suvereto-Piombino » conformément au STMG élaboré par TERNA.

- **Ligne électrique de connexion SE Castellina 380 kV - SE Cornia 380 kV**

  Nouvelle ligne électrique RTN à 380 kV entre la sous-station RTN susmentionnée et une nouvelle sous-station RTN à 380 kV (future sous-station « Cornia 380 ») à insérer dans l'entrée-sortie de la ligne RTN à 380 kV « Suvereto-Piombino ». La solution prévue consiste en une ligne principalement aérienne réalisée selon le projet unifié TERNA, c'est-à-dire avec des supports en treillis tronconiques et un conducteur ACSR 31,5 mm de type tressé.

Les paragraphes suivants analysent les caractéristiques et les niveaux actuels de qualité des matrices environnementales potentiellement concernées par le projet. Les composantes environnementales analysées dans les paragraphes suivants sont les suivantes :

- conditions météorologiques ;
- qualité de l'air ;
- géologie et géomorphologie ;
- hydrologie (environnement marin et terrestre) ;
- biodiversité (zones protégées, réseau écologique régional, biodiversité marine et terrestre) ;
- pêche ;
- trafic maritime ;
- paysage, patrimoine culturel et archéologique ;
- population et santé publique ;
- activités, structures et infrastructures dans la zone.

5.2 Identification de la zone du projet

La zone du projet offshore couvre une superficie d'environ 264 km^2, s'étendant sur une longueur d'environ 24 km parallèlement à la ligne de côte et sur environ 21 km transversalement à la ligne de côte.

Le système de câbles offshore (câbles d'exportation) arrive dans la commune de Rosignano Marittimo (LI) et se dirige vers la sous-station utilisateur pour la connexion au réseau national de transport d'électricité (RTN), selon les modalités décrites dans le paragraphe précédent. En outre, le projet comprend la réalisation d'une série d'ouvrages de raccordement, comme indiqué dans le STMG, et plus précisément d'une ligne électrique (en grande partie aérienne) qui reliera les sous-stations de Castellina Marittima et Cornia, intégrant le système de transport de l'électricité produite par les turbines offshore au réseau de distribution national, ainsi que l'extension de l'actuelle sous-station Cornia 132 (future Cornia 380).

La particularité du projet, qui, au cours des différentes phases de son cycle de vie (construction, exploitation, démantèlement), touche différents aspects environnementaux et sociaux liés aux composants offshore et onshore, rend difficile la définition univoque de la zone de référence.

Le décret législatif 152/2006 et ses modifications ultérieures exigent la description de l'état de base des composants concernés pour les zones géographiques potentiellement touchées par les effets du projet ; dans la présente étude, deux zones ont été prises en considération, une zone de projet et une zone étendue, définies sur la base des normes techniques SNPA (SNPA, 2020). Compte tenu de ce qui précède, les définitions suivantes ont été introduites :

- Zone du projet - parc éolien offshore, qui correspond à la zone où sera installé le parc éolien offshore (y compris la zone offshore caractérisée par la présence d'éoliennes, de FOSS, des câbles marins de raccordement correspondants et de la partie terrestre des éléments du projet) ;
- Zone du projet - Travaux connexes, qui correspond à la connexion électrique Castellina-Cornea et à l'extension SE Cornia ;
- Zone étendue, qui est définie en fonction de l'ampleur prévue des impacts générés et de la sensibilité des composantes environnementales concernées.

En général, la zone étendue comprend la zone du projet et le corridor d'étude des ouvrages linéaires liés au projet (corridor d'environ 1 à 2 km de côté). Font exception :

- la composante paysage, pour laquelle la zone élargie s'étend sur un rayon d'environ 20 km autour de la zone du projet pour les composantes terrestres et d'environ 50 à 60 km pour les composantes offshore, en raison de la visibilité potentielle des éoliennes depuis la côte et les zones vallonnées situées derrière ;
- la composante trafic maritime et la composante socio-économique, pour lesquelles la zone étendue s'étend jusqu'à l'échelle provinciale-régionale.

Dans la section offshore, la zone du projet correspond à l'empreinte de toutes les structures offshore du projet (parc éolien et câbles marins). Une zone tampon variable de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres a généralement été appliquée à cette empreinte, en fonction de la composante environnementale examinée dans la zone économique exclusive (ZEE) italienne.

En ce qui concerne la section onshore, la zone du projet - parc éolien marin correspond à l'empreinte du projet onshore (débarcadère, canalisation terrestre et stations utilisateur) à laquelle a généralement été ajoutée une zone tampon variable de quelques mètres à quelques kilomètres, en fonction de la composante environnementale examinée.

En outre, la zone du projet - travaux connexes comprend la ligne électrique de connexion SE Castellina 380 kV - SE Cornia 380 kV et l'extension de la SE Cornia 132 kV. À l'empreinte de ces travaux s'ajoute généralement une zone tampon variable de quelques mètres à quelques kilomètres, en fonction de la composante environnementale examinée.

L'extension de la zone vaste, tant pour la section offshore que pour la section onshore, est également variable en fonction de la composante spécifique et s'étend généralement à quelques kilomètres autour de la zone du projet.

En ce qui concerne les composantes sociales, la définition de la zone du projet et de la zone élargie s'est référée aux subdivisions administratives prévues par la législation italienne, car ce sont les unités pour lesquelles les données statistiques sont généralement collectées et mises à disposition. Nous avons essayé d'utiliser des données aussi détaillées que possible, c'est-à-dire des données au niveau communal et, lorsqu'elles n'étaient pas disponibles, des données au niveau provincial ou régional. Dans la mesure du possible, nous avons également essayé de comparer les données aux différents niveaux administratifs, afin de mettre en évidence les similitudes et les différences dans les dynamiques en cours sur le territoire élargi dans lequel s'inscrit le projet.

L'étendue de la zone du projet et de la zone élargie, qui varie d'un élément à l'autre, est indiquée au début de la présentation de chaque élément environnemental et social.

5.3 Conditions météorologiques et climatiques

Les données présentées dans cette section fournissent un aperçu général des conditions météorologiques et climatiques de la zone
du projet.

Pour représenter la température et les données pluviométriques de la zone terrestre, sur la base des informations contenues dans le système national de collecte, de traitement et de diffusion des données climatiques d'intérêt environnemental (Système national de collecte, de traitement et de diffusion des données climatiques d'intérêt environnemental, ISPRA 2024), la station météorologique la plus proche de la zone du projet - parc éolien offshore - est celle de Livourne (code station 70011), située à environ 0 m au-dessus du niveau de la mer, dans le port de Livourne, à une distance d'environ 50 km du parc éolien et d'environ 25 km du point d'arrivée du câble sous-marin. La station météorologique la plus proche de la zone du projet - travaux de raccordement - est quant à elle celle de Suvereto.

En ce qui concerne la température de l'air et de l'eau dans la zone maritime, la station de surveillance la plus proche de la zone du projet (parc éolien offshore) est située dans le port de Livourne et équipée de repères altimétriques.

À titre de référence, les données relatives à la température de l'eau et de l'air de la dernière année analysée, à savoir 2022.

L'évaluation préliminaire des données anémométriques et ondométriques, en revanche, est basée sur les données disponibles pour la
station marégraphique de Livourne et données traitées pour la zone du projet offshore disponibles sur Wind Atlas[1] .

5.3.1 Températures

Le changement climatique est aujourd'hui un sujet prioritaire qui concerne la science, la société et la politique.

Les preuves scientifiques se sont consolidées au cours des dernières années et, parallèlement, la prise de conscience de la nécessité de mettre en œuvre des actions visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, à atténuer les effets de la hausse des températures et à adopter des stratégies d'adaptation s'est accrue.

En raison de sa configuration et de sa situation géographique, l'Italie est particulièrement sensible aux effets du changement climatique.

La température moyenne en Italie a augmenté au cours des 100 dernières années : les estimations du taux de réchauffement sont de l'ordre de +1 °C/siècle au cours des 100 dernières années et de 2 °C/siècle au cours des 50 dernières années ; le taux de variation est encore plus important et stable au cours des 30 dernières années. L'augmentation de la température est plus sensible pendant les saisons estivale et printanière. La tendance à la hausse est confirmée par l'évolution des indicateurs de températures extrêmes (MATTM, 2014).

En Toscane, les données disponibles confirment la tendance à la hausse des températures minimales, moyennes et maximales enregistrées.

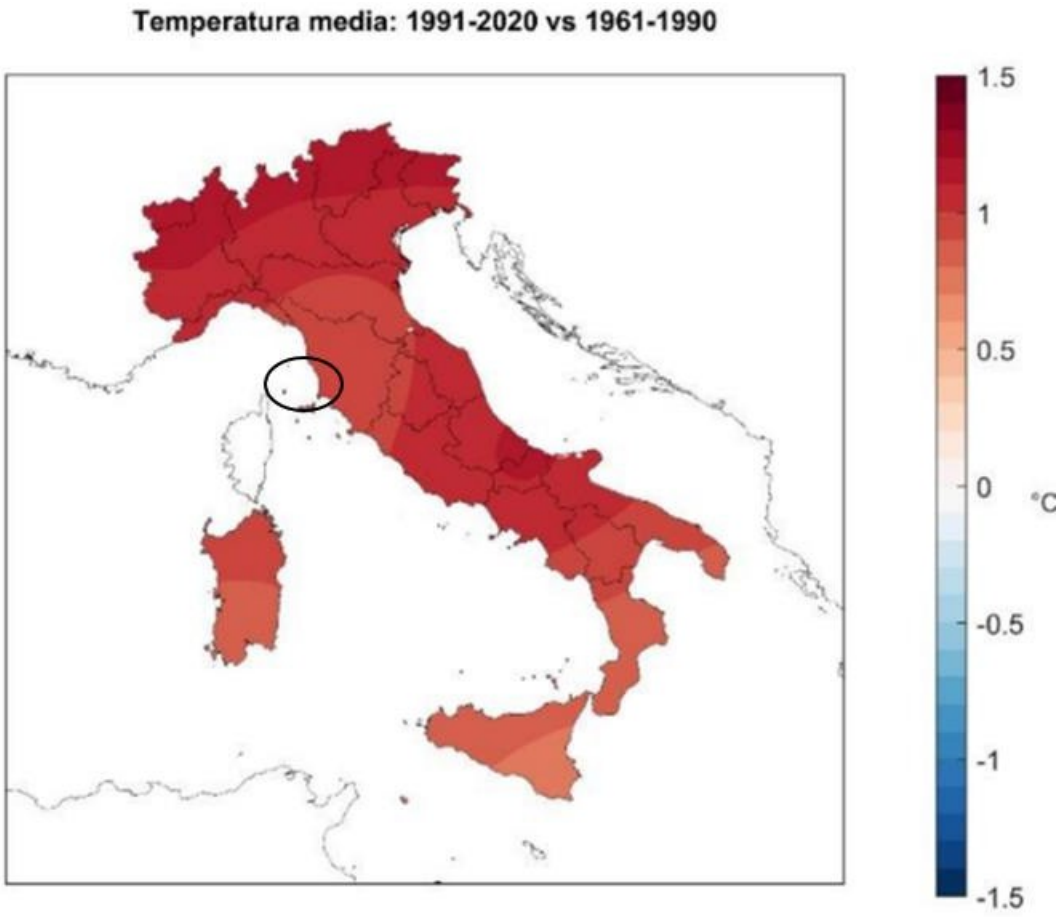
Entre 1955 et 2022, la température moyenne a augmenté d'environ 1,6 °C et cette hausse a touché toutes les saisons, avec une augmentation significative des vagues de chaleur en été où, par rapport aux étés des années 50, on a enregistré +2,9 °C. Les augmentations enregistrées au printemps et en automne (+1,5 °C) sont conformes à la moyenne annuelle. En hiver, le réchauffement est moins évident dans les zones de plaine (+0,8 °C) ; il est en revanche plus marqué dans les zones de montagne (+1,8 °C).

En outre, la Toscane a connu une augmentation significative des vagues de chaleur en été (juin-août) et
des jours classés comme « très chauds » (avec une température bien supérieure à la moyenne) même en dehors des trois

1 https://globalwindatlas.info/ens (2024)

. Les vagues de chaleur estivales ont triplé au cours des 20 dernières années par rapport aux décennies précédentes, tandis que les jours « très chauds » en dehors du trimestre estival ont doublé entre 1955 et 2023[2] .

Figure 5-4 Carte des écarts par rapport aux valeurs normales annuelles de température moyenne



Source : ISPRA, 2022

Le climat de la Toscane est typiquement méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et peu pluvieux et des hivers pas trop froids et moyennement pluvieux, avec des précipitations abondantes pendant la saison automnale. Les températures moyennes sont d'environ 15 à 16 °C, les zones les plus douces correspondant à l'archipel toscan.

2 Le climat change aussi en Toscane — ARPAT - Agence régionale pour la protection de l'environnement de la Toscane (2023)

Les étés ont des températures moyennes comprises entre 25 °C et 30 °C et des pics de plus de 40 °C pendant les journées les plus chaudes. Les hivers sont relativement tempérés et la température descend rarement en dessous de 0 °C. Dans la majeure partie de la région, la température moyenne hivernale n'est pas inférieure à 5 °C.

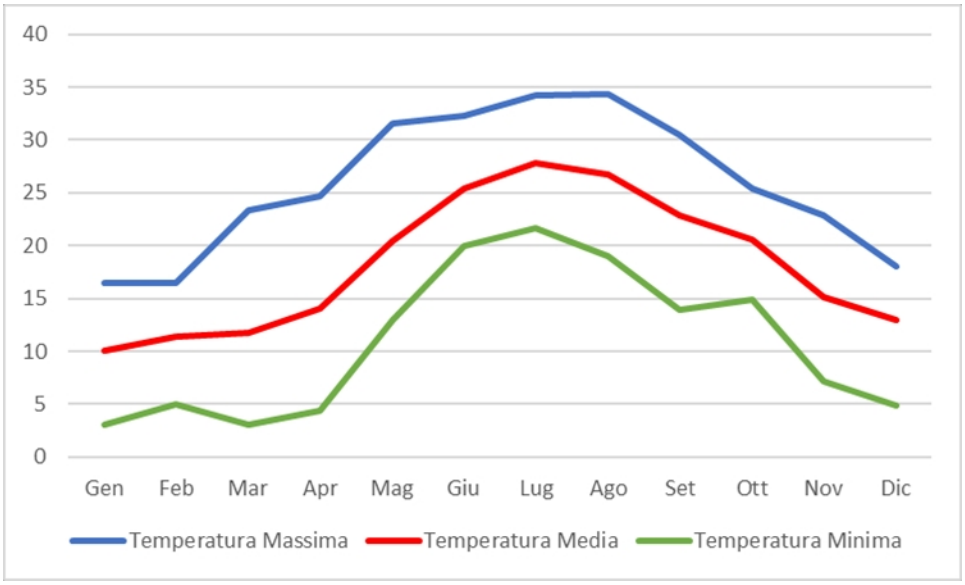
Dans la zone du projet, les séries chronologiques de différents indicateurs climatiques sont disponibles pour les stations météorologiques de Livourne et Suvereto, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 5-1.

Tableau 5-1 Type et emplacement de la station météorologique incluse dans l'analyse des données de température

Nom de la station	Type	Latitude	Longitude
Livourne	Marégraphique	43° 32’ 46,63” N	10° 17’ 57,62” E
Suvereto	Automatique	43° 3’ 57,6’’ N	10° 41’ 9,6’’ E

La figure 5-5 présente les valeurs moyennes, maximales et minimales mensuelles de température enregistrées à la station météorologique et marégraphique de Livourne, selon les dernières mises à jour disponibles pour l'année 2022. Les valeurs moyennes de température sont comprises entre 10 °C et 28 °C. Les températures descendent rarement en dessous de 5 °C pendant la saison hivernale.

Figure 5-5 Température moyenne, maximale et minimale en 2022 (station de Livourne)

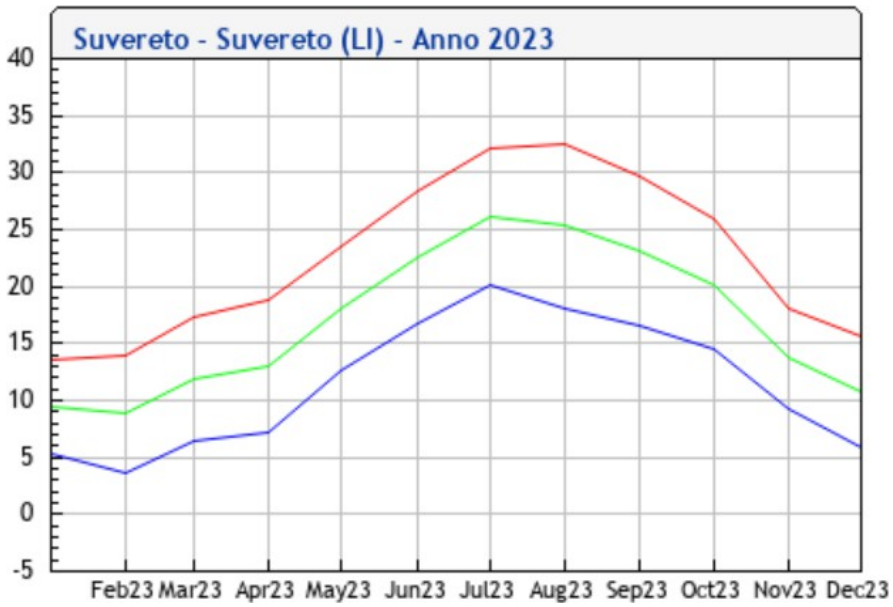


Source : Traitement ERM des données SCIA, 2024

La figure 5-6 présente les valeurs moyennes (en vert), maximales (en rouge) et minimales (en bleu) mensuelles enregistrées à la station météorologique de Suvereto au cours de l'année 2023. Les valeurs moyennes de température sont

comprises entre 9,5 °C et 26,2 °C. Dans ce cas également, les températures sont rarement descendues en dessous de 5 °C pendant la saison hivernale.

Figure 5-6 Températures moyennes, maximales et minimales en 2022 (station de Suvereto)



Source : Service hydrologique régional (SIR) de Toscane, 2024

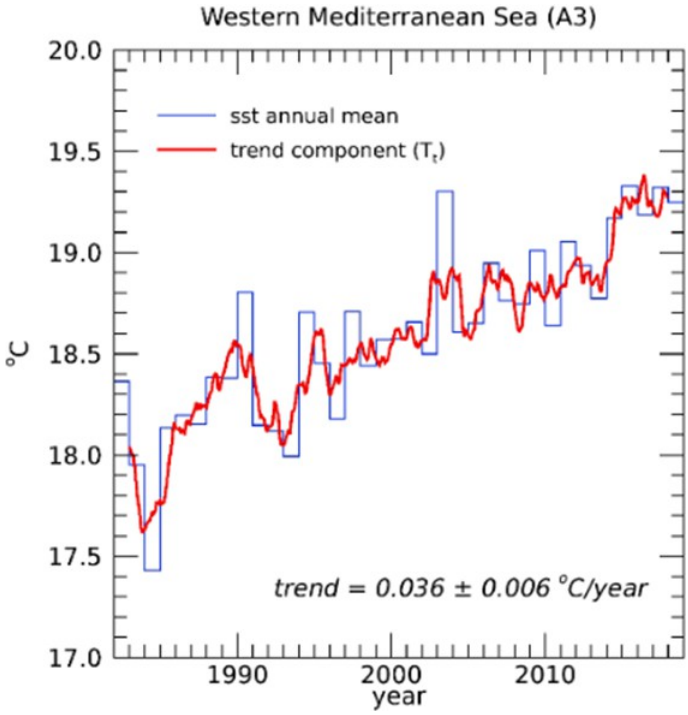
En ce qui concerne l'environnement marin, la température de surface de l'océan est l'une des variables climatiques essentielles (Essential Climate Variables – ECV) telles que définies par le Système mondial d'observation du climat (SMOC), car elle contribue à moduler les échanges thermiques entre l'océan et l'atmosphère, en plus d'être un indicateur des altérations de la circulation thermohaline océanique (Pisano *et al.* 2020).

Le forçage solaire détermine une oscillation saisonnière de la température de l'eau, en particulier dans la couche superficielle.

À des échelles de temps plus longues, c'est-à-dire annuelles ou pluriannuelles, les températures marines de surface sont autant soumises à la variabilité naturelle (forçage solaire, conditions de vent, couverture nuageuse et interactions eau-atmosphère) qu'au changement climatique induit par l'activité humaine. Si l'on examine les tendances historiques, les données montrent que, à l'instar de la température de l'air, la température de surface de la mer Méditerranée augmente, mais pas de manière uniforme sur l'ensemble de la zone.

L'étude de Pisano *et al.* (2020) estime que dans la Méditerranée occidentale, la température moyenne de surface de la mer aurait augmenté de 0,036 ± 0,006 °C/an (figure 5-7).

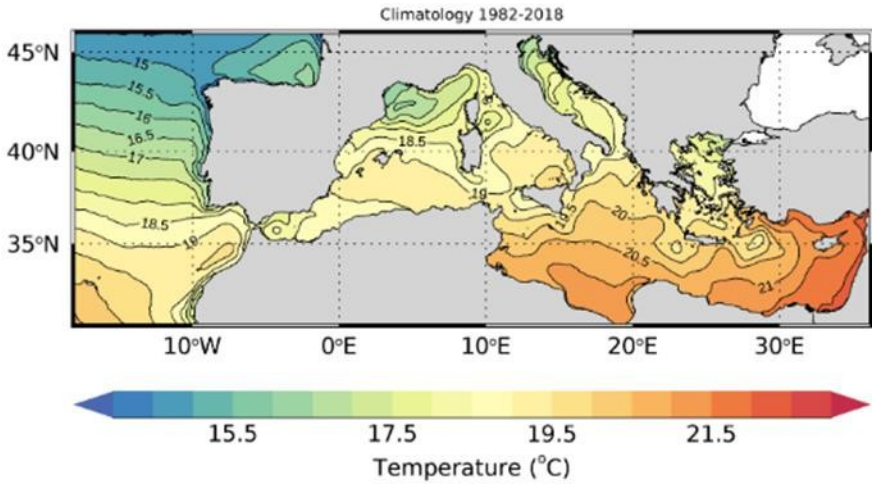
Figure 5-7 Évolution de la température moyenne de la surface de la mer (°C) entre 1982 et 2018 dans l'ouest de la Méditerranée



Source : Pisano et al., 2020

La température moyenne à la surface de la mer dans le bassin méditerranéen entre 1982 et 2018 est illustrée dans la figure 5-8, avec des valeurs comprises entre 18 °C et 19 °C dans la section offshore.

Figure 5-8 Température moyenne de la surface de la mer (°C) entre 1982 et 2018 dans le bassin méditerranéen et dans l'Atlantique Nord-Est

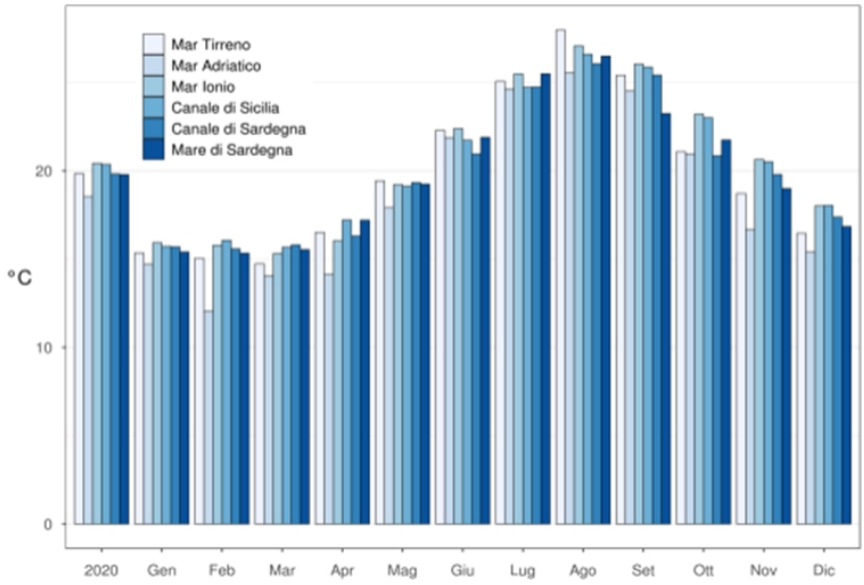


Source : Pisano et al., 2020

En ce qui concerne la situation actuelle, selon le rapport de l'ISPRA sur « Les indicateurs climatiques en Italie en 2020 », les anomalies moyennes relatives aux mers italiennes en 2020 ont été positives tous les mois et se sont intensifiées au cours de l'année jusqu'au mois d'août. Les écarts positifs par rapport aux valeurs normales ont été maximaux en août (+1,7 °C) et en mai (+1,4 °C), tandis que l'écart le plus faible a été observé en octobre (+0,3 °C) (ISPRA, 2021).

La figure 5-9 présente en détail la température moyenne de la surface de la mer en 2020 en Italie (valeur annuelle et valeurs mensuelles).

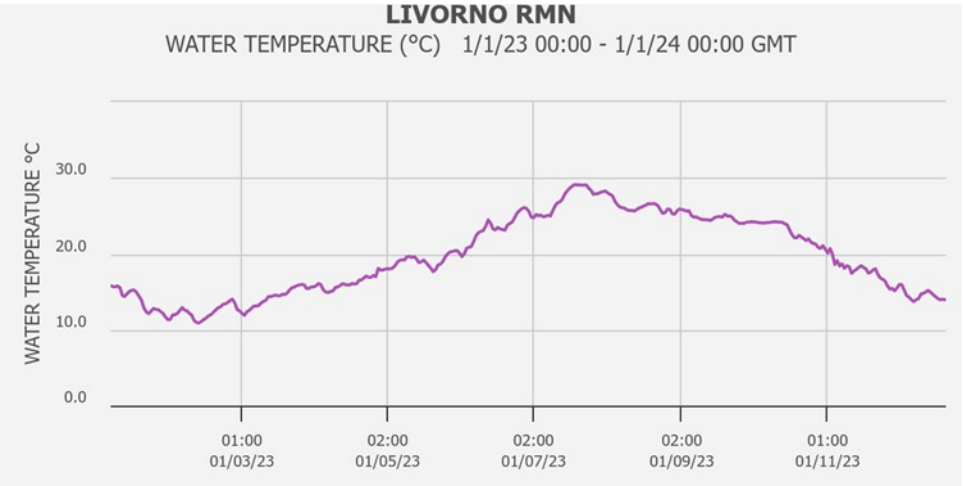
Figure 5-9 Température moyenne de la surface de la mer en 2020 en Italie (annuelle et mensuelle)



Source : Élaboration ISPRA sur la base des données NOAA, 2023

Ci-dessous sont présentées les tendances de la température de l'eau et de l'air dans la zone maritime, relevées par la station de Livourne, de janvier 2023 à janvier 2024 (figure 5-10 et figure 5-11).

Figure 5-10 Évolution de la température de l'eau (°C) relevée par la station de Livourne pendant la période d'observation



Source : ISPRA, 2023

Figure 5-11 Évolution de la température de l'air (°C) relevée par la station de Livourne pendant la période d'observation



Source : ISPRA, 2023

5.3.2 Données pluviométriques

Au niveau national, les précipitations cumulées moyennes annuelles sur le long terme sont en légère diminution (de l'ordre de 1 % par décennie). Cependant, le signe et le niveau de signification des tendances varient considérablement en fonction de la période, de la zone géoclimatique et de la saison. Sur le long terme, on observe également une diminution significative du nombre d'événements de faible intensité. Les tendances en matière d'intensité et de fréquence des précipitations ne sont toutefois pas univoques si l'on considère des périodes plus courtes et plus récentes et lorsqu'elles concernent des régions spécifiques du territoire italien (MATTM, 2014).

En Toscane, sur l'ensemble de la période 1955-2022, aucune variation des précipitations annuelles cumulées n'est enregistrée, à l'exception d'une légère diminution ; au niveau saisonnier, en revanche, la diminution des précipitations au printemps (-21 %) et en été (-26 %) est significative. En hiver, on observe une diminution d'environ 8 %, tandis qu'en automne, la situation est pratiquement stable (tableau 5-2)[3].

Tableau 5-2 Variation en % des précipitations et du nombre de jours de pluie entre 1955 et 2022 (les caractères en gras indiquent les tendances statistiquement significatives).

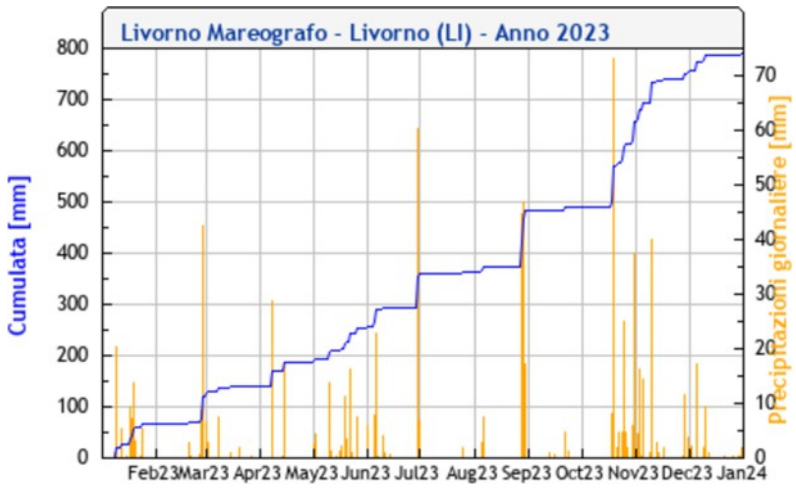
Variation en % de 1955 à 2022		
Période	**Précipitations**	**Jours de pluie**
Année	-8	**-12**
Printemps	**-21**	**-20**
Été	-26	**-23**
Automne	3	3
Hiver	-8	-11

Source : ARPA Toscane, 2022

La figure 5-12 présente les données pluviométriques transmises automatiquement par la station marégraphique de Livourne pour l'année 2023. La répartition temporelle des précipitations a été discontinue, avec une concentration des précipitations entre mai-juin et fin octobre-début novembre. Les précipitations totales moyennes pour l'année 2023 correspondent à 65,8 mm.

3 Le climat change aussi en Toscane — ARPAT - Agence régionale pour la protection de l'environnement de la Toscane (2023)

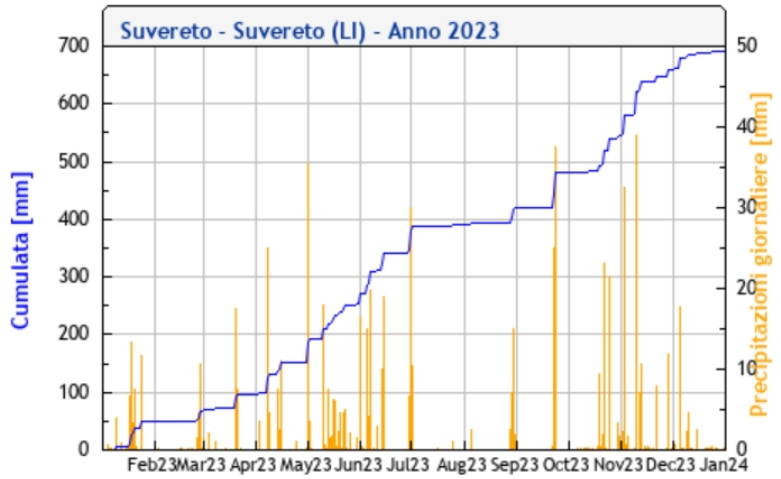
Figure 5-12 Précipitations cumulées (marégraphe de Livourne) 2023



Source : SIR Toscane, 2024

Les données pluviométriques enregistrées par la station de Suvereto sont présentées dans la figure 5-13 et montrent, là encore, une concentration des précipitations entre mai-juin et fin octobre-début novembre. Les précipitations totales moyennes ont été de 57,5 mm.

Figure 5-13 Précipitations cumulées (Suvereto) 2023



Source : SIR Toscane, 2024

5.3.3 Données anémométriques

Une connaissance assez précise du champ de vent peut être obtenue grâce à des observations continues dans le temps et à des endroits qui ne sont pas trop affectés par les interactions entre le vent et la surface terrestre. Ces relevés sont obtenus à l'aide d'anémomètres, généralement installés à 10 m de hauteur au-dessus du sol

champ, qui fournissent la direction et l'intensité des vents, représentatifs d'une zone relativement étendue.

Il existe actuellement en Italie plusieurs organismes qui s'occupent de la mesure systématique du vent, même si les données les plus fiables, en termes de normes d'acquisition et de taille des séries historiques disponibles, sont celles relevées par le Service météorologique de l'armée de l'air.

Les capteurs anémométriques actuellement utilisés dans les stations AM sont de type tube de Pitot et fournissent l'intensité et la direction du vent ; de nombreux capteurs ont été remplacés au cours de la dernière décennie. Ils effectuent des enregistrements toutes les trois heures, à 0h00, 3h00, 6h00, 9h00, 12h00, 15h00, 18h00 et 21h00 (la valeur de chaque enregistrement est obtenue en calculant la moyenne des valeurs relevées dans les 10 minutes précédant l'heure synoptique).

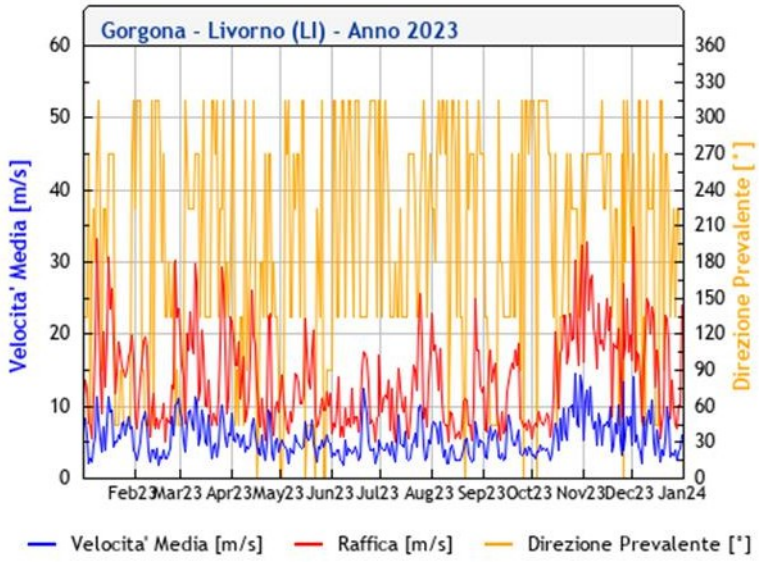
Les stations anémométriques de référence pour la zone du projet sont celles de Livourne, Suvereto, Gorgona et Capraia Isola (tableau 5-3).

Tableau 5-3 Type et emplacement des stations météorologiques incluses dans l'analyse des données anémométriques

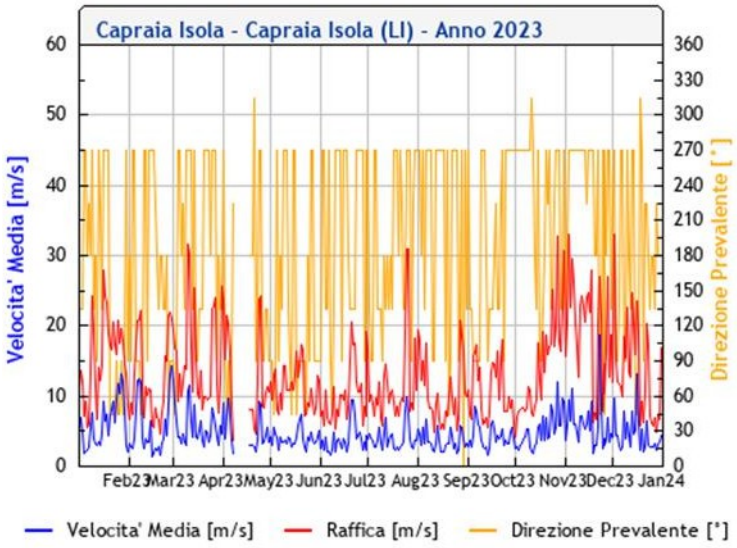
Nom de la station	Type	Latitude	Longitude
Station de surveillance de Livourne	Marégraphique	43° 32’ 46,63” N	10° 17’ 57,62” E
Suvereto	Automatique	43° 3’ 57,6’’ N	10° 41’ 9,6’’ E
Gorgona	Météorologique	43° 25’ 40,8” N	9° 53’ 42” E
Capraia Île	Météorologique	43° 3’ 46,8” N	9° 49’ 15,6” E

En ce qui concerne les stations de Gorgona et Capraia Isola, les vents les plus forts soufflent principalement de l'ouest et du nord-ouest, avec des rafales d'environ 30 à 35 m/s et une vitesse moyenne de 10 à 15 m/s (figure 5-14).

Figure 5-14 Données anémométriques relevées à la station de Gorgona (a) et de Capraia Isola (b).



(a)

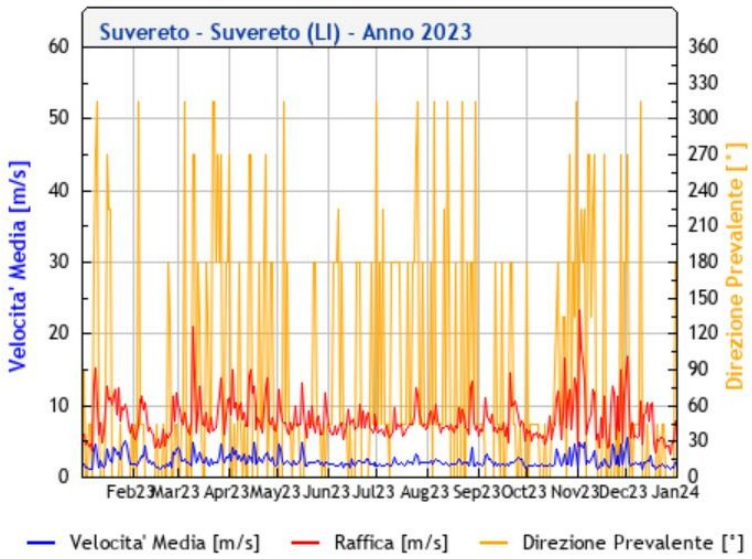


(b)

Source : SIR Toscana, 2024

En 2023, la station de Suvereto (Figure 5-15) a enregistré des rafales de vent maximales d'environ 20-25 m/s et une vitesse moyenne de 2-3 m/s. La direction dominante était nord et nord-est.

Figure 5-15 Données anémométriques relevées à la station de Suvereto

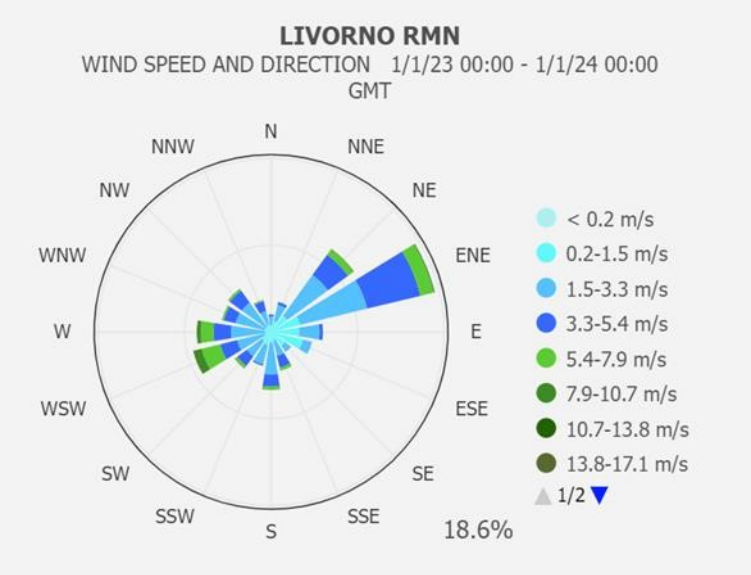


Source : SIR Toscane, 2024

Pour la station marégraphique de Livourne, voici la rose des vents annuelle enregistrée pour l'année 2023.

Elle montre que, sur une base annuelle, la distribution du vent tend à se concentrer dans les secteurs est et nord-est. En termes de vitesse, il convient de noter la forte présence de vents de faible intensité (inférieurs à 5,4 m/s). La direction ouest est celle associée aux phénomènes les plus intenses, avec des valeurs maximales enregistrées entre 10,7 et 13,8 m/s.

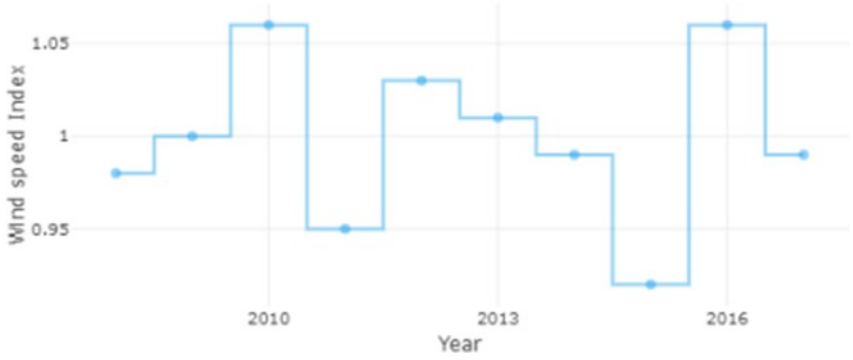
Figure 5-16 Rose des vents Station marégraphique de Livourne, 2022



Source : ISPRA, 2023

Pour la section offshore, les données du Global Wind Atlas sont disponibles. Elles ont été élaborées pour la variabilité de la vitesse du vent sur la période 2007-2017 au centre du parc éolien à une hauteur de 150 m (Figure 5-17).

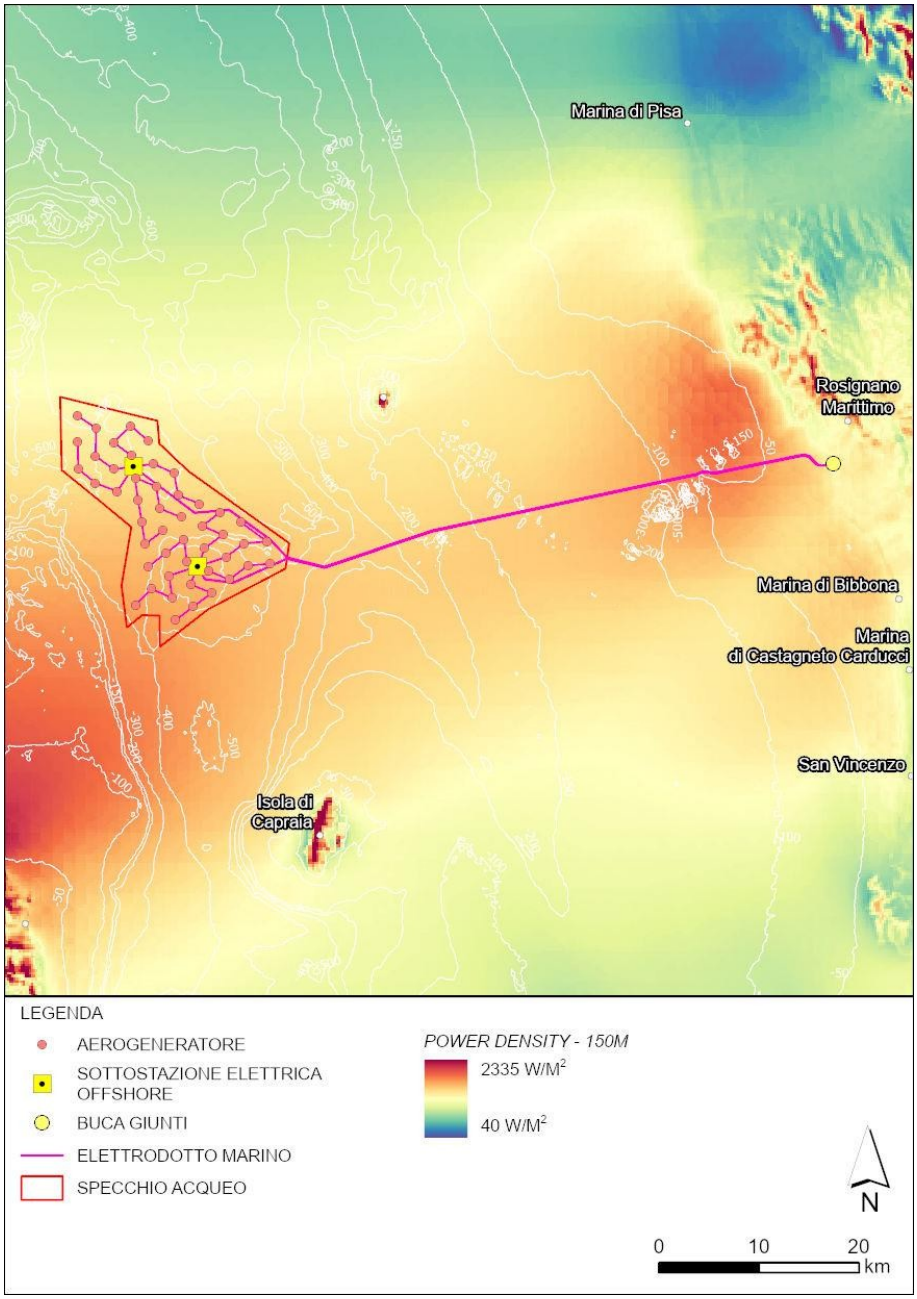
Figure 5-17 Variabilité de la vitesse du vent dans la zone du parc éolien offshore au cours de la période considérée



Source : Global Wind Atlas, 2023

En ce qui concerne la densité de puissance, celle-ci est de min = 433,8 W/m², max = 597,47 W/m² et moyenne = 516,08 W/m² à l'intérieur du périmètre du parc, toujours à une hauteur de moyeu estimée à 150 m (Figure 5-18).

Figure 5-18 Densité du vent dans la zone du projet



Source : Données Global WindAtlas, réélaboration ERM 2024

Au niveau national, les précipitations cumulées moyennes annuelles à long terme sont en légère diminution (de l'ordre de 1 % par décennie). Cependant, le signe et le niveau de signification des tendances varient considérablement en fonction de la période, de la zone géoclimatique et de la saison. À long terme, on observe également une diminution significative du nombre d'événements de faible intensité. Les tendances en matière d'intensité et de fréquence des précipitations ne sont toutefois pas univoques si l'on considère des fenêtres temporelles plus courtes et

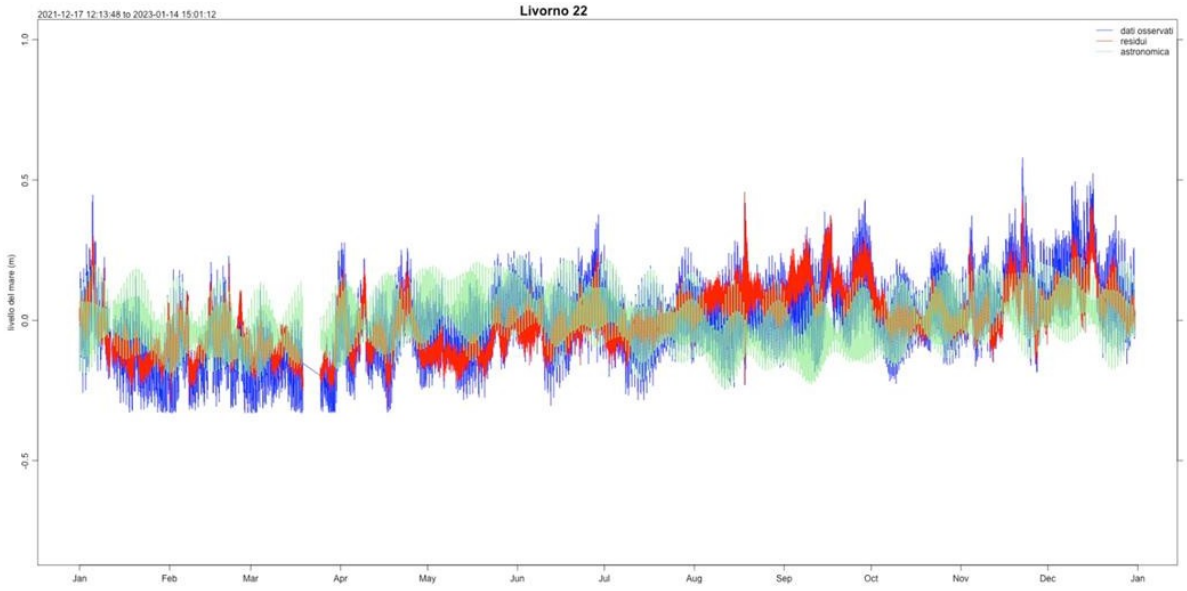
récentes, et lorsqu'elles concernent des régions spécifiques du territoire italien (MATTM, 2014). La répartition temporelle des précipitations a été discontinue, avec une concentration des précipitations entre mai-juin et fin octobre-début novembre. Les précipitations totales moyennes pour l'année 2023 correspondent à 65,8 mm.

5.3.4 Données ondométriques

La marée astronomique est un excellent indicateur pour caractériser avec précision les oscillations normales du niveau de la mer, permettant une comparaison géographique à l'échelle nationale et le suivi dans le temps des variations éventuelles induites par des phénomènes physiques à court ou à long terme. Les données sont acquises par les stations marégraphiques du Réseau marégraphique national (RMN), qui assure une couverture spatiale sur tout le territoire national, un échantillonnage horaire et des séries historiques pluriannuelles.

La figure 5-19 montre l'évolution prévue de la marée astronomique (en vert) comparée aux données observées (en bleu) à la station marégraphique de Livourne. La série en rouge met en évidence l'écart entre les deux valeurs. Il est évident que, entre août et janvier, le niveau de la mer observé est généralement supérieur à la valeur prévue pour la marée astronomique. Les variations de niveau sont toutefois généralement limitées, avec des ordres de grandeur inférieurs à un mètre.

Figure 5-19 Hauteur de la marée astronomique et niveau de la mer observé à la station marégraphique de Livourne (année de référence : 2022)



Source : ISPRA, 2022

Les causes de l'écart entre le niveau prévu de la marée astronomique et le niveau observé peuvent être multiples.

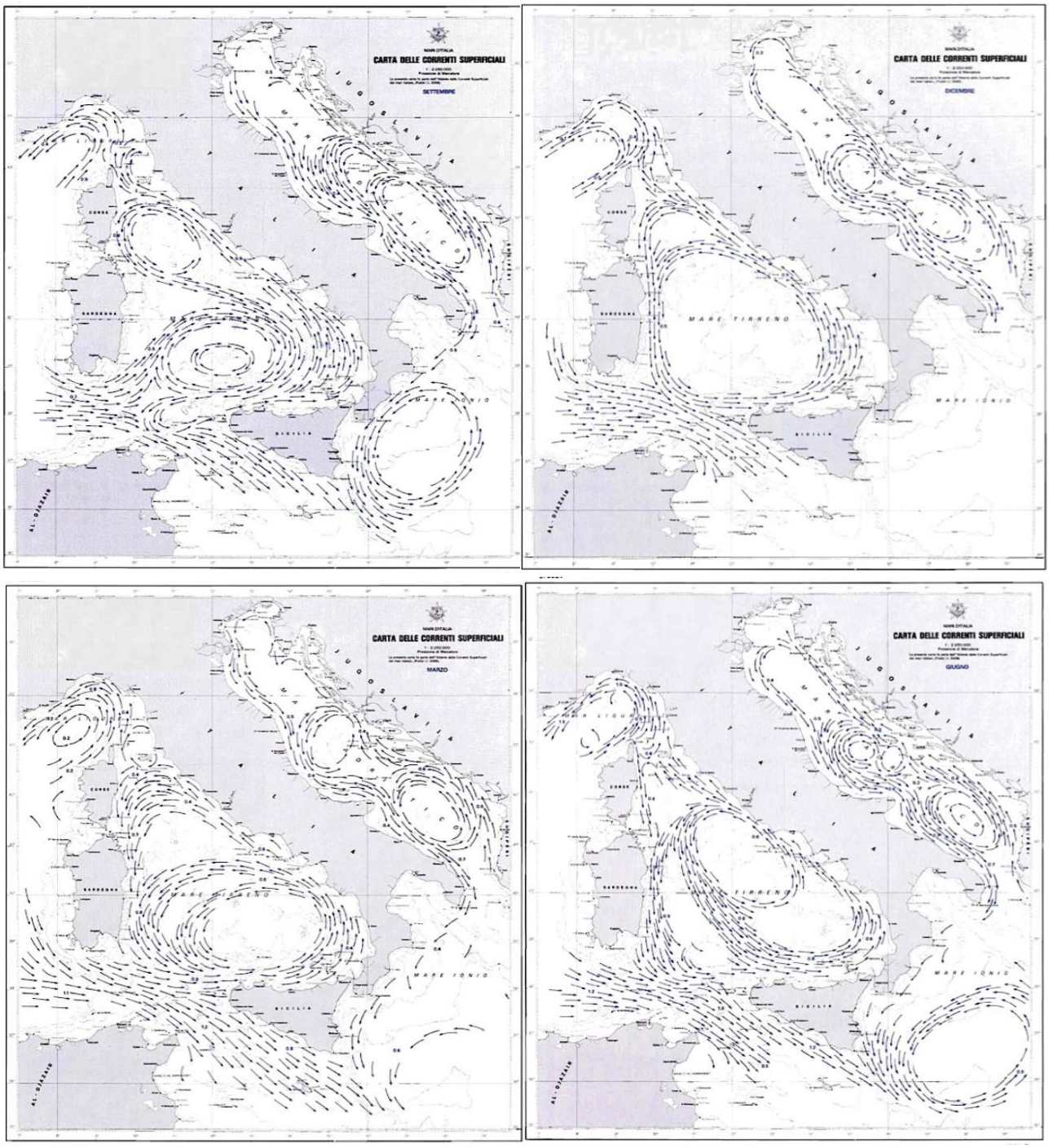
Le vent est capable de transférer de grandes quantités d'énergie aux masses d'eau à travers la surface libre de la mer. Plus l'intensité, la durée, la persistance dans une direction donnée et la surface sur

sur laquelle agit le phénomène anémométrique, plus la quantité d'énergie transmise sera importante. La forme des vagues générées sous l'action du vent est également due à des facteurs dépendant de la circulation atmosphérique, donc liés à la pression et à la température de l'air et de l'eau.

De plus, surtout pendant les mois d'été, l'intensification des
courants, tant superficiels que profonds, qui atteignent des vitesses de 10 cm/s.

La figure 5-20 présente les cartes des courants de surface élaborées par la Marine militaire, pour les mois de mars, juin, septembre et décembre.

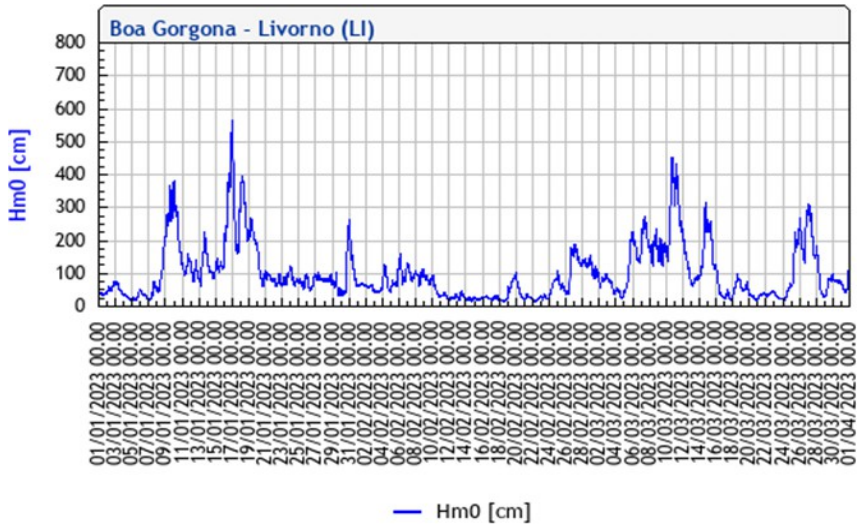
Figure 5-20 Cartes des courants marins superficiels de la Marine militaire (mars, juin, septembre et décembre)



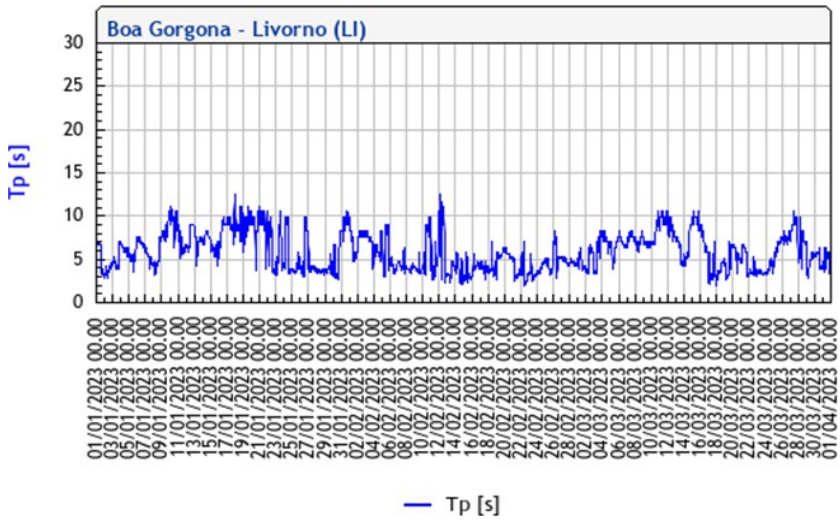
Source : Institut hydrographique de la Marine, 1982

Sur le site du Service hydrologique régional (SIR)[4] de la région Toscane, sont disponibles les données marégraphiques trimestrielles collectées à proximité de la zone du projet par la station Boa Gorgona – Livourne (LI).

Figure 5-21 Données ondométriques ; janvier-mars 2023

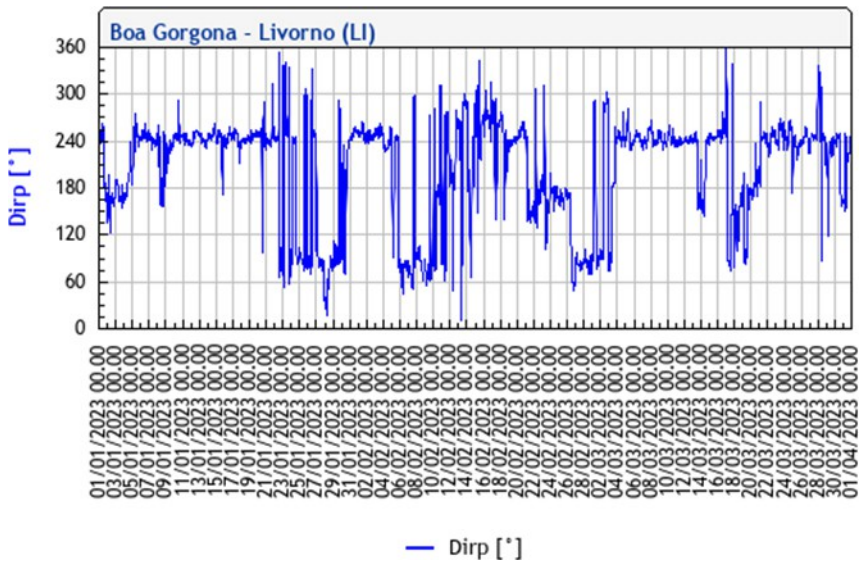


(a)



(b)

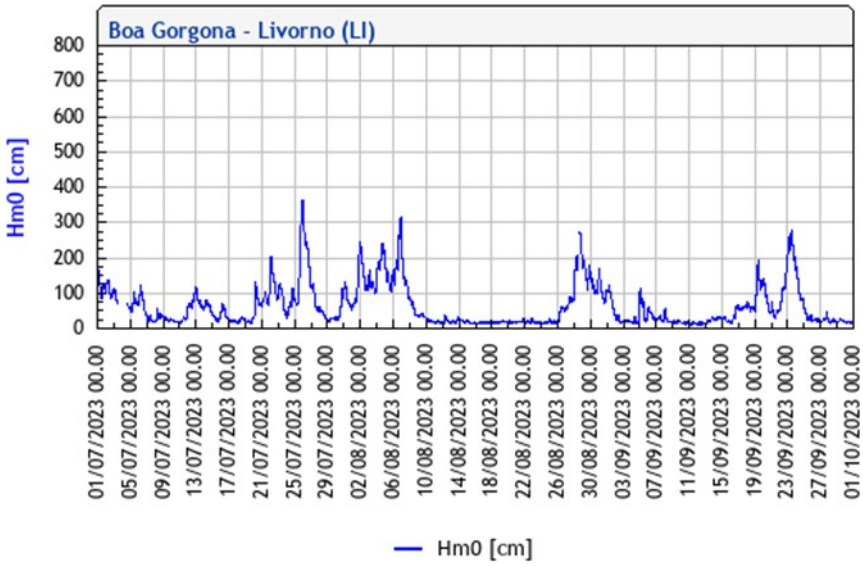
4 SIR -DONNÉES / Mareographie (2024)



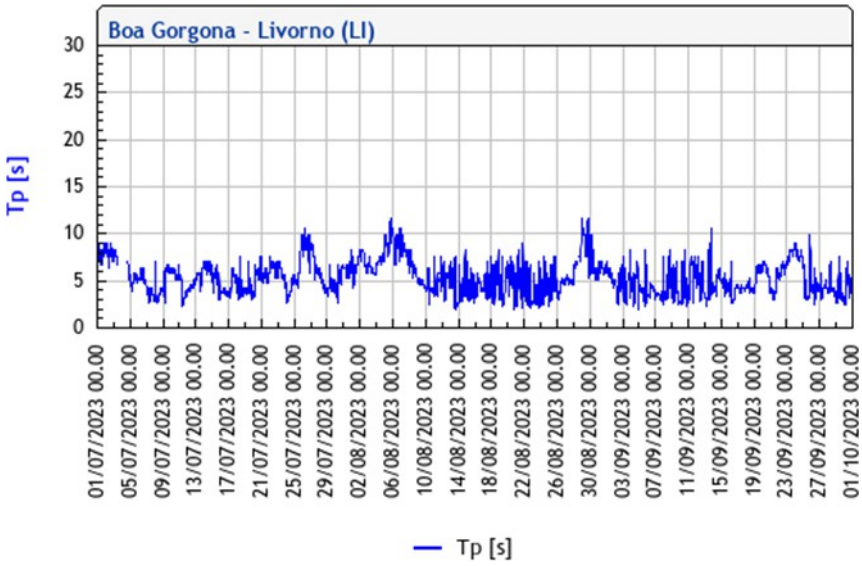
(c)

Source : SIR Région Toscane, 2023

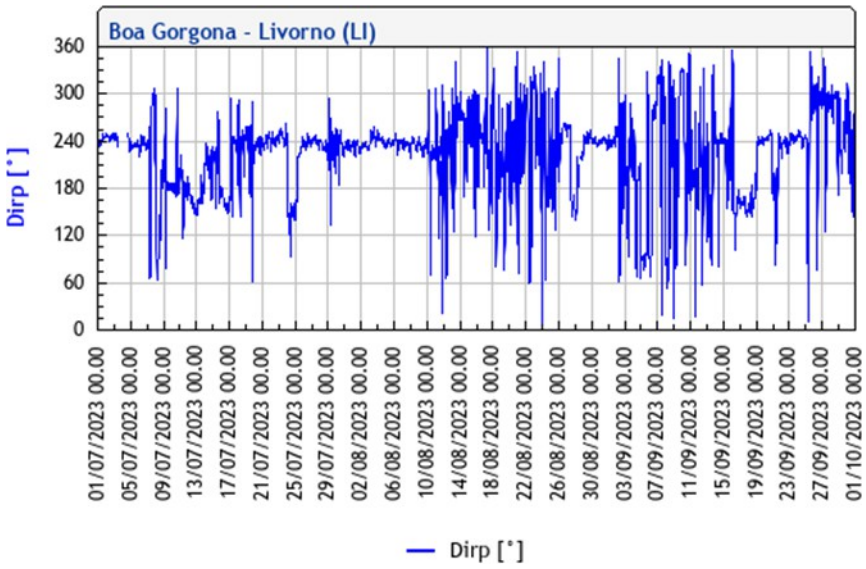
Figure 5-22 Données ondométriques ; juillet-septembre 2023



(a)



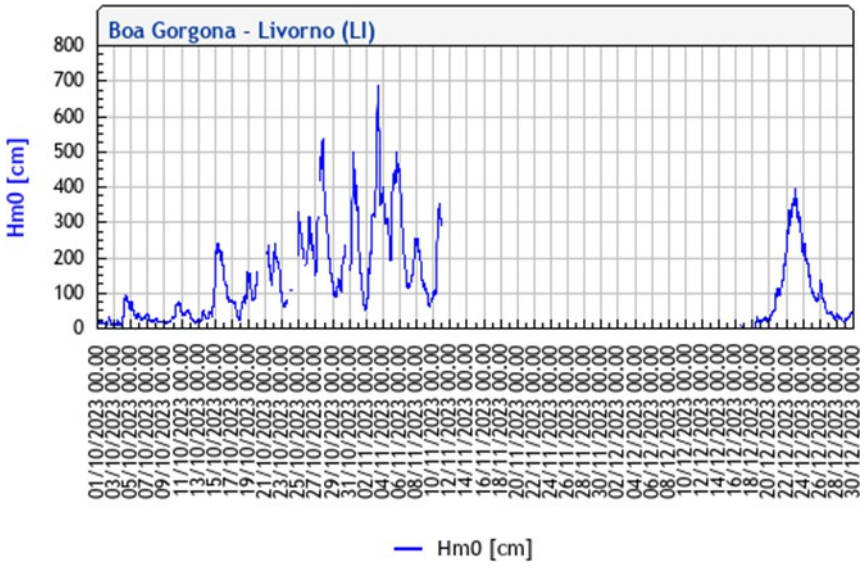
(b)



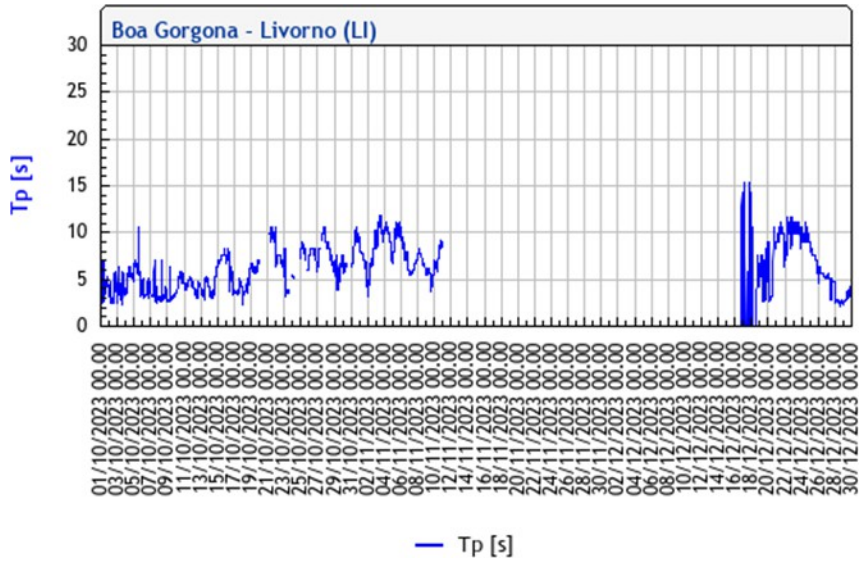
(c)

Source : SIR Région Toscane, 2023

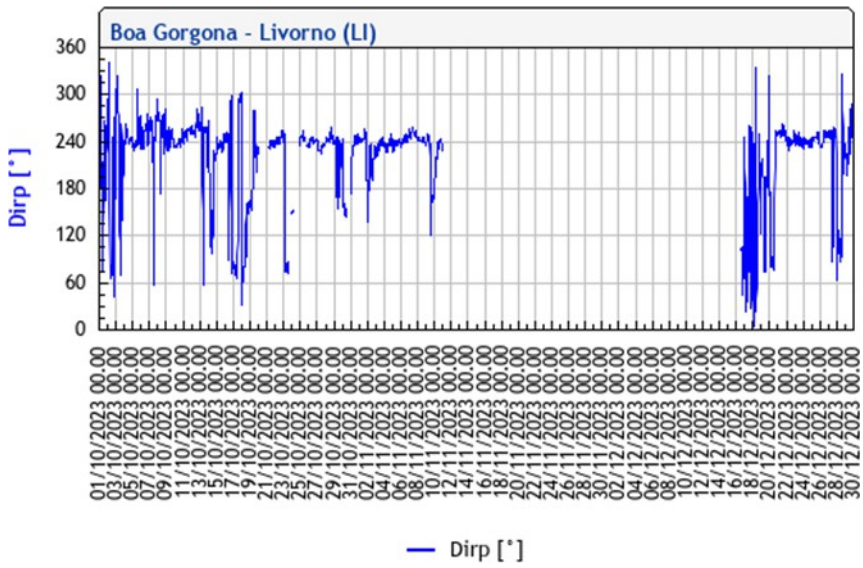
Figure 5-23 Données ondométriques octobre-décembre 2023



(a)



(b)



(c)

Source : SIR Région Toscane, 2023

En ce qui concerne les connaissances météorologiques et maritimes, de nombreuses études ont été menées ces dernières années sur le littoral de la commune de Rosignano Marittimo afin de concevoir des ouvrages maritimes et, en particulier, d'étudier les phénomènes d'érosion sur les plages de Vada. La zone de traversée (ou espace marin d'où peuvent provenir les vagues dans un certain endroit) a été déterminée comme étant comprise entre les directions extrêmes de 172° (tangente au promontoire de Piombino) et 323° (tangente au promontoire de Levanto) ; les différentes longueurs de « fetch » (ou extension de mer ouverte sur laquelle souffle le vent et d'où peuvent provenir les vagues avant de frapper un littoral donné) sont comprises en moyenne entre 100 km entre 172° et 238°, secteur dans lequel les vagues provenant de la Méditerranée occidentale ou de la mer Tyrrhénienne rencontrent les obstacles de la Corse, de la Sardaigne et des îles de l'archipel toscan ; au nord du cap Corse, elles ont les valeurs suivantes pour les indications les plus significatives : 101 km à 238°, 330 km à 263°, 180 km à 285° et 100 km à 323° (Commune de Rosignano Marittimo, 2002).

5.4 Qualité de l'air

5.4.1 Réglementation nationale de référence

La réglementation relative aux normes de qualité de l'air en Italie a été introduite par le décret du Président du Conseil des ministres (D.P.C.M.) du 28/03/1983 concernant certains paramètres, modifié par la suite par le décret du Président de la République (D.P.R.) 203 du 24/05/1988 qui, transposant certaines directives européennes, a introduit, outre de nouvelles valeurs limites, des valeurs indicatives, entendues comme des « objectifs de qualité » vers lesquels les politiques du secteur doivent tendre.

Ces mesures ont été suivies d'une série de décrets définissant les niveaux et les limites, présentés ci-dessous.

Décret du ministre de l'Environnement du 15/04/1994 (mis à jour par le décret du ministre de l'Environnement du 25/11/1994)

Ce décret a introduit les niveaux d'attention (situation de pollution atmosphérique qui, si elle persiste, entraîne un risque d'atteindre l'état d'alerte) et les niveaux d'alerte (situation de pollution atmosphérique susceptible d'entraîner un risque environnemental et sanitaire), valables pour les polluants dans les zones urbaines. Le décret a également introduit des valeurs cibles pour certains nouveaux polluants atmosphériques non réglementés par les décrets précédents : PM_{10} (fraction des particules en suspension inhalables), benzène et HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques).

Décret législatif n° 351 du 04/08/1999

Ce décret transpose la directive 96/62/CEE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air, en renvoyant à des décrets d'application l'introduction des nouvelles normes de qualité.

Décret ministériel n° 60 du 2 avril 2002

Ce décret transpose respectivement la directive 1999/30/CE concernant les valeurs limites de qualité de l'air ambiant pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les oxydes d'azote, les particules et le plomb, et la directive 2000/69/CE relative aux valeurs limites de qualité de l'air ambiant pour le benzène et le monoxyde de carbone. Le décret a abrogé les dispositions de la réglementation précédente relatives au dioxyde de soufre, au dioxyde d'azote, aux particules en suspension, aux PM_{10}, au plomb, au monoxyde de carbone et au benzène.

Le décret ministériel 60/2002 a également introduit les critères pour l'emplacement optimal des points d'échantillonnage dans des sites fixes. Pour l'emplacement à grande échelle, aux fins de la protection humaine, un point de prélèvement devrait être situé de manière à être représentatif de l'air dans une zone environnante d'au moins 200 m^2 , sur les sites orientés vers le trafic, et d'au moins quelques km^2 , sur les sites urbains de fond. Pour la protection des écosystèmes et de la végétation, les points de prélèvement devraient être situés à plus de 20 km des agglomérations ou à plus de 5 km des zones bâties autres que celles mentionnées ci-dessus ou des installations industrielles ou des autoroutes ; le point de prélèvement devrait être situé de manière à être représentatif de la qualité de l'air ambiant dans une zone environnante d'au moins 1 000 km^2.

Enfin, l'annexe IX du décret ministériel 60/2002 indique les critères permettant de déterminer le nombre minimum de points d'échantillonnage pour la mesure, sur des sites fixes, des niveaux de dioxyde de soufre, de dioxyde d'azote, d'oxydes d'azote, de particules (PM_{10}), de plomb, de benzène et de monoxyde de carbone dans l'air ambiant. Pour la population humaine, des critères distincts sont donnés pour les sources diffuses et les sources ponctuelles. Pour ces dernières, le point d'échantillonnage devrait être défini en fonction de la densité des émissions, du profil possible de répartition de la pollution atmosphérique et de l'exposition probable de la population.

Le décret ministériel n° 60/2002 fixe pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les oxydes d'azote, les PM_{10}, le benzène et le monoxyde de carbone :

- les valeurs limites, c'est-à-dire les concentrations atmosphériques fixées sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement ;
- les seuils d'alerte, c'est-à-dire la concentration atmosphérique au-delà de laquelle il existe un risque pour la santé humaine en cas d'exposition de courte durée et à partir de laquelle il faut intervenir immédiatement ;
- la marge de tolérance, c'est-à-dire le pourcentage de la valeur limite dans la mesure où cette valeur peut être dépassée et les modalités selon lesquelles cette marge doit être réduite dans le temps ;
- le délai dans lequel la valeur limite doit être atteinte ;
- les périodes de médiation, c'est-à-dire la période pendant laquelle les données collectées sont utilisées pour calculer la valeur indiquée.

Décret législatif n° 183 du 21/05/2004

Le décret a transposé la directive 2002/3/CE relative à l'ozone dans l'air ambiant ; ce décret abroge toutes les dispositions précédentes concernant l'ozone et fixe de nouvelles limites.

Décret législatif n° 152 du 03/04/2006

La partie V (Normes en matière de protection de l'air et de réduction des émissions dans l'atmosphère) de ce décret, connu sous le nom de Texte unique sur l'environnement, abroge le décret présidentiel 203 du 24/05/1988 décrit précédemment.

Le décret législatif n° 152 s'applique aux installations (y compris les installations thermiques civiles) et aux activités qui produisent des émissions atmosphériques, en fixant les valeurs d'émission, les prescriptions, les méthodes d'échantillonnage et d'analyse des émissions et les critères de conformité des valeurs mesurées aux valeurs limites. Le décret définit également les caractéristiques des combustibles (précédemment réglementées par le décret du président du Conseil des ministres du 8 mars 2002, désormais abrogé) qui peuvent être utilisés dans les installations produisant des émissions, en donnant également des indications sur les méthodes de mesure à utiliser pour les déterminer.

Il est précisé que le décret législatif n° 152 de 2006 ne modifie pas les dispositions des décrets précédents en matière de qualité de l'air.

Décret législatif n° 152 du 03/08/2007

En ce qui concerne les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), il convient de se référer au décret législatif n° 152 du 3/8/2007 : « *Mise en œuvre de la directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'environnement* ».

Ce décret législatif a pour objectif d'améliorer la qualité de l'air ambiant et de la maintenir là où elle est bonne, en établissant :

- les valeurs cibles pour la concentration dans l'air ambiant d'arsenic, de cadmium, de nickel et de benzo(a)pyrène ;
- les méthodes et critères d'évaluation des concentrations dans l'air ambiant d'arsenic, de cadmium, de mercure, de nickel et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques ;

- les méthodes et critères d'évaluation des dépôts d'arsenic, de cadmium, de mercure, de nickel et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Décret législatif n° 120 du 26/06/2008

Le décret intitulé « *Modifications et intégrations au décret législatif n°* 152 *du 3 août 2007* » remplace *l'annexe I du décret législatif 152/2007*, en conservant les mêmes valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium, le nickel et le benzo(a)pyrène.

Décret législatif n° 155 du 13/8/2010

La promulgation du décret législatif n° 155/2010 harmonise de fait la réglementation préexistante en matière de qualité. de l'air en regroupant dans un seul acte normatif les limites de qualité de l'air pour tous les polluants.

Les tableaux suivants présentent les principaux paramètres d'évaluation de la qualité de l'air prévus par le décret législatif 155/2010 pour les polluants pris en compte dans la présente étude ; les valeurs limites sont exprimées en termes de concentration normalisée à une température de 293 K et à une pression de 101,3 kPa.

Tableau 5-4 Limites légales relatives à l'exposition aiguë

Substance	Type	Valeur	Référence législative
NO2	Seuil d'alerte*	400 µg/m³	Décret législatif 155/2010
	Limite horaire à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile	200 µg/m³	
CO	Moyenne mobile journalière maximale sur 8 heures	10 mg/m³	
SO2	Limite horaire à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile	350 µg/m³	
	Limite sur 24 heures à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile	125 µg/m³	
O3	Seuil d'information (moyenne sur 1 heure)	180 µg/m³	
	Seuil d'alerte (moyenne sur 1 heure)	240 µg/m³	
PM10	Limite sur 24 h à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile	50 µg/m³	
*** mesurée pendant 3 heures consécutives sur un site représentatif de la qualité de l'air dans une zone d'au moins 100 km², ou dans une zone ou une agglomération entière si celles-ci sont moins étendues.**			

Source : Décret législatif 155/2010

Tableau 5-5 Limites légales relatives à l'exposition chronique

Substance	Type	Valeur	Référence législative
NO2	Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine Année civile	40 µg/m³	Décret législatif 155/2010
O3	Valeur cible pour la protection de la santé à ne pas dépasser pendant plus de 25 jours par an en moyenne sur 3 ans (sinon sur 1 an) Moyenne sur 8 h maximum par jour	120 µg/m³	
PM10	Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine Année civile	40 µg/m³	
PM2,5	Valeur limite annuelle Année civile	À partir du 1/1/2015 25 µg/ m³	
Benzo(a)pyrène	Valeur cible Année civile	1 ng/m³ *	

Source : Décret législatif 155/2010

5.4.2 Réglementation régionale de référence

Comme indiqué au paragraphe 4.5.4, le Plan régional pour la qualité de l'air ambiant (PRQA), prévu par la loi régionale 9/2010, a été approuvé par le Conseil régional par la délibération 72/2018 et prévoit l'application de mesures visant à maintenir les niveaux actuels de qualité de l'air. Le 13 mars 2023, le Conseil régional de Toscane a lancé la procédure d'élaboration du nouveau Plan régional pour la qualité de l'air ambiant.

5.4.3 Environnement terrestre

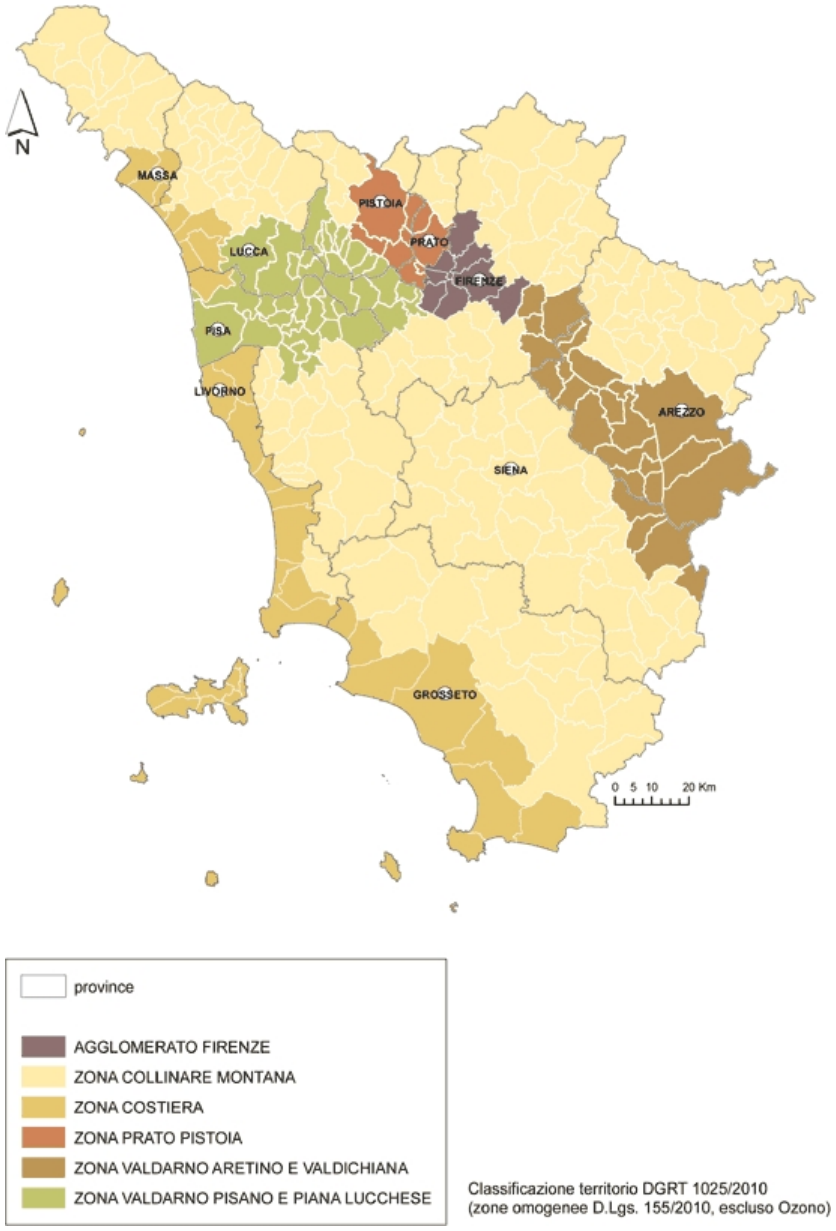
Réseau de surveillance de la qualité de l'air

La caractérisation des niveaux de qualité de l'air de la zone du projet a été obtenue à partir des premières analyses des données 2023 sur la qualité de l'air[5], réalisées par le réseau régional de surveillance de la qualité de l'air de la région Toscane. Le réseau régional de surveillance, identifié par la région Toscane en application du décret législatif 155/2010, sur la base des indications communautaires, est composé de 37 stations de mesure et de 2 moyens mobiles qui mesurent les principaux polluants. Ces stations sont soit des stations de trafic (urbaines,

[5] La qualité de l'air en Toscane en 2023 — ARPAT - Agence régionale pour la protection de l'environnement de Toscane (2023)

suburbaine) et de fond (urbaine, suburbaine et rurale) et industrielles (urbaines, suburbaines et rurales). La figure suivante présente le zonage actualisé du territoire.

Figure 5-24 Zonage et réseau régional de surveillance de la qualité de l'air



Source : Réseau régional de surveillance de la qualité de l'air, Région Toscane, 2024

Les stations terrestres les plus proches du parc éolien sont des stations urbaines de fond et de trafic, situées dans la province de Livourne, qui surveillent les valeurs moyennes des principaux polluants atmosphériques indiqués dans le tableau 5-6.

Tableau 5-6 Stations incluses dans l'analyse de la qualité de l'air et polluants surveillés correspondants

Nom de la station	Province	Type de station	Polluants surveillés
Livourne - Cappiello	Livourne	Fond	PM10, PM2,5, NO2
Livourne - Carducci	Livourne	Trafic	PM10, PM2,5, NO2, CO
Livourne – Cotone	Livourne	Industriel	PM10, NO2, CO
Livourne Piombino – Parc VIII Marzo	Livourne	Fondo	PM10, NO2

Source : ARPA Toscane, 2024

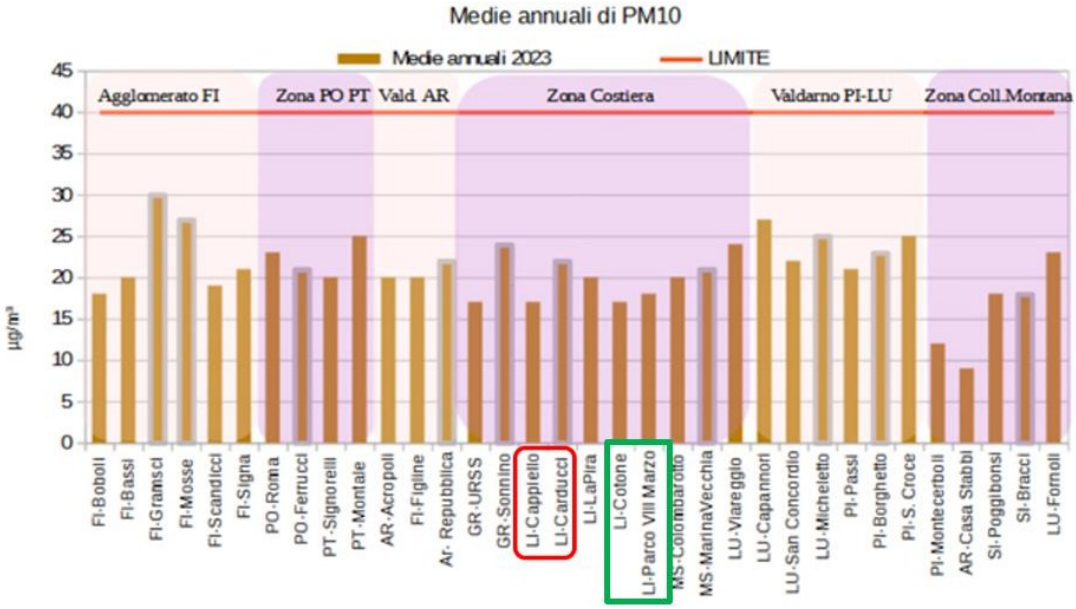
La suite de cette section présente les premières données disponibles pour 2023 pour la région Toscane, qui ont pris en compte les polluants historiquement les plus critiques, à savoir les PM, le NO2 et l'O3. En plus de ceux-ci, le CO, disponible pour 2022, est également présenté comme indicateur de la qualité de l'air.

Les valeurs des indicateurs sont évaluées par rapport au décret législatif 155/2010, qui représente la réglementation en vigueur en Italie.

PM10

La figure 5-25 montre que la valeur moyenne annuelle des PM10, qui doit être inférieure à la limite prévue pour la santé humaine de 40 µg/m³ imposée par le décret législatif 155/2010, a été largement respectée dans toutes les stations du réseau régional. La moyenne annuelle la plus élevée en 2023 a été enregistrée à la station de trafic de FI-Gramsci et s'élevait à 30 µg/m³ , tandis que la moyenne régionale globale était de 21 µg/m³ .

Figure 5-25 $_{PM10}$ - Valeur moyenne annuelle 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet - parc éolien offshore, et en vert, les stations les plus proches de la zone du projet – travaux de raccordement)

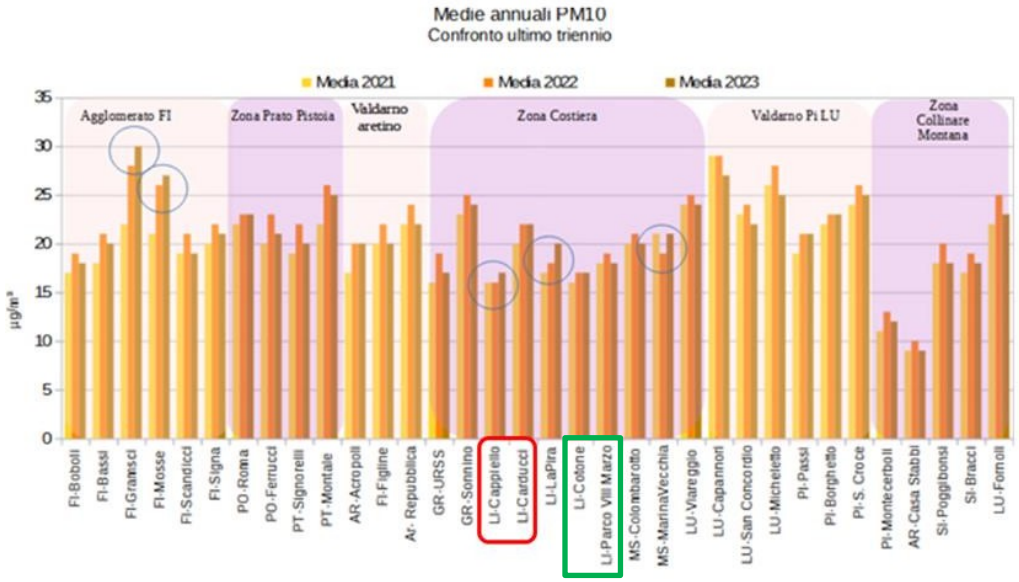


Source : ARPAT, 2024

La comparaison entre les valeurs moyennes enregistrées en 2023 et celles des deux années précédentes montre que les valeurs moyennes de la plupart des stations ont été légèrement inférieures à celles de 2022, année qui avait enregistré une augmentation par rapport à 2021, à l'exception des deux stations de trafic de Florence et de certaines stations de la zone côtière (dont Livourne Cappiello).

La moyenne régionale globale (égale à 21 µg/m^3) a également légèrement diminué depuis 2022, après une augmentation de 10 % entre 2021 et 2022.

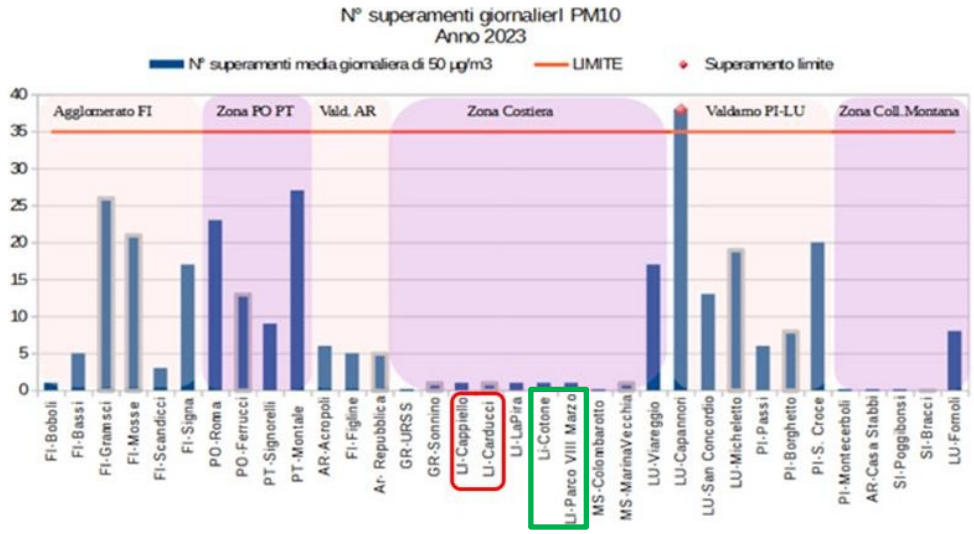
Figure 5-26 $_{PM10}$ – comparaison des moyennes annuelles (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien offshore, et en vert
les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement)



Source : ARPAT, 2024

En 2023, la limite de 35 dépassements de la moyenne journalière de 50 µg/m^3 a été respectée dans toutes les stations du réseau régional, à l'exception de la station de fond de la zone de la plaine de Lucques à LU-Capannori, qui représente depuis plusieurs années le seul point critique de la Toscane.

Figure 5-27 $_{PM10}$ - Dépassements de la limite journalière en 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet - parc éolien offshore, et en vert, les stations les plus proches de la zone du projet - travaux de raccordement)

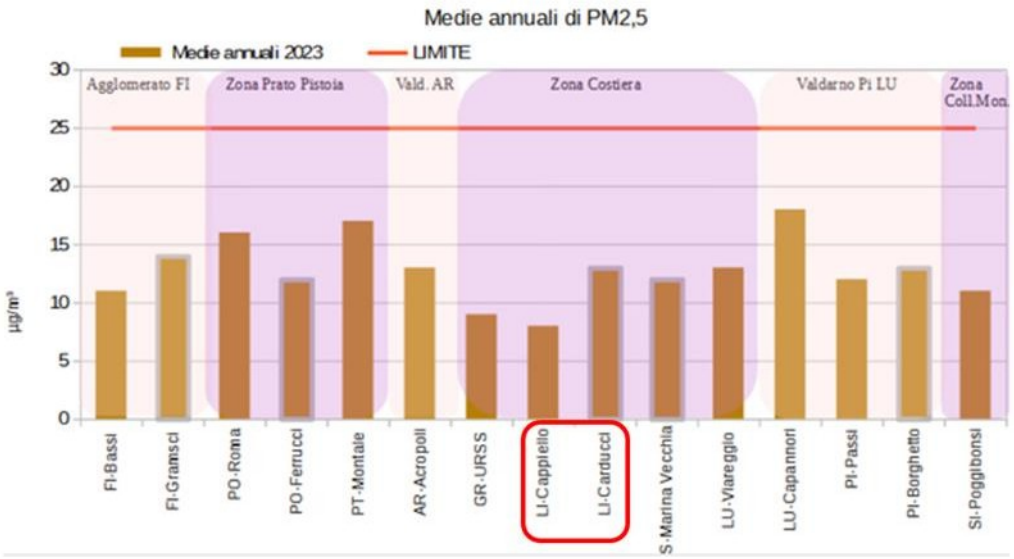


Source : ARPAT, 2024

PM2,5

Le respect de la limite réglementaire de 25 µg/m³ en moyenne annuelle a été confirmé en 2023, consolidant ainsi la situation positive de la région Toscane. La moyenne régionale était de 13 µg/m³ tandis que la moyenne maximale, en 2023 comme ces dernières années, a été enregistrée à LU-Capannori avec une valeur de 18 µg/m³ (Figure 5-28). Les stations les plus proches des ouvrages connexes ne sont pas équipées pour mesurer cet analyte.

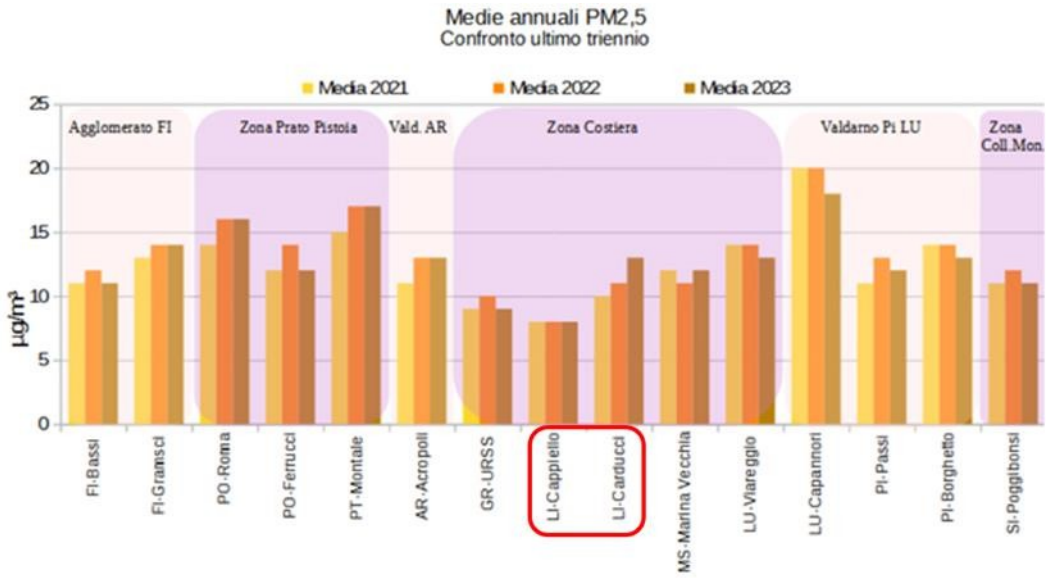
Figure 5-28 $_{PM2,5}$ - Valeur moyenne annuelle 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet - parc éolien éolien)



Source : ARPAT, 2024

La comparaison entre les valeurs moyennes enregistrées en 2023 et celles des deux années précédentes montre que les valeurs moyennes de chaque station n'ont pas varié de manière significative et que les moyennes oscillent d'une année à l'autre entre 1 µg/m³ et 2 µg/m³ . La moyenne annuelle régionale était de 13 µg/m³ , comme en 2022, tandis que la moyenne maximale de LU-Capannori, égale à 18 µg/m³ , a diminué de 10 % par rapport à la valeur de 20 µg/m³ enregistrée en 2021 et en 2022 (Figure 5-29).

Figure 5-29 $_{PM2,5}$ – Comparaison des moyennes annuelles (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien offshore)



Source : ARPAT, 2024

Dioxyde d'azote ($_{NO2}$)

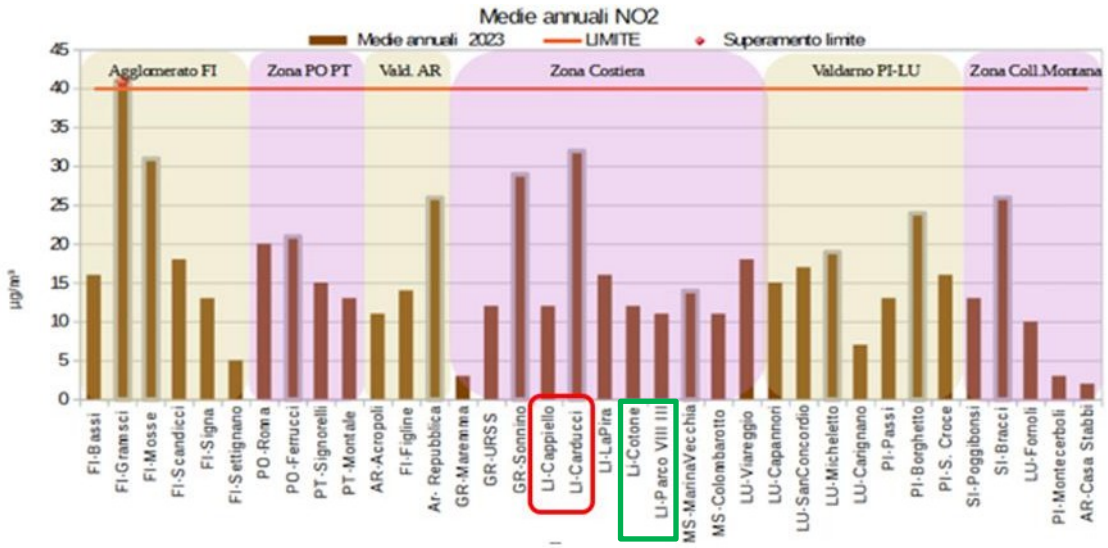
En ce qui concerne le dioxyde d'azote, le décret législatif 155/10 prévoit les limites de référence suivantes :

- moyenne horaire de 200 µg/m³ , à ne pas dépasser plus de 18 fois au cours de l'année ;
- moyenne annuelle de 40 µg/m³ .

En 2023, la limite a été respectée dans toutes les stations du réseau régional, à l'exception de la station de l'agglomération de Florence FI-Gramsci, qui, parmi les stations de mesure de type « trafic », est celle qui est exposée au flux de véhicules le plus important, enregistrant une moyenne de 41 µg/m³ . Bien qu'elle dépasse la limite pour 2023, elle confirme la tendance à la baisse observée ces dernières années. Dans toutes les autres stations du réseau régional, la moyenne était nettement inférieure à la limite réglementaire, avec une moyenne régionale globale de 16 µg/m³ (Figure 5-30).

Pour le dioxyde d'azote, la différence nette entre les valeurs moyennes enregistrées par les stations de trafic et les valeurs moyennes de fond, qui diffèrent d'un facteur >2, est confirmée, avec une moyenne de trafic de 26 µg/m³ et une moyenne de fond de 12 µg/m³ .

Figure 5-30 NO2 - Valori moyennes annuelles 2023 (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet - parc éolien offshore, et en vert, les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement)

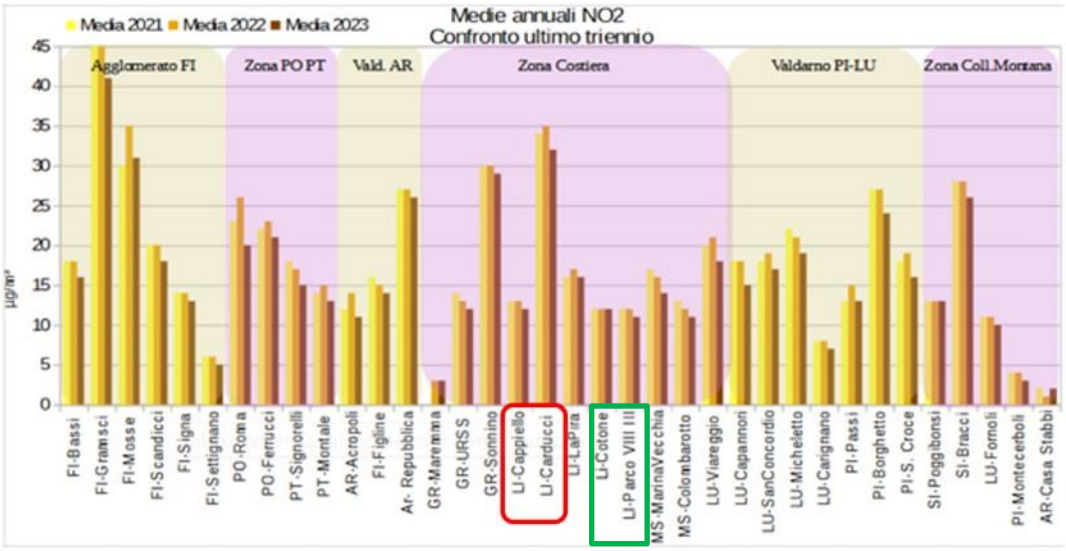


Source : ARPAT, 2024

En comparant les moyennes annuelles de NO_2 de 2023 avec celles des deux années précédentes, on constate que, pour toutes les stations, la moyenne en 2023 a été inférieure, un phénomène particulièrement marqué pour les stations présentant des valeurs moyennes élevées. Seules quelques stations caractérisées par des moyennes très faibles ont fait exception, leur moyenne étant restée constante (Figure 5-31).

La moyenne régionale de 16 µg/m^3 est inférieure de 10 % aux moyennes des deux dernières années, qui étaient de 18 µg/m^3 . En 2023, on assiste donc à la reprise de la tendance à la baisse pour le dioxyde d'azote, tendance qui s'était arrêtée en 2022.

Figure 5-31 $_{NO2}$ – comparaison des moyennes annuelles (en rouge, les stations les plus proches de la zone du projet – parc éolien offshore, et en vert les stations les plus proches de la zone du projet – ouvrages de raccordement)



Source : ARPAT, 2024

La limite de 18 dépassements de la moyenne horaire de 200 µg/m³ a été respectée en 2023 dans toutes les stations du réseau régional, sans qu'aucun dépassement n'ait été enregistré.

Ozone ($_{O3}$)

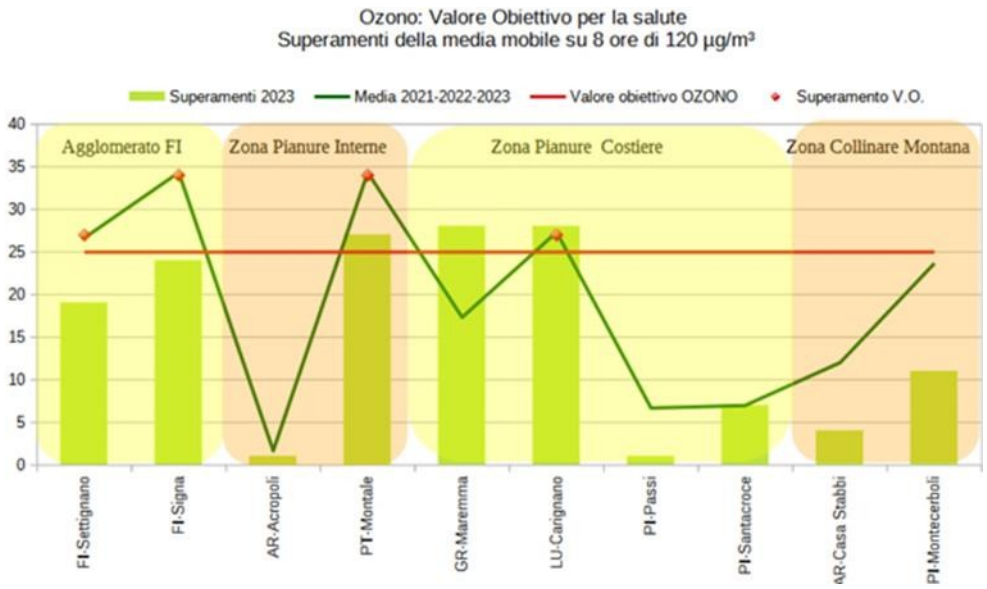
En ce qui concerne l'ozone, le décret législatif 155/10 fixe les limites de référence suivantes :

- moyenne mobile sur 8 heures égale à 120 µg/m³ , à ne pas dépasser plus de 25 fois comme valeur cible pour la protection de la santé humaine ;
- AOT 40 (*Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb*) égale à 18,00 µg/m³ h comme valeur cible pour la protection de la végétation, évaluée uniquement dans les stations de surveillance utilisées pour l'évaluation de l'exposition de la végétation ;
- seuil d'information égal à 180 µg/m³ ;
- seuil d'alerte égal à 240 µg/m³ .

L'ozone est le paramètre le plus critique pour la région Toscane et, en 2023, trois stations sur dix ont enregistré plus de 25 dépassements de la moyenne mobile (sur 8 heures) d'ozone de 120 µg/m³ : PT-Montale, GR-Maremma et LU-Carignano.

En raison de l'influence importante des conditions météorologiques, en particulier du rayonnement solaire estival, sur la formation de ce polluant, les indicateurs $_{d'O3}$ subissent d'importantes variations d'une année à l'autre, c'est pourquoi la valeur cible est définie comme la moyenne des trois dernières années.

Figure 5-32 $_{O3}$ – Valeur cible pour la santé et dépassements de la moyenne mobile sur 8 heures



Source : ARPAT, 2024

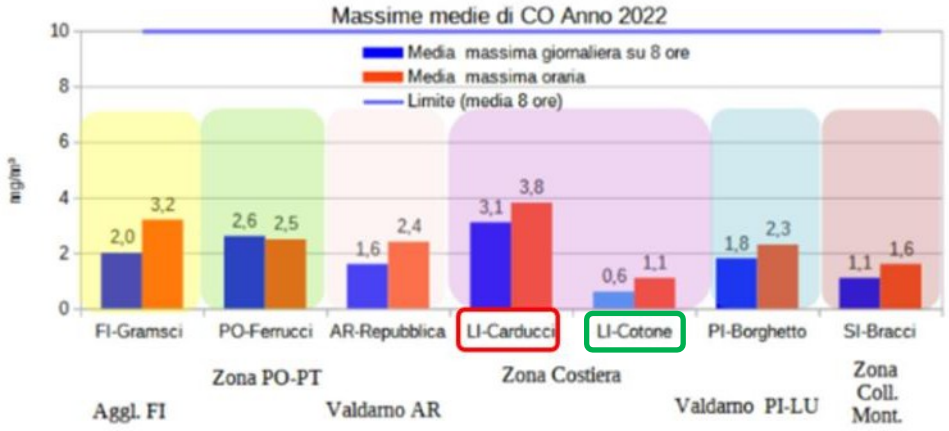
Les moyennes horaires maximales enregistrées en 2023 ont été inférieures au seuil d'information de 180 µg/m^{3}pour toutes les stations, de sorte qu'aucun dépassement des seuils d'attention ou d'alerte n'a été constaté.

Monoxyde de carbone (CO)

Les données 2023 pour le monoxyde de carbone ne sont pas encore disponibles, c'est pourquoi les valeurs de CO enregistrées par toutes les stations du réseau régional en 2022 sont indiquées (ARPAT, 2022). La limite imposée par le décret législatif 155/2010 pour la moyenne quotidienne maximale sur 8 heures est de 10 mg/m^3 .

Comme le montre la figure 5-33 , les valeurs de CO enregistrées par toutes les stations sont largement inférieures à la limite imposée.

Figure 5-33 Moyennes maximales de CO pour l'année 2022 (en rouge, la station la plus proche de la zone du projet – parc éolien offshore, et en vert, la station la plus proche de la zone du projet – travaux de raccordement)



Source : ARPAT, 2024

5.4.4 Environnement marin

La zone marine du projet est située à environ 55 km de la côte toscane, et donc des sources de pollution atmosphérique associées.

Pour la partie onshore, aucun dépassement des limites légales pour les polluants destinés à protéger la santé humaine n'est signalé, à l'exception de l'ozone.

Compte tenu des caractéristiques morphologiques de la zone marine, à savoir l'absence d'obstacles à la circulation de l'air et la présence de vents dans la zone marine du projet, on peut supposer que la qualité de l'air ne représente pas un problème critique.

5.5 Géologie et géomorphologie

5.5.1 Cadre géologique et géomorphologique des zones maritimes

Le bassin de la mer Méditerranée est né de la convergence entre les plaques africaine et eurasienne qui a débuté à la fin du Crétacé. On distingue deux bassins principaux, la Méditerranée occidentale et la Méditerranée orientale, séparés par le canal de Sicile. Ils ont suivi une évolution tectonique différente qui se reflète dans les différents processus géologiques et dans les morphologies des fonds marins qui caractérisent chacun des bassins.

Le nord-ouest de la Méditerranée, où se situe le projet, est défini comme la partie du bassin située au nord du seuil tectonique sarde-baléare, zone de rapprochement maximal des marges continentales opposées (Fanucci *et al.*, 1994).

La côte toscane s'étend sur plus de 600 km, avec environ 400 km de terre ferme et 200 km de côtes insulaires de l'archipel toscan. On peut distinguer trois types de littoral : les littoraux avec des côtes basses et

sableuses, côtes rocheuses et élevées, côtes de l'archipel avec une prédominance de côtes élevées et rocheuses. Le plateau continental entre le golfe de La Spezia et l'île d'Elbe est large et présente une légère pente, surtout entre Livourne et l'île d'Elbe, et s'étend sur 35 à 40 km depuis la côte, jusqu'à environ -150 m de profondeur. Entre les îles de Capraia et Gorgona, la plate-forme est coupée par le canyon de l'île d'Elbe qui descend en profondeur vers le nord-ouest. Les fonds marins entre l'île d'Elbe et l'Argentario sont constitués d'un seul bassin, délimité à l'ouest par la dorsale de l'île d'Elbe, à l'est par la côte toscane et au nord par le canal de Piombino et l'île d'Elbe.

La côte toscane entre Livourne et le promontoire de l'Argentario est caractérisée par la présence des îles de l'archipel toscan, qui forment une sorte de bande arquée dont la convexité est tournée vers la Corse, dont elles sont séparées par le bassin et le canal qui tirent leur nom de celle-ci. Alors que presque toutes les îles émergent des eaux peu profondes du plateau continental, des profondeurs plus importantes (> -200 m) sont enregistrées dans le canal de Corse.

En ce qui concerne la géomorphologie des zones maritimes, selon les données publiées par l'ISPRA relatives à l'« Atlas des structures volcaniques sous-marines italiennes »[6] , plusieurs secteurs volcaniques ont été identifiés dans la mer Ligure : en particulier, ceux qui sont les plus proches du projet sont le secteur volcanique ligure et le secteur volcanique corse-sarde. Le secteur volcanique sous-marin ligure se trouve dans la partie nord de la mer Tyrrhénienne, entre la bordure nord de la Corse et la côte ligure. Le secteur volcanique sous-marin corse-sarde se trouve dans la partie occidentale de la mer Tyrrhénienne, le long de la bordure orientale de la Corse et de la Sardaigne. Ce secteur est formé d'édifices composites, parmi lesquels le Cornacya Seamount, le Cornaglia Seamount, l'île de Capraia et le Quirinus Seamount.

Le bâtiment volcanique le plus proche de la zone du projet offshore est l'île de Capraia. L'île s'étend sur 7 km dans le sens NNE-SSW et mesure 3,5 km de large. Son extension sous le niveau de la mer n'a jamais été entièrement définie. Dans la reconstruction morphologique connue à ce jour, l'édifice submergé s'étend sur la même longueur que l'île, soit 29 km, et sur une largeur de 22 km. La base de l'édifice atteint une profondeur maximale de -463 m sur le flanc ouest, tandis que la partie est est moins profonde (-106 m). La hauteur moyenne submergée est d'environ 306 m.

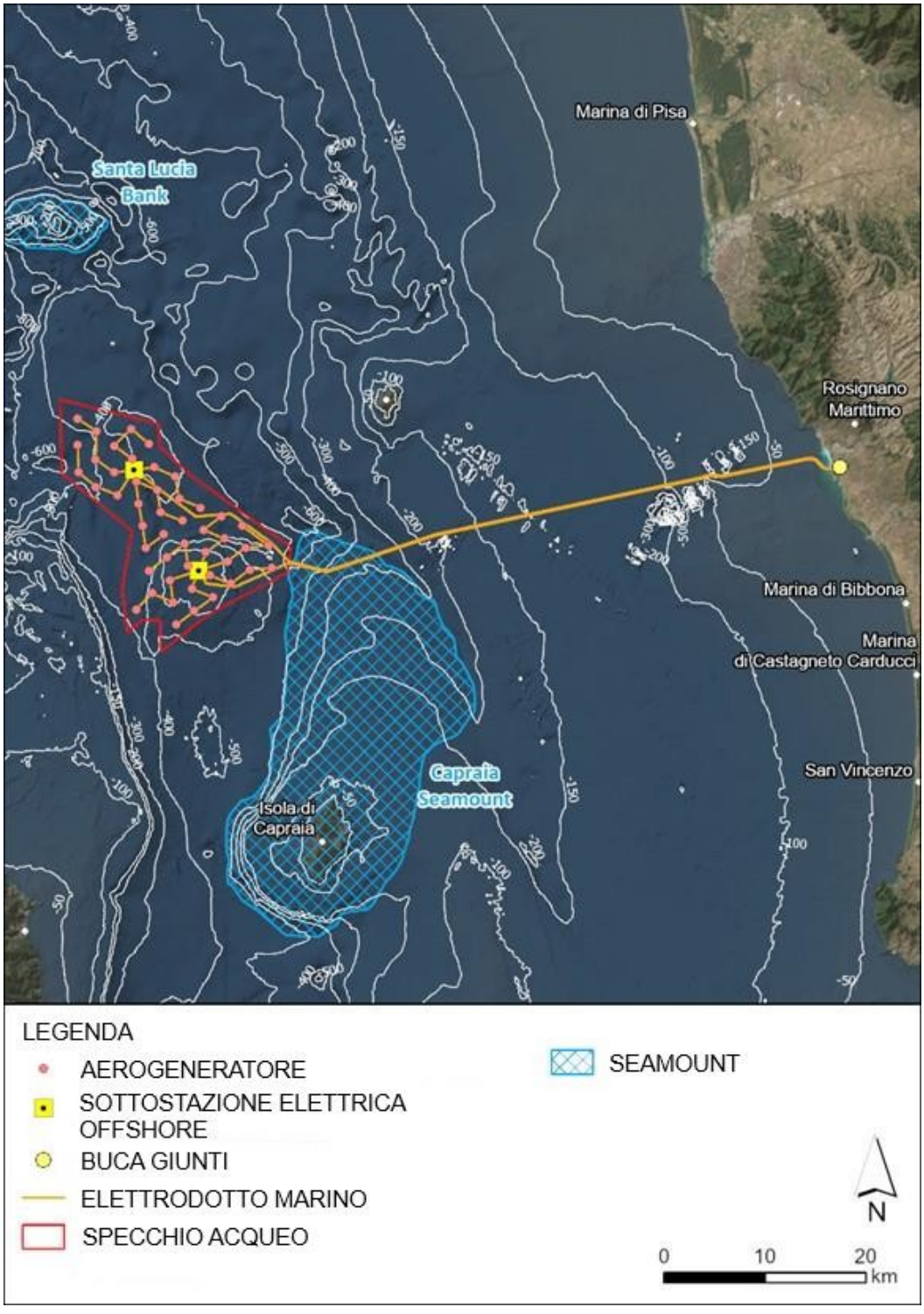
Plus précisément, comme le montre la figure ci-dessous, la zone du parc éolien n'affecte pas la partie sous-marine du mont sous-marin de l'île de Capraia[7]. Le couloir de pose des câbles d'exportation traverse quant à lui la partie nord du volcan sous-marin et certaines lignes tectoniques.

Pour plus de détails sur les caractéristiques sismotectoniques, voir le paragraphe 5.5.4.

6 Atlas des structures volcaniques sous-marines italiennes — Italien (isprambiente.gov.it) (2019)

7 Selon les limites définies par : EGDI (geus.dk) (2024)

Figure 5-34 Géomorphologie et tectonique de la zone du projet



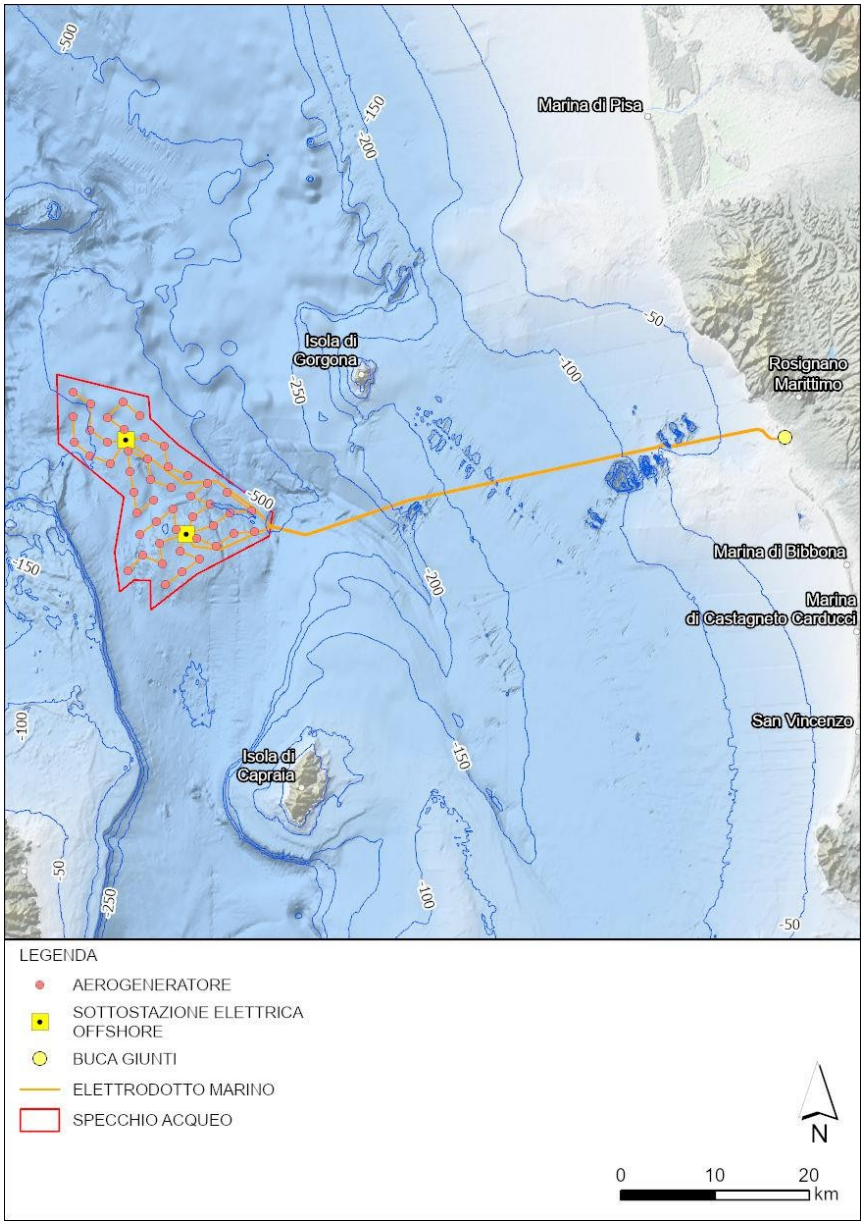
Source : EMODnet Geology – Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

5.5.2 Géomorphologie et bathymétrie

La zone du projet éolien se situe dans la mer Ligure, qui est la partie la plus septentrionale de la Méditerranée occidentale. La limite sud-ouest est délimitée par une ligne imaginaire reliant Punta di Revellata, à l'ouest de Calvi, en Corse du Nord, à Capo Ferrato, à l'est de Nice, tandis que la limite sud-est, qui le sépare de la mer Tyrrhénienne, s'étend entre Capo Corso et le promontoire de Piombino, en passant par le canal de Corse, l'île d'Elbe et le canal de Piombino.

La bathymétrie qui concerne la zone du parc éolien (voir ATI-AMB-VIA-INQBAT-D36-00) varie entre un minimum de -250 m et un maximum d'environ -630 m (Figure 5-35). Le tracé des câbles d'exportation traverse d'abord une zone dont la bathymétrie est d'environ -500 m, puis la zone du mont sous-marin de l'île de Capraia où la bathymétrie augmente légèrement, atteignant environ -300 m. Le tracé des câbles d'exportation se poursuit jusqu'à la zone d'atterrage, située au sud-ouest de Rosignano Marittimo, sur des fonds marins d'environ -100 m, et atteint la ligne de côte près des plages de Vada.
Les études ont montré que la zone du projet se caractérise par des fonds marins avec des affleurements rocheux et des substrats vaseux-sableux. Le tracé des câbles d'exportation, en revanche, traverse différents substrats, tels que de la vase fine et du sable vaseux, en évitant la zone de *Posidonia oceanica* cartographiée dans la dernière partie correspondant aux Secche di Vada.

Figure 5-35 Bathymétrie de la zone marine du projet



Source : EUSM, 2019 - Élaboration ERM, 2024 sur la base du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

5.5.2.1 Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique

Afin de mieux caractériser la zone, des études environnementales spécifiques ont été menées avec des relevés acoustiques préliminaires à l'aide d'un sondeur multifaisceaux (MBES) et d'un sonar à balayage latéral (SSS). Les enquêtes ont été menées en deux périodes distinctes, en distinguant le secteur côtier (considéré à partir de la ligne de côte jusqu'à une bathymétrie de -100 m), le secteur offshore qui comprend la partie des ouvrages linéaires (tracé des conduites) et la zone du projet offshore (emplacement des éoliennes).

Les études côtières ont été menées entre le 21 juin et le 10 juillet 2024, tandis que les études offshore ont été menées entre le 26 juin et le 17 juillet 2024, couvrant dans les deux cas 100 % de la zone. De plus amples détails sur les études sont disponibles dans les documents suivants :

- « Secteur côtier - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) » ;
- « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) ».

Comme le confirment également les images satellites disponibles, le secteur côtier semble être caractérisé par la présence de vastes étendues de fonds rocheux, qui occupent partiellement le couloir, au nord et au sud, jusqu'à environ -20 m de profondeur.

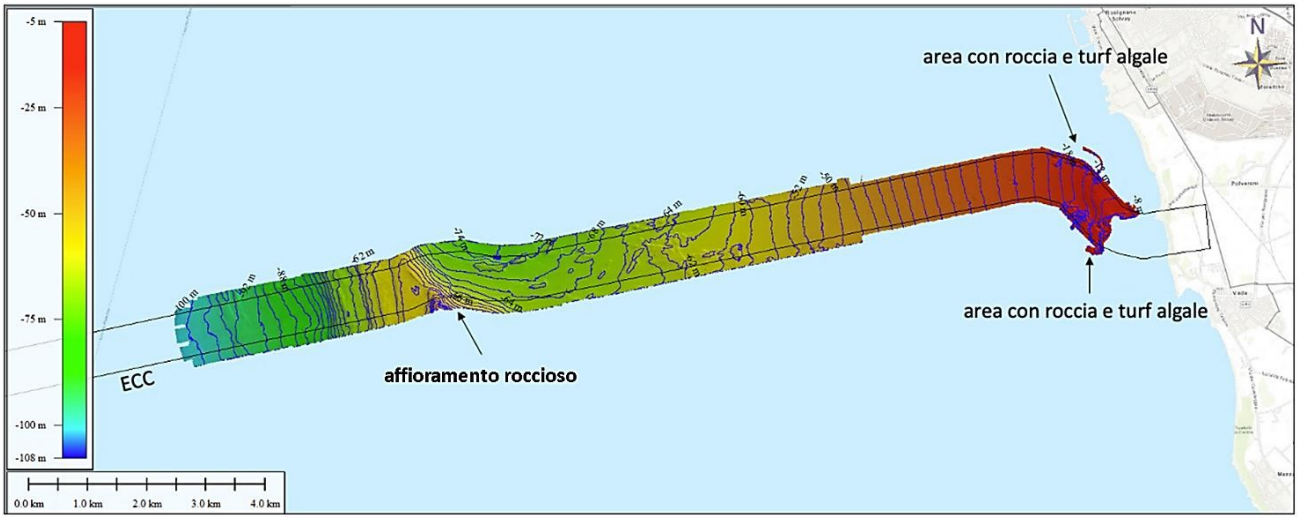
Entre environ -20 m et environ -50 m de profondeur, le fond marin descend vers le large, avec une pente initialement inférieure à 0,40° en moyenne, puis d'environ 0,50° à partir d'environ -35 m. Dans cette zone, on trouve des zones rocheuses sporadiques peu étendues (probablement des vestiges *de beachrock*, c'est-à-dire des secteurs de sol cimenté) et de petits blocs épars.

De -50 m à -70 m de profondeur, la morphologie devient légèrement plus articulée en raison de la présence de formes positives dispersées dans tout le couloir, qui pourraient être associées à des vestiges de *beachrock* et qui produisent des dénivelés minimes de l'ordre du mètre.

À partir d'une profondeur d'environ -70 m, le fond marin remonte d'environ -12 m, avec des pentes de plus de 2°, puis redescend de manière irrégulière jusqu'à environ -85 m. Ce secteur définit un affleurement rocheux qui s'étend dans la direction NO-SE et tend à perdre sa valeur morphologique vers le N ; il présente des gradients irréguliers et localement élevés.

À partir de -85 m, le fond redevient assez régulier et descend en pente douce vers le large, avec un gradient inférieur à 0,5°.

Figure 5-36 a) carte morpho-bathymétrique du secteur littoral et du tracé du câble sous-marin (ECC, Export Cable Corridor) ; isobates tous les 2 m



Source : Secteur côtier - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

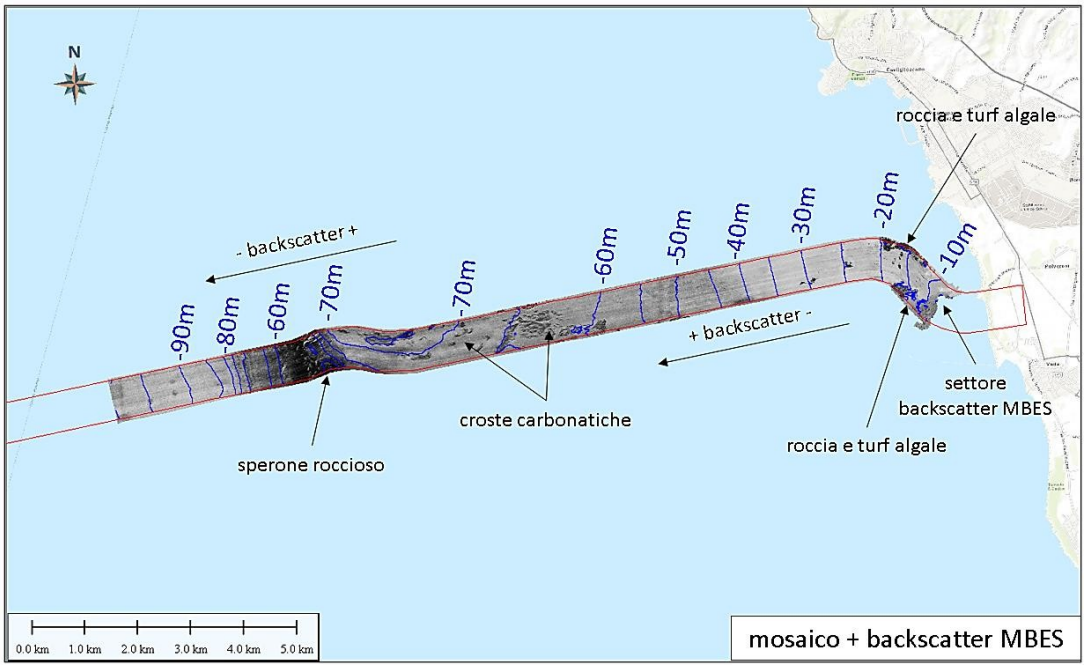
Les données Side Scan acquises dans le secteur côtier montrent une zone à moins de 20 m de profondeur où se trouvent de vastes zones rocheuses recouvertes d'un épais tapis d'algues et des zones à faible à moyenne rétrodiffusion constituées de sables fins et de sédiments boueux qui s'étendent jusqu'à environ 40 m.

Au-delà de -40 m et jusqu'à environ -60/-65 m, le fond marin présente une rétrodiffusion plus importante, probablement due à la prédominance de sables, avec des traces abondantes de pêche au chalut.

Vient ensuite, jusqu'à environ -70 m de profondeur, une zone où abondent certaines formes positives à forte rétrodiffusion attribuables à des sols cimentés principalement carbonatés (beachrock relitti) qui se posent sur un fond sableux (rétrodiffusion moyenne à élevée).

À environ -70 m, on observe un affleurement rocheux (rétrodiffusion très élevée), orienté approximativement NO-SE, au-delà duquel le fond descend en pente douce vers le large, présentant à nouveau une rétrodiffusion moyenne à faible.

Figure 5-37 Mosaïque (en haut) et backscatter du MBES (en bas) de la zone d'étude.
De environ -5 à environ -10 m WD, la mosaïque est complétée par les données de backscatter provenant du MBES.





Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

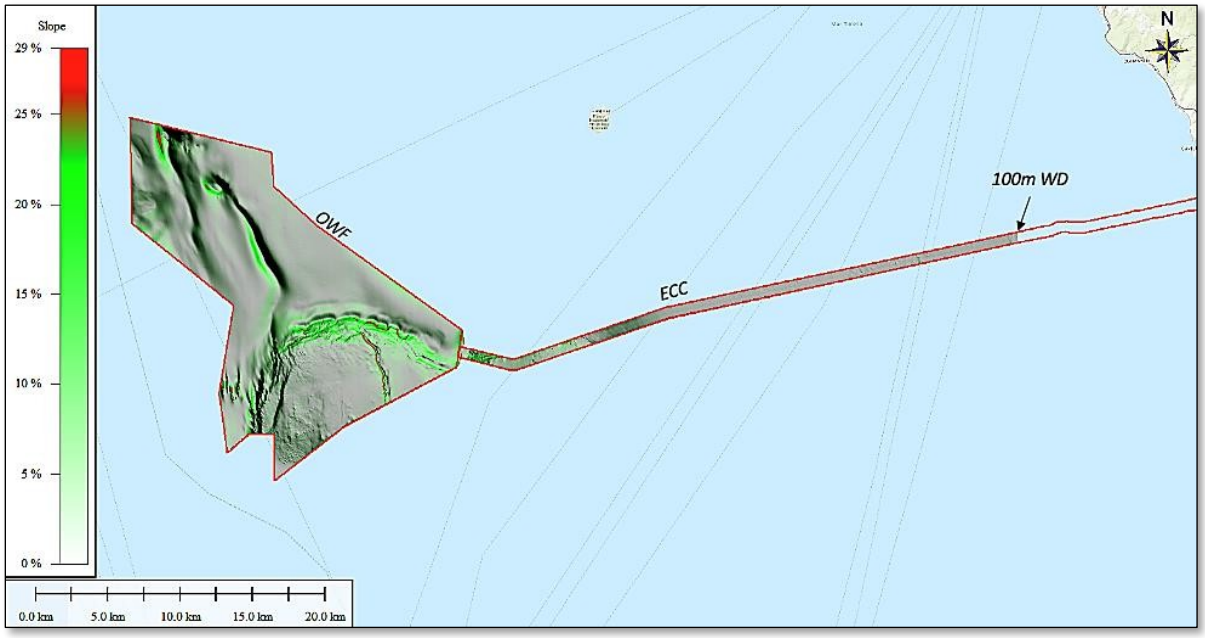
En ce qui concerne le secteur ECC (compris entre -100 m et environ -530 m), les données recueillies par Multi-beam montrent que le tronçon examiné présente certaines irrégularités jusqu'à -180 m, certaines liées à la présence sporadique de remontées de fluides, suivies d'un talus caractérisé par le décollement des sédiments superficiels, qui ont tendance à créer des ondulations en raison de leur lent mouvement vers le large. Il se termine sur un secteur à

environ -340 m, où une partie d'une structure positive s'étendant vers le sud-est a été détectée, précédée d'un tronçon de canal, orienté est-ouest, qui traverse entièrement l'ECC. Enfin, un escalier morphologique (entre -400 m et -520 m) de nature rocheuse introduit le site OWF.

La zone OWF présente, en revanche, dans le secteur sud, un large relief morphologique qui s'élève jusqu'à environ -250 m WD ; dans le secteur central, elle présente deux larges dépressions, l'une linéaire et l'autre ovale dans le secteur nord-ouest, introduite par un large gradin morphologique orienté N-S, qui présente deux dépressions approximativement ovales séparées par une crête NNO-SSE.

Une carte des pentes est présentée à la figure 5-38.

Figure 5-38 Carte des pentes



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En ce qui concerne les données acquises par sonar à balayage latéral et MBES à rétrodiffusion, il apparaît que pour le tronçon de l'ECC examiné, entre -100 et -520 m, la rétrodiffusion augmente progressivement de faible à moyenne entre -100 m et -120 m. Le reste de l'ECC présente une rétrodiffusion moyenne, à l'exception de certaines zones situées aux bords du relief morphologique à -340 m et le long du gradin entre -400 m et -520 m, où l'on trouve de vastes zones à rétrodiffusion élevée/très élevée, caractérisées par des affleurements rocheux.

Le secteur offshore présente généralement une rétrodiffusion moyenne, où l'on reconnaît d'abondantes traces dues à l'intense activité de pêche au chalut. Il existe des zones localisées à rétrodiffusion élevée/très élevée tout le long du bord du haut morphologique et le long des principales caractéristiques de la zone (escarpement N-S au sommet du haut morphologique, dépressions dans le secteur central, dépression le long de la limite NO du site).

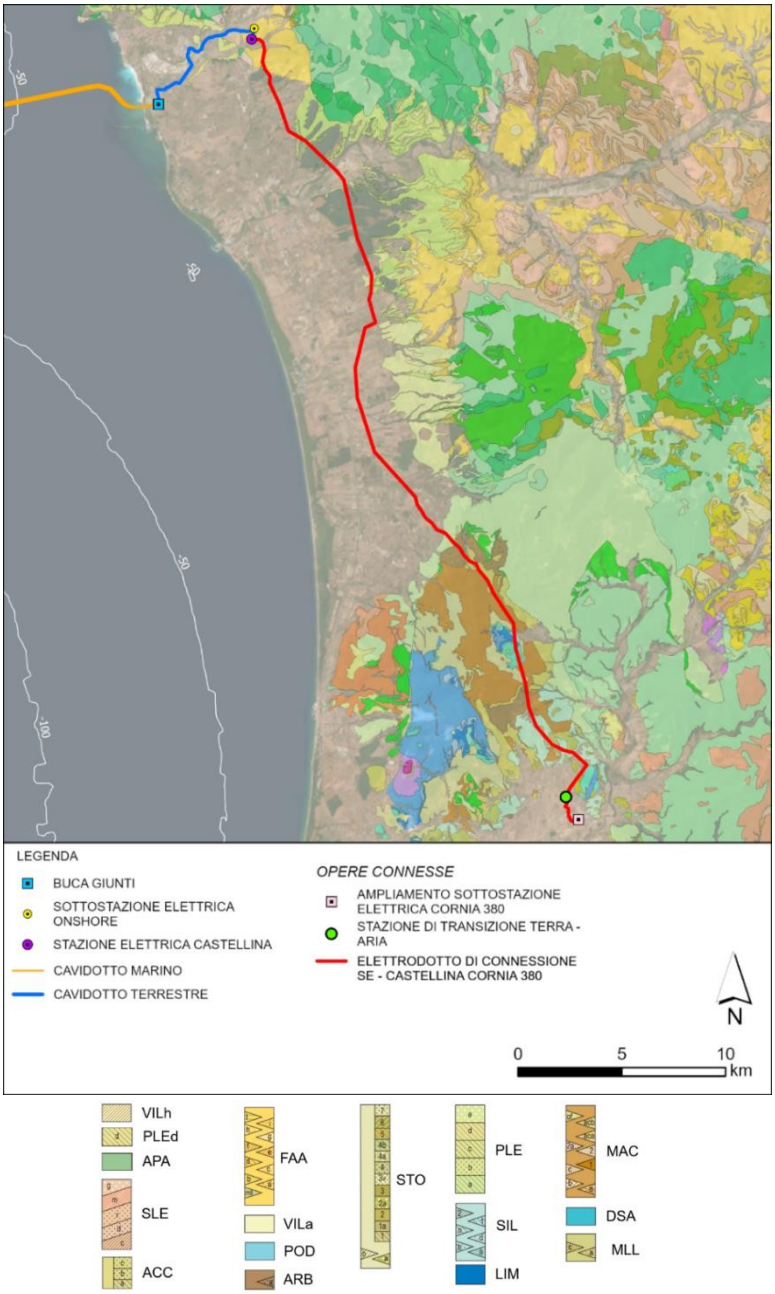
En conclusion, la zone littorale (jusqu'à environ -20 m) est caractérisée par des affleurements rocheux occupant une partie du couloir, une zone comprise entre -20 m et -50 m où se trouve une conduite protégée par des dissuadeurs et deux zones associées à la présence de récifs rocheux, et enfin une zone comprise entre -50 m et -100 m avec de vastes zones de beachrock reliques, une large dépression à la limite nord de l'ECC et un affleurement rocheux qui s'élève jusqu'à -50 m. Compte tenu des variations de la rétrodiffusion, on distingue des zones à rétrodiffusion moyenne-faible, en raison de la présence de sédiments à granulométrie moyenne-fine, et des zones à rétrodiffusion très élevée, témoignant de l'existence de zones de beachrock reliques, de sédiments grossiers, de roches subaffleurantes et affleurantes et de blocs épars.

Le couloir (ECC), compris entre -100 m et environ -520 m, présente des irrégularités jusqu'à -180 m. Le talus continental est caractérisé par un décollement des sédiments superficiels, jusqu'à atteindre une zone à environ -340 m, où une partie d'une structure positive a été détectée, précédée d'un tronçon de canal qui traverse entièrement l'ECC. Enfin, il est suivi d'un escalier morphologique (entre -400 m et -520 m) de nature rocheuse qui introduit la zone du parc éolien. Le tronçon de l'ECC examiné présente également des traces d'activité de pêche sur les fonds marins. Enfin, la zone du parc éolien présente un secteur sud avec une large élévation morphologique et un secteur nord caractérisé par deux dépressions séparées par une crête.

5.5.3 Cadre géologique et géomorphologique des zones onshore

La zone de la plaine côtière commence au sud de Castiglioncello, elle est constituée de formations quaternaires et se caractérise par une très faible pente. Il ne s'agit pas d'une « plaine » au sens propre du terme, sauf au niveau des dépôts alluviaux holocènes. La plaine côtière est constituée d'une succession de terrasses : les plus récentes sont plus basses et très peu inclinées, les plus anciennes, vers l'amont, sont un peu plus élevées et toujours peu inclinées, mais un peu plus accentuées. La conservation d'anciens paléosols au niveau de la plaine côtière de Rosignano et de Vada à l'ouest de la Via Aurelia, formés pendant la dernière phase glaciaire du Wurm, garantit que ces zones n'ont pas été ou ne sont pas soumises à d'importants phénomènes d'érosion active. Cela garantit, en dehors des zones correspondant ou proches des cours d'eau, ainsi que la très faible pente, la stabilité morphologique globale de la zone, dans laquelle il n'y a pas de signes significatifs de glissements de terrain ou d'affaissement.

Figure 5-39 Géologie de la zone du projet



Source : Geoscopio Regione Toscana, [20248]

[8] https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html/ (2024)

Le littoral de la commune de Rosignano Marittimo s'étend sur environ 22 km le long de la mer Ligure, principalement dans une direction nord-sud. À proximité de la zone d'accostage, les principaux éléments physiographiques sont constitués par le petit promontoire de Castiglioncello, qui s'étend vers le sud-ouest sur un peu plus de 500 m. À partir du promontoire, on observe environ 3 km de côte basse et rocheuse jusqu'à la pointe Lillatro, où la côte devient sablonneuse. Dans cette zone, on note la présence de l'embouchure du fleuve Fine et des « plages blanches » jusqu'à la jetée Solvada. La zone d'atterrage des câbles d'exportation est située à environ 1 km au nord de la jetée. La zone au sud de la jetée se caractérise par la présence de la marina de Vada et des plages de Vada et du Tombolo di Cecina. La plage de Vada n'a pas une forme régulière en raison des protubérances de Punta di Pietrabianca - Punta Catena et de Punta del Tesorino, dues à la réfraction des vagues sur les récifs rocheux situés en face, qui culminent dans les fonds marins du phare, à 7,5 km au large de ce dernier (Commune de Rosignano Marittimo, 2003).

La commune de Rosignano Marittimo présente la configuration géomorphologique la plus typique et la plus fréquente de la côte toscane, avec une zone plus élevée de « hautes collines » ou « montagnes », qui correspond au pilier tectonique des « Monti Livornesi », une zone vallonnée d'altitude moyenne, qui correspond à la fosse tectonique coïncidant avec les affleurements des dépôts du Miocène supérieur et du Pliocène du bassin du Fine, et une zone plate de terrasses eustatiques qui correspond aux sédiments pléistocènes de la fosse tectonique la plus récente, identifiable avec la plaine de Rosignano Solvay - Vada. Des dépôts alluviaux, des marais côtiers et des dunes récentes font partie de la zone plate de la partie terminale de la vallée du fleuve Fine et de la basse plaine côtière de Vada.

La zone de la plaine côtière du territoire communal est occupée par une succession de zones en terrasses, à faible pente et essentiellement stables, qui se terminent par le littoral sablonneux présent de Punta Lillatro à Marina di Bibbona. Depuis la fin de la période glaciaire (Ve millénaire avant J.-C.), l'environnement naturel côtier, caractérisé par des lagunes côtières, des marais derrière les dunes et des dunes de sable, s'est maintenu jusqu'au milieu du siècle dernier. Le recul progressif des plages qui s'est produit par la suite et qui se poursuit encore aujourd'hui est attribué par toutes les études spécialisées en partie à l'assèchement des marais et à la digue de S. Luce sur le fleuve Fine, mais surtout à l'extraction de granulats dans le bassin du fleuve Cecina, qui a rompu l'équilibre des débits solides et provoqué un déficit sédimentaire et une érosion conséquente. Les décharges de sables carbonatés d'origine industrielle (« Spiagge Bianche ») ont représenté le seul apport significatif récent de sédiments (Commune de Rosignano, 2017).

Pour évaluer la stabilité géomorphologique du territoire communal, une classification des formations géologiques affleurantes a été réalisée en regroupant celles qui présentent des caractéristiques similaires afin de caractériser la stabilité des sols et des versants.

La zone étudiée se caractérise par des formes de paysage différentes, attribuables aux différentes caractéristiques lithologiques des sols qui constituent le substrat. Les zones où affleurent les dépôts alluviaux actuels et récents et les dépôts plio-pléistocènes appartenant aux cycles continentaux et marins sont caractérisées par les plaines côtières de la zone littorale de Livourne, par la plaine intérieure de la vallée de la Cornia et par les formes arrondies des zones de raccordement aux collines pisane. Dans la partie sud du tracé, au niveau de l'affleurement des roches carbonatées du Dominio Toscano, la nature lithologique des

lithotypes confère au paysage des formes bien définies, avec des pentes à forte inclinaison, où les instabilités sont principalement limitées à la couche superficielle altérée. Au niveau des affleurements des membres appartenant aux unités ligures, subligures et non carbonatées de la Falda Toscana, appartenant principalement à des formations de type flyschoïde à lithologie calcaire-marneuse-sableuse, avec des éléments à forte composante argileuse, les reliefs prennent des formes moins accidentées, avec une inclinaison des pentes généralement modeste (20-30°). La stabilité des pentes, s'agissant généralement de formations stratifiées avec des intercalations argileuses, est influencée par la position des couches. Le long des pentes caractérisées par l'affleurement de la formation à composante argileuse prédominante, on observe une plus grande fréquence de phénomènes de glissements de terrain quiescents, principalement des coulées ou des glissements.

Comme le montrent les tableaux joints au « Rapport géologique (ATI-ING-PTO-RELGEO-R115-00) » utilisés pour vérifier les éventuelles interférences entre les travaux du projet et l'emplacement des glissements de terrain recensés dans l'Inventaire des glissements de terrain en Italie (IFFI), disponible sur le portail de l'ISPRA, aucun des travaux prévus dans le projet (SE en projet, canalisation, soutènements) n'est situé dans des zones de glissement de terrain.

En ce qui concerne la zone du projet - travaux de raccordement, le premier tronçon de la ligne concerne non seulement la partie sud-est de la commune de Rosignano Marittimo, mais aussi la partie ouest de la commune de Castellina Marittima. D'un point de vue géomorphologique, la zone autour de la zone industrielle, où se développe le tracé de la ligne reliant les hypothèses 4 et 5 d'emplacement de la nouvelle station électrique de Castellina, est constituée de terrains alluviaux plats stables (tableau QC GEO2.3 du plan opérationnel communal) et non affectés par les dynamiques morpho-évolutives fluviales (en particulier le torrent Fine qui coule à proximité de la zone susmentionnée).

Le territoire suivant concerné par la ligne en question est celui des communes de Castellina, Riparbella et Montescudaio. Les nombreuses formations qui constituent le territoire des communes susmentionnées sont attribuables au Complexe néo-autochtone et au Complexe du Domaine ligure. Au sein de ces deux complexes, on distingue ensuite des dépôts individuels, comprenant à leur tour un nombre variable de formations. Les dépôts identifiés, de bas en haut, sont les suivants :

- les dépôts du Dominio Ligure, qui constituent le substrat pré-néogène, référencés à l'Unité Ophiolitique (Monts de Castellina, Riparbella et Terriccio) ;
- dépôts néoautochtones toscans syn-rift, subdivisés en :
    - les dépôts miocènes (torrent Marmolaio-marge sud du Val di Fine, localité Strido, marge occidentale du Terriccio, Val di Lopia) ;
    - dépôts plio-pléistocènes (Val di Fine, bord occidental du Terriccio, bassin néogène de Montescudaio) ;
- dépôts néoautochtones toscans post-rift, pliocènes (marge occidentale du Terriccio, Torrente Acquerta, versant occidental des collines de Montescudaio) ;
- dépôts récents et actuels.

La partie occidentale du territoire de la commune de Castellina Marittima, concernée par le tracé de la ligne en question, est caractérisée en grande partie par des dépôts alluviaux de fond de vallée formés par les différents cours d'eau présents dans la zone (torrent Marmolaio, torrent Pescera, Botro del Caricatoio, Botro del Gonnellino). Ces zones alternent avec des mouvements collinaires du Pléistocène inférieur moyen (argiles bleues) (Tableau QG 01 Nord).

En continuant vers le sud, le tracé traverse la commune de Riparbella (environ 2100 m) puis celle de Montescudaio (environ 1800 m). Dans la commune de Riparbella, la zone concernée est de type vallonné (complexe des formations de Facies Ligure de la période crétacée), tandis que l'entrée suivante dans le territoire de la commune de Montescudaio est caractérisée par la traversée du fleuve Cecina (qui représente dans ce tronçon la frontière entre les deux communes) et du dépôt alluvial correspondant au fond de la vallée (Tableau QG 01 Sud).

En continuant le long du tracé de la ligne, on trouve la commune de Guardistallo, concernée par un court tronçon d'environ 1 400 m. Le territoire de la commune de Guardistallo est situé dans la partie centre-ouest de la région Toscane, à la limite centre-ouest de la province de Pise, dans la partie terminale de la basse vallée du fleuve Cecina. Le territoire présente un relief manifestement vallonné ; l'altitude maximale (304 m au-dessus du niveau de la mer) est atteinte au niveau du centre habité, point culminant de la crête qui sépare la vallée côtière à l'ouest de la vallée du torrent Sterza à l'est, affluent gauche du Cecina. Le versant occidental, du nord au sud, est sillonné par le Botro Il Rio, qui marque la limite avec le territoire communal de Montescudaio, par le Botro Trogoli, qui se jette dans le précédent, par le Botro Canapai et par le torrent Linaglia, qui marque la limite avec le territoire communal de Casale Marittimo. Le versant oriental, du nord au sud, est quant à lui sillonné par le Botro Pelliccia et le Botro del Poggio, affluents gauches du fleuve Cecina, ainsi que par le Fosso Cerreta et le Botro Camperi, affluents gauches du torrent Sterza. La ligne électrique traverse l'extrême ouest du territoire communal, presque entièrement boisé, dont la formation géologique remonte au Pléistocène moyen, pour descendre finalement dans l'étroite vallée du Torrente Linaglia, qui marque dans cette partie la limite avec la commune de Casale Marittimo.

Cette commune est traversée par la ligne électrique sur une longueur d'environ 1 600 m. Les formations géologiques affleurantes sur le territoire concerné font partie de deux complexes géologiques différents : le complexe du Dominio Ligure et le complexe néoautochtone. Le premier est représenté par les formations géologiques générées dans le cadre de l'ouverture du paléo-océan ligure-piémontais au cours du Mésozoïque, le second est représenté par les sédiments déposés à l'intérieur des grabens liés à l'ouverture du bassin tyrrhénien plus récent, à la fin du Cénozoïque et au Quaternaire. Le territoire traversé par la ligne appartient à la succession néogène de la Toscane méridionale (sables roses de Val di Gori, argiles de Colombaia). D'un point de vue géomorphologique, il n'y a pas d'éléments notables à signaler, si ce n'est de modestes zones de dépôts alluviaux récents dus à la présence de quelques fossés mineurs.

Entre les territoires de Castellina et Riparbella et ceux de Casale Marittimo et Bibbona, le tracé empiète sur deux courts tronçons sur le territoire de la commune de Cecina. Ce territoire est situé dans la partie terminale du cours du fleuve Cecina et représente, pour l'essentiel, la partie la plus large de sa plaine alluviale. À l'intérieur des terres, on trouve des reliefs vallonnés, qui s'étendent principalement à l'extérieur du territoire communal, dont les pentes descendent doucement vers l'ouest : l'énergie des cours d'eau qui descendent de ces

Les hauteurs déterminent la formation de petites vallées encaissées, correspondant pour la plupart à la section hydraulique du cours d'eau. En général, la jonction entre la zone côtière et le territoire vallonné est représentée par une pente douce et continue, localement sillonnée par des cours d'eau mineurs et par la plaine alluviale du fleuve Cecina.

La carte géologique (tableau Q.C.07.G.02 du plan structurel de la commune de Cecina) montre que le tracé de la ligne, qui passe comme indiqué par deux tronçons distincts aux extrémités nord-est et sud-est du territoire communal, concerne des terrains faisant partie du contexte vallonné plus intérieur, formés de sédiments pléistocènes semi-cohérents (sables rouges de Val di Gori).

En continuant vers le sud, le tracé traverse sur environ 5 900 m le territoire de la commune de Bibbona. Dans ce tronçon, les caractéristiques géologiques des zones concernées sont déterminées par la présence de différents cours d'eau qui donnent lieu à des dépôts alluviaux quaternaires (alluviaux actuels et récents, alluviaux en terrasses).

La commune suivante est celle de Castagneto Carducci, traversée par la ligne sur une longueur d'environ 11 500 m.

Le territoire de la commune de Castagneto présente une morphologie très divergente, marquée par une partie orientale où se distinguent des caractéristiques typiquement vallonnées, voire montagneuses, et une partie occidentale caractérisée par une morphologie plate, monotone. La limite entre les deux zones est extrêmement nette, coïncidant avec une rupture nette de la pente dans toute la partie sud du territoire, depuis la frontière avec la commune de San Vincenzo au sud jusqu'à la Fossa di Bolgheri au nord. À partir de là, en continuant vers le nord, la limite devient plus floue, passant des altitudes monotones de la plaine à des formes pépianisées, marquées par des hauteurs pouvant atteindre 70/80 m au-dessus du niveau de la mer, pour ensuite passer à de véritables zones vallonnées ou montagneuses, mais sans ligne de démarcation nette. Le tracé de la ligne électrique concerne, sur les 8 premiers kilomètres environ, la partie ouest du territoire, caractérisée par des plaines alluviales de l'Holocène et du Pléistocène supérieur. La partie finale du tracé concerne quant à elle la zone vallonnée du Miocène supérieur.

D'un point de vue géomorphologique, il convient de souligner que la ligne traverse deux zones susceptibles d'être inondées en raison de la présence de cours d'eau appelés respectivement « Fosso Carestia Vecchia » et « Fosso Bolgheri ». Dans la partie finale vers l'est, le territoire présente de nombreux glissements de terrain dormants de petite taille, dont certains sont traversés par la ligne mais ne sont pas concernés par les nouveaux supports.

En continuant vers le sud, le tracé de la ligne traverse pendant environ 5 500 m le territoire de la commune de Sassetta.

D'un point de vue géologique/tectonique, la zone appartient au secteur occidental des Collines métallifères et s'inscrit dans le contexte orogénique des Apennins septentrionaux, qui se sont plissés à partir du Crétacé supérieur. Dans les territoires communaux de Sassetta et Suvereto, à la suite de la collision entre la marge continentale européenne et la marge adriatique, se développe une tectonique compressive caractérisée par des glissements vers l'ouest des unités toscane et ombrienne-marchigiane, recouvertes par la suite par les unités ligures.

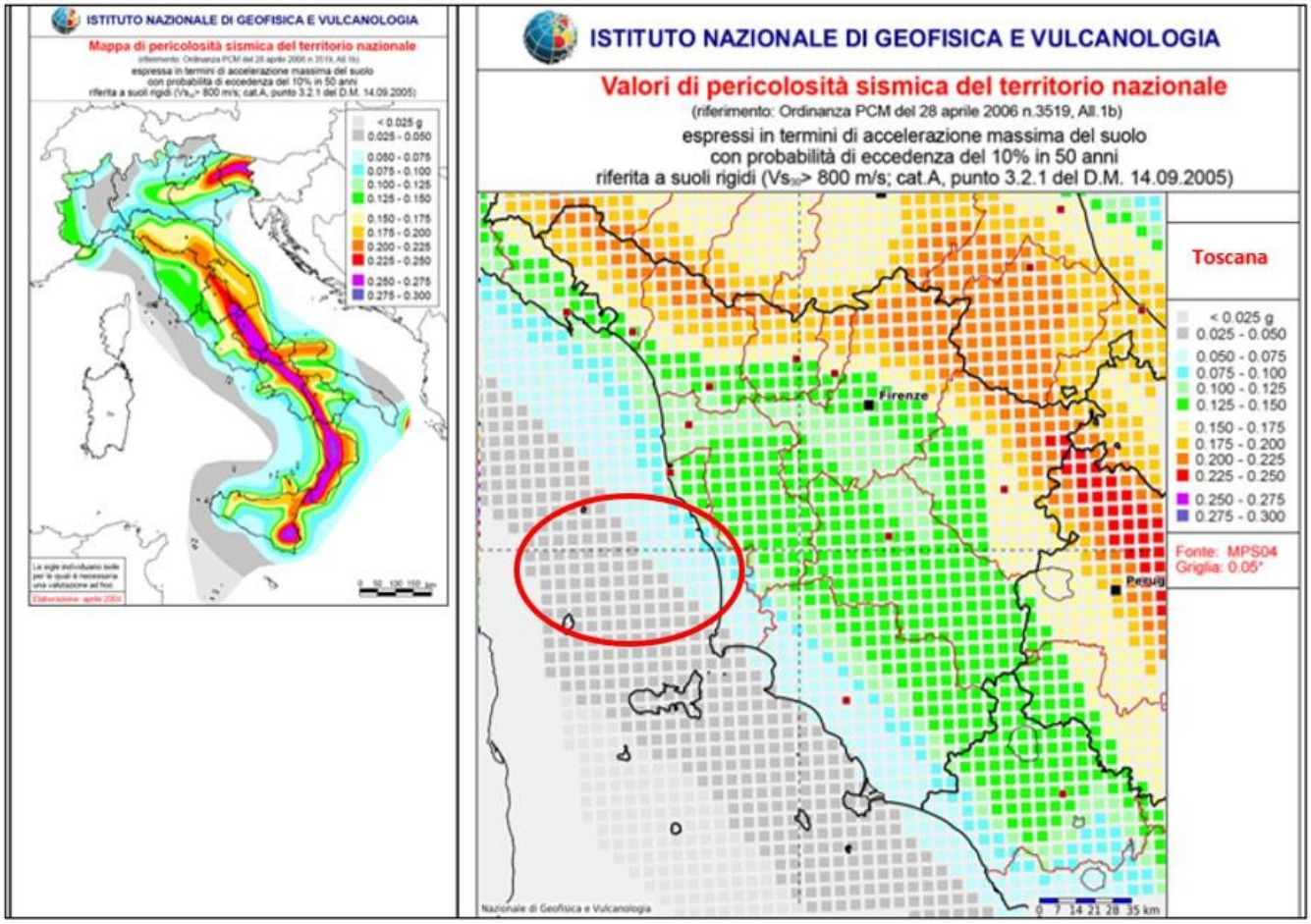
La ligne traverse des zones presque entièrement boisées, dont la formation géologique est attribuable au bloc rocheux. de l'Oligocène supérieur-Miocène inférieur et en partie à la Scaglia Toscana (Crétacé inférieur-Paléogène).

En passant à la commune de Suvereto, où la ligne s'étend sur environ 8 000 m et traverse la partie centrale du territoire communal, la carte géologique QG01d montre que les zones concernées par le tracé sont, d'un point de vue géologique, le prolongement naturel du territoire de la commune de Sassetta : le bloc rocheux de l'Oligocène supérieur laisse place à une zone caractérisée par des formations de Sillano (Crétacé supérieur) pour se terminer, dans la partie finale du tracé autour de la centrale électrique de Suvereto, par une vaste zone plate formée de dépôts fluviaux attribuables à des sables limoneux et à des mélanges de sable et de limon.

5.5.4 Cadre sismique, volcanique et risque de tsunami

D'après la carte des risques sismiques élaborée par l'Institut national de géophysique et de volcanologie, reproduite dans la figure 5-40 avec les détails concernant la région Toscane, il ressort que le territoire de la zone du projet relève des catégories de risque sismique les plus faibles.

Figure 5-40 Carte des risques sismiques du territoire italien – détails concernant la région Toscane. La zone du projet est entourée en rouge.



Source : Institut national de géophysique et de volcanologie - Élaboration ERM, 2024

Comme indiqué au paragraphe 5.5.3 ci-dessus, sur la base des informations actualisées figurant sur le site de la Protection civile, la commune de Rosignano Marittimo, ainsi que la zone du projet - travaux de raccordement, se trouvent dans la zone 3 (niveau de danger moyen avec une accélération « ag » et une probabilité de dépassement de 10 % en 50 ans comprise entre 0,05 et 0,15).

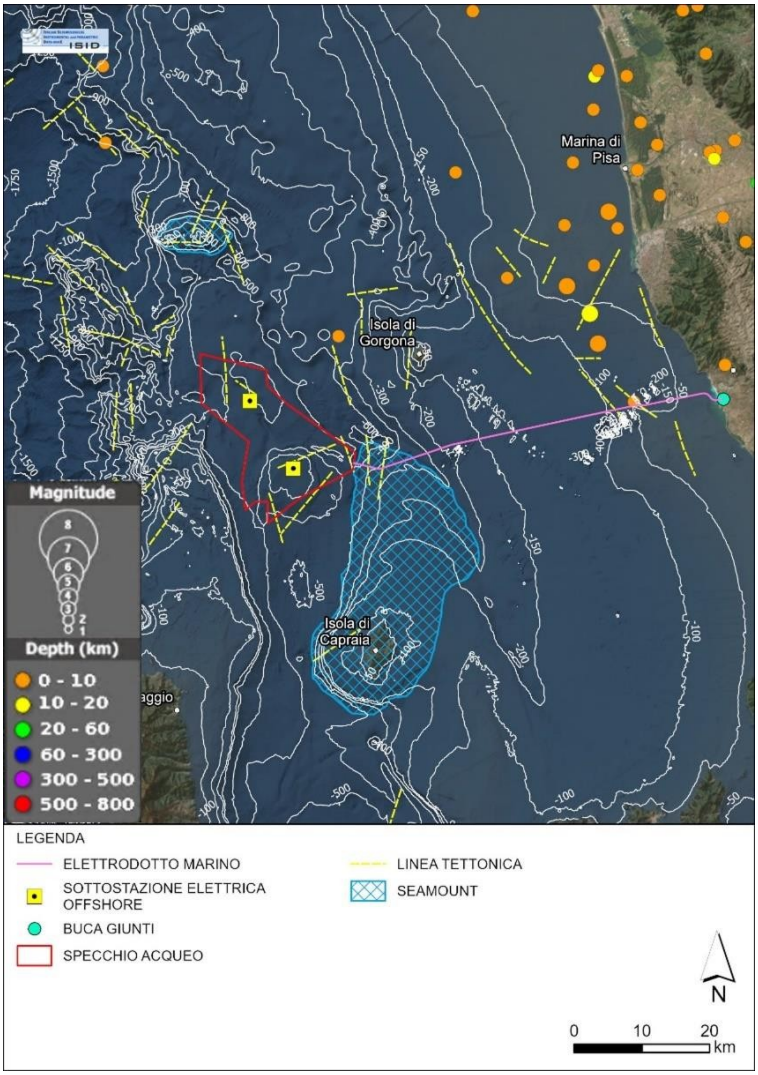
En ce qui concerne la configuration structurelle, le territoire côtier toscan fait partie d'un tronçon de la chaîne paléo-apennine, qui s'est développée au cours de l'Oligocène supérieur et du Miocène inférieur (entre 28 et 23 Ma) à la suite de la collision entre la marge du continent paléo-européen et la microplaque adriatique, promontoire nord-est du continent africain, et qui est entrée dans un régime d'effondrement post-collisionnel depuis la fin du Miocène inférieur (22-16 Ma). On y retrouve les effets des déformations tectoniques qui se sont produites à différentes phases depuis la fin du Crétacé inférieur (entre 99 et 65 Ma), et dans différents environnements paléogéographiques, avec une polarité orogénique d'ouest en est en direction de l'avant-pays adriatique. Les mouvements qui se sont produits

au cours des événements pré et syn-collisionnels, ont contribué à la construction d'un édifice à couches tectoniques de recouvrement.

Le plissement de ces unités s'est produit, en partant du domaine ligure vers l'avant-pays adriatique, du Crétacé supérieur à l'Éocène supérieur (entre 65 et 36 Ma), jusqu'à la fermeture complète du bassin ligure. Au cours de l'Oligocène supérieur, un système orogénique caractéristique de la phase collisionnelle s'est formé à la limite de la microplaque adriatique. Au sein de ce système, une sédimentation, principalement clastique, s'est développée dans des bassins fortement submergés, appelés bassins avant-fosse, situés entre la chaîne de montagnes et l'avant-pays, et dans des bassins plus petits, appelés bassins satellites, à subsidence plus faible, situés sur la chaîne. Le système chaîne-avant-fosse nord-apennin a subi, de l'Oligocène à nos jours, une migration vers l'avant-pays, avec un déplacement vers l'est des centres de dépôt et un recouvrement et un plissement progressifs des secteurs les plus occidentaux de l'avant-fosse.

D'un point de vue géodynamique, l'évolution géologique de la région comprise entre la Corse et la chaîne des Apennins (bassin tyrrhénien) depuis le Miocène inférieur jusqu'à aujourd'hui doit être considérée comme le développement d'un grand sillon à sommet nord et à progradation antihoraire, composé d'une série de fossés tectoniques qui se sont progressivement formés vers l'est, les plus anciens ayant un axe nord-sud, les plus récentes ayant un axe NO-SE. Cette évolution a été confirmée par des études récentes de pétrographie des roches magmatiques et de géochimie visant à les dater (Serri *et al.*, 1992). La formation de ces fossés a entraîné des changements importants dans la paléogéographie de la région et le début du dépôt des sédiments de la succession néogène-quaternaire du versant tyrrhénien des Apennins septentrionaux.

Figure 5-41 Carte sismotectonique



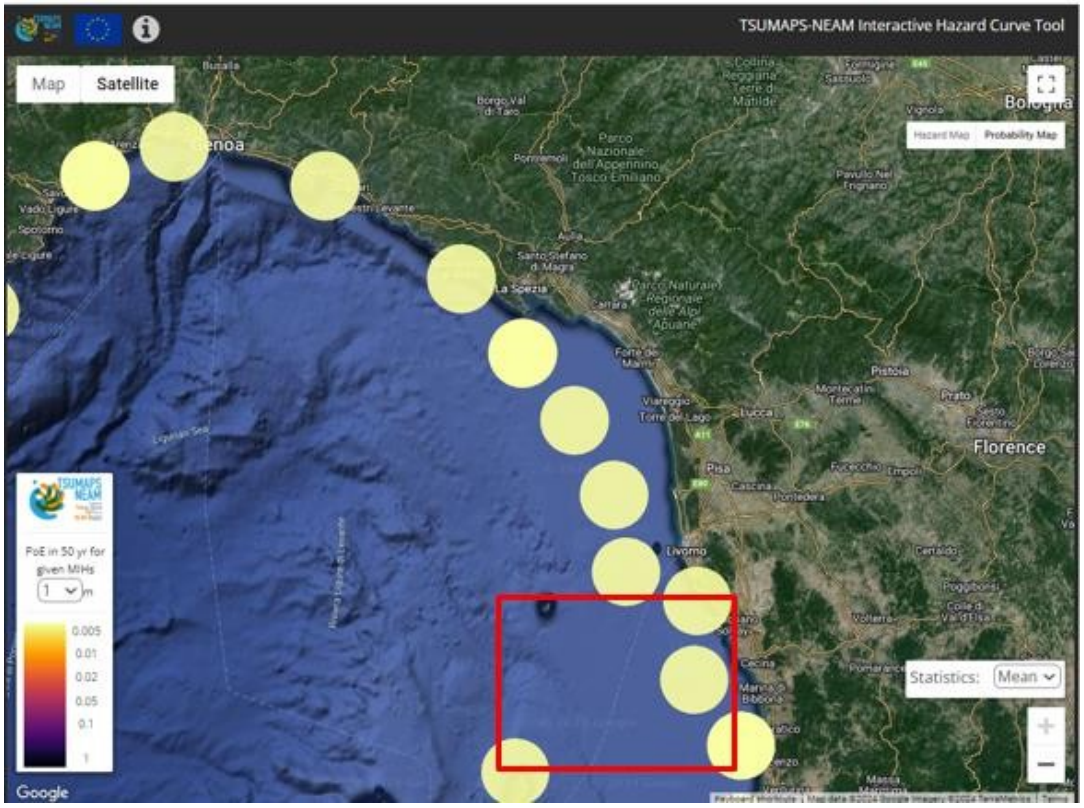
Source : EMODnet et INGV – Élaboration ERM, 2024 sur la base du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Compte tenu de la structure et de la tectonique de la zone à la suite des activités d'étude et après consultation de l'EMODnet - ensemble de données « Quaternary tectonics lines - 2023 », plusieurs failles normales plio-quaternaires actives sont présentes dans la zone maritime. Pour évaluer le risque sismique qui caractérise la zone du projet, les données contenues dans la base de données macrosismique, utilisée en 2015 pour la compilation du catalogue CPTI15 (Groupe de travail CPTI, 2015), sont utiles. L'analyse des informations contenues dans la base de données a permis une première identification des « centres sismiques » importants et de leur potentiel en termes d'intensité épicentrale historiquement documentée. La figure 5-41 ci-dessus montre la carte sismotectonique de la zone du projet sur laquelle sont indiqués les épicentres des séismes historiques pour les zones marines, les monts sous-marins et les failles normales présentes. Compte tenu de la nature du projet et de la technologie proposée, aucun problème critique n'est prévu en ce qui concerne la composante sismique-tectonique.

En ce qui concerne le risque de tsunami, le portail TSUMAPS-NEAM[9] fournit des informations sur les risques pour la mer Méditerranée et l'océan Atlantique basées sur la modélisation régionale et la hauteur maximale d'inondation, pour différentes périodes de retour. En général, la valeur seuil de 1 m (et la valeur de dangerosité correspondante) est utilisée comme paramètre d'évaluation pour déterminer la vulnérabilité : c'est-à-dire que si la hauteur de l'eau est supérieure à cette valeur, la zone peut être considérée comme exposée au risque de tsunami. Comme il s'agit de modèles probabilistes, le paramètre utilisé pour l'évaluation est en réalité la valeur de la probabilité de 10 % de dépassement en 50 ans d'une hauteur de vague égale ou supérieure à 1 m (Lorito *et al.*, 2015).

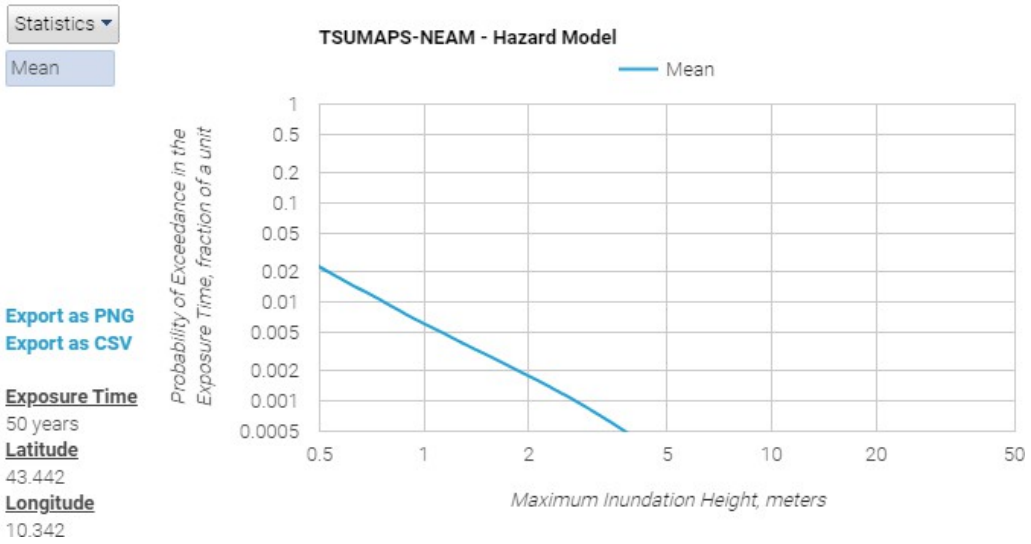
En consultant l'ensemble de données ci-dessus, on obtient que la partie de la côte la plus proche du parc éolien et de la zone du projet a une probabilité de 0,5 % de valeur attendue pour une vague d'une hauteur égale ou supérieure à 1 m (Figure 5-42).

Figure 5-42 Carte du risque de tsunami dans la zone du projet (a) et valeur attendue de la hauteur des vagues (b)



[9] TSUMAPS NEAM - Cartes probabilistes des risques de tsunami pour la région NEAM (tsumaps-neam.eu) (2018)

(a)



(b)

Source : TSUMAPS NEAM, 2024

Le document « Rapport sur les impacts possibles du parc éolien sur le mouvement des vagues, le vent et l'hydrodynamique (ATI-AMB-VIA-IMPMAR-R07-00) » analyse les effets du parc éolien offshore sur l'environnement physique du site du parc et des zones adjacentes. Le document évalue la probabilité que la zone du parc éolien offshore soit touchée par des vagues de tsunami provenant de la mer Méditerranée. Cette analyse porte à la fois sur les tsunamis provoqués par de forts séismes sous-marins et ceux d'origine volcanique, en s'appuyant sur les recherches les plus récentes et les plus fiables disponibles dans la littérature. La quantification du risque de tsunami d'origine sismique bénéficie notamment des données contenues dans le NEAMTHM18 (Modèle de risque de tsunami pour l'Atlantique Nord-Est, la Méditerranée et les mers connexes), ainsi que de simulations numériques spécifiques réalisées à l'aide du module hydrodynamique MIKE 21 HD de DHI.

Les analyses menées ont permis de conclure que le risque de tsunami est généralement faible ; en particulier, il convient de noter que les hauteurs de vague et les vitesses de courant associées à ces événements, bien que caractérisées par des temps de retour très élevés, sont inférieures ou tout au plus comparables à celles d'événements météorologiques dont les temps de retour sont nettement inférieurs.

5.5.4.1 Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Au cours des activités de caractérisation sismostratigraphique menées dans le cadre de la campagne de surveillance entre juin et juillet (zone côtière) et juin (zone offshore) 2024, la grille des profils Sub-Bottom Profiler (SBP) acquis dans les secteurs côtiers et ECC s'est avérée composée de 48 profils, dont 24 dans la zone côtière entre - 5 et -20 m , 15 dans la zone ECC entre -20 m et -50 m et 9 dans la zone ECC entre -50 et -100 m. Dans la zone comprise entre -5 m et -20 m, les profils ont une faible pénétration, en moyenne de 4 à 5 m (à partir du fond marin). Ils atteignent environ 7 m dans la

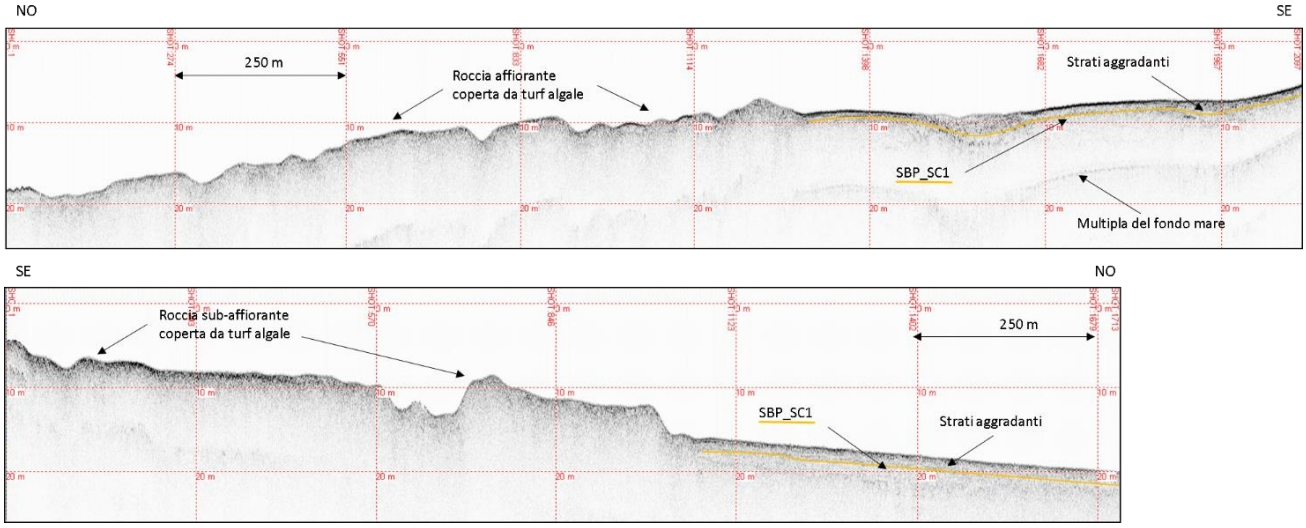
secteur central de ce tronçon. Dans les secteurs nord et sud-est, la pénétration du signal est empêchée par la présence de roches sous-affleurantes. Les profils qui traversent les tronçons -20 m /-50 m et -50 m /-100 m présentent en revanche une bonne qualité, atteignant respectivement une pénétration de 5-10 m et 8-10 m.

En ce qui concerne le secteur offshore, en revanche, la grille de profils Sub-Bottom Profiler (SBP) a permis de caractériser la configuration géologique de la zone du projet jusqu'à une profondeur d'environ -20/-25 m du fond marin, tant dans le secteur ECC que dans le secteur OWF. Il est composé de 109 lignes, dont 13 traversent le tronçon du corridor (-100 m / -530 m WD) et les 96 autres traversent le secteur OWF, compris entre -530 m et -630 m WD.

Dans les profils côtiers (-5 m/-20 m), un réflecteur a été tracé, qui présente une grande amplitude et une bonne continuité latérale permettant sa cartographie. Dans la majeure partie du tronçon -5 m/-20 m, la profondeur de la surface du réflecteur varie de quelques dizaines de centimètres à environ -2 m. Localement, la surface s'approfondit jusqu'à -2,5/-3 m. Elle n'a pas été identifiée dans les secteurs nord et sud-est en raison de la présence de roches affleurantes et subaffleurantes (Figure 5-43), recouvertes de turfs algaux (comme le montrent les données ROV), qui ne permettent pas la pénétration du signal sismique. Dans certaines zones du secteur sud-est du tronçon examiné, la roche est recouverte d'une dizaine de centimètres de dépôts sableux formant des « vagues de sable », comme le montrent les données MBES et ROV. Cependant, la résolution des données SBP ne permet pas de détecter le réflecteur et donc d'identifier la faible épaisseur sédimentaire présente dans ces zones. Ce réflecteur délimite dans sa partie inférieure une unité sismique associée à des sédiments hémipélagiques, tandis que l'unité sous-jacente, lorsqu'elle est visible, présente une faciès sismique stratifiée. Dans le tronçon ECC -20 m/-50 m, deux réflecteurs ont été tracés, dont la continuité a été interrompue dans la partie centrale du tronçon ECC examiné en raison de la présence d'une zone de turbidité acoustique. Dans ce cas également, les unités sismiques délimitées peuvent être associées à des sédiments hémipélagiques. Vers le large, sur une certaine distance, aucun réflecteur n'a été tracé en raison de la présence d'un substrat acoustique, associé à la présence de roches magmatiques subaffleurantes (comme l'indiquent les données magnétométriques).

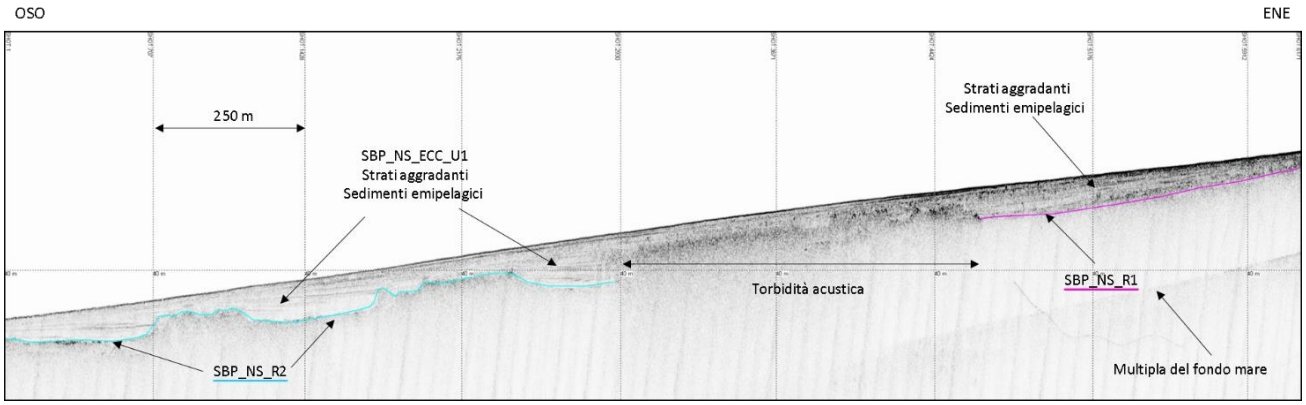
De plus, les données du profileur Sparker (SPK) ont permis de caractériser la structure géologique de la zone étudiée jusqu'à une profondeur variable de -60 m à -100 m du fond marin. Un réflecteur a été tracé le long de tous les profils : en se déplaçant d'est en ouest le long du tronçon ECC étudié, sa profondeur diminue progressivement d'environ -15 m à -4/-5 m du fond marin et se maintient à -2/-3 m sur environ 3 km, au niveau du substrat rocheux (à environ 11 km de la côte). Au-delà de ce tronçon, le réflecteur s'approfondit à nouveau jusqu'à atteindre une profondeur d'environ -13 m à l'extrémité du secteur ECC examiné.

Figure 5-43 Exemple d'enregistrement SBP dans le secteur 5-20 m WD



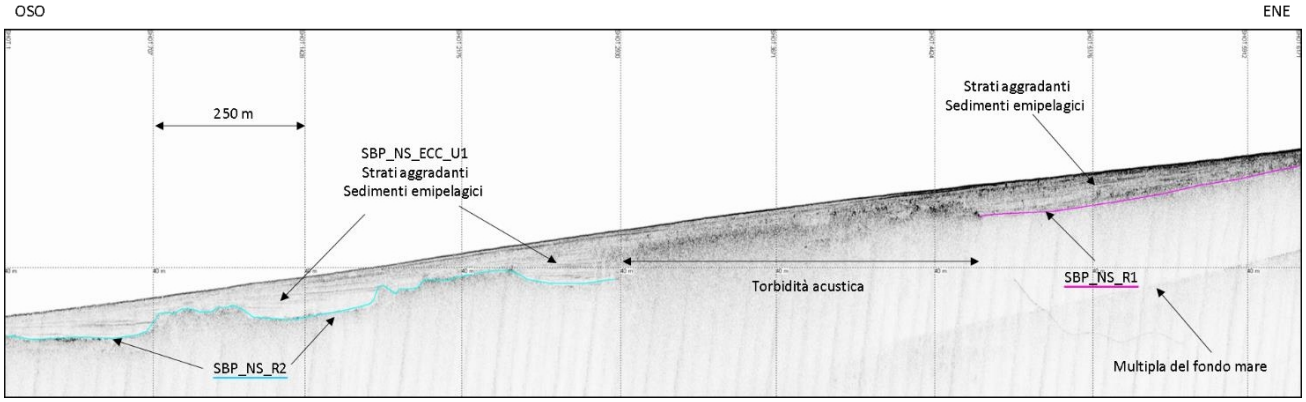
Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Figure 5-44 Exemple d'enregistrement SBP dans le secteur 20-50 m WD



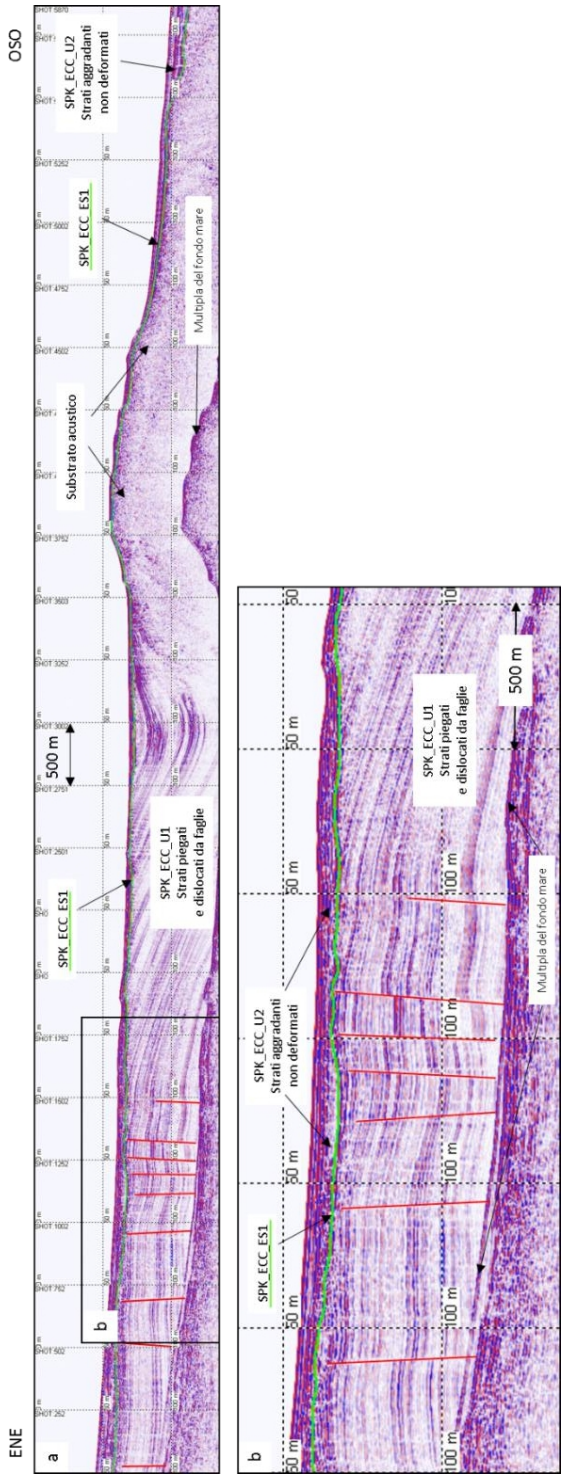
Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Figure 5-45 Exemple d'enregistrement SBP dans le secteur 50-100 m WD



Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Figure 5-46 Exemple d'enregistrement SPK dans le secteur nearshore

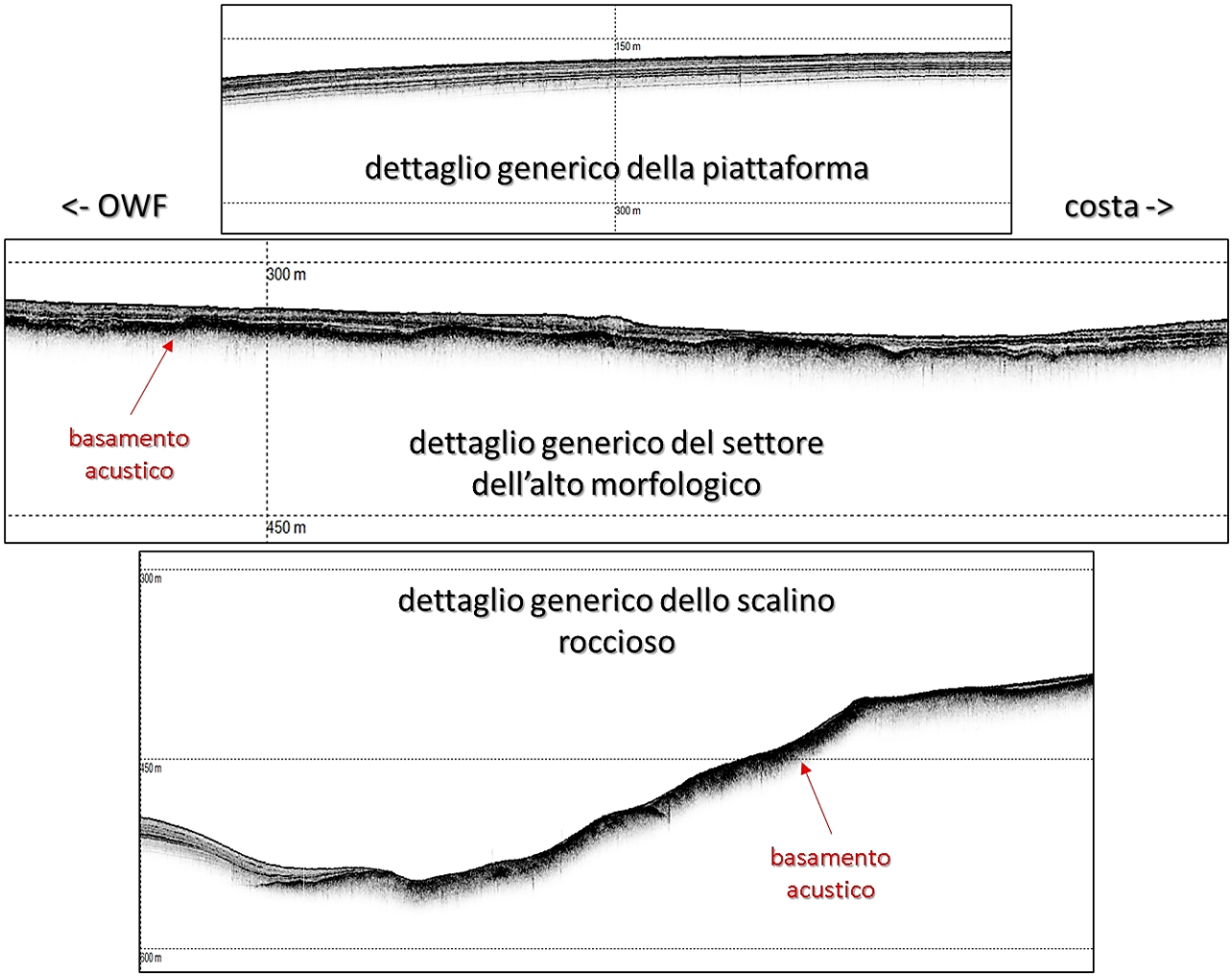


Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Dans la zone offshore, les données analysées montrent que le tronçon du corridor examiné présente trois réflecteurs sismiques à haute amplitude et six unités sismiques. Le réflecteur le plus superficiel, situé le long de la plate-forme jusqu'à proximité du bord, représente une surface érosive dont la profondeur varie entre -4/-5 m et -1 m. La première unité présente une faciès sismique transparente dans laquelle la stratification interne n'est pas discernable. L'unité sous-jacente est caractérisée par des couches légèrement inclinées vers le large. Le deuxième réflecteur a été identifié le long de la plate-forme, le long de la pente et jusqu'à la deuxième rupture de pente, avec une profondeur passant de - 6/-8 m à -20 m, puis revenant à environ -4 m. La troisième unité est caractérisée par des réflecteurs inclinés qui deviennent subhorizontaux vers le large, et il s'agit d'un substrat rocheux qui affleure au-delà de la deuxième rupture de pente. Dans le secteur de la plate-forme, des zones de blanchiment sismique ont été identifiées. En outre, une structure de forme conique a été identifiée au niveau de la deuxième rupture de pente, qui s'élève à environ 13 m du fond marin et est associée à d'éventuelles remontées de fluides ou de matériaux volcanoclastiques. Le troisième réflecteur, identifié dans la partie finale de l'ECC (zone du bassin) et dans la zone OWF (à l'exception du secteur sud), atteint une profondeur maximale d'environ -40 m. Les unités sismiques du secteur OWF sont caractérisées par des couches parallèles à géométrie agrégative. Le secteur sud de l'OWF est occupé par une structure élevée qui, dans les profils sismiques, correspond à un substrat acoustique, ce qui suggère la présence de matériaux rocheux affleurant le long des flancs de la structure élevée. La dernière unité sismique, au-dessus du substrat acoustique, correspond à des sédiments hémipélagiques.

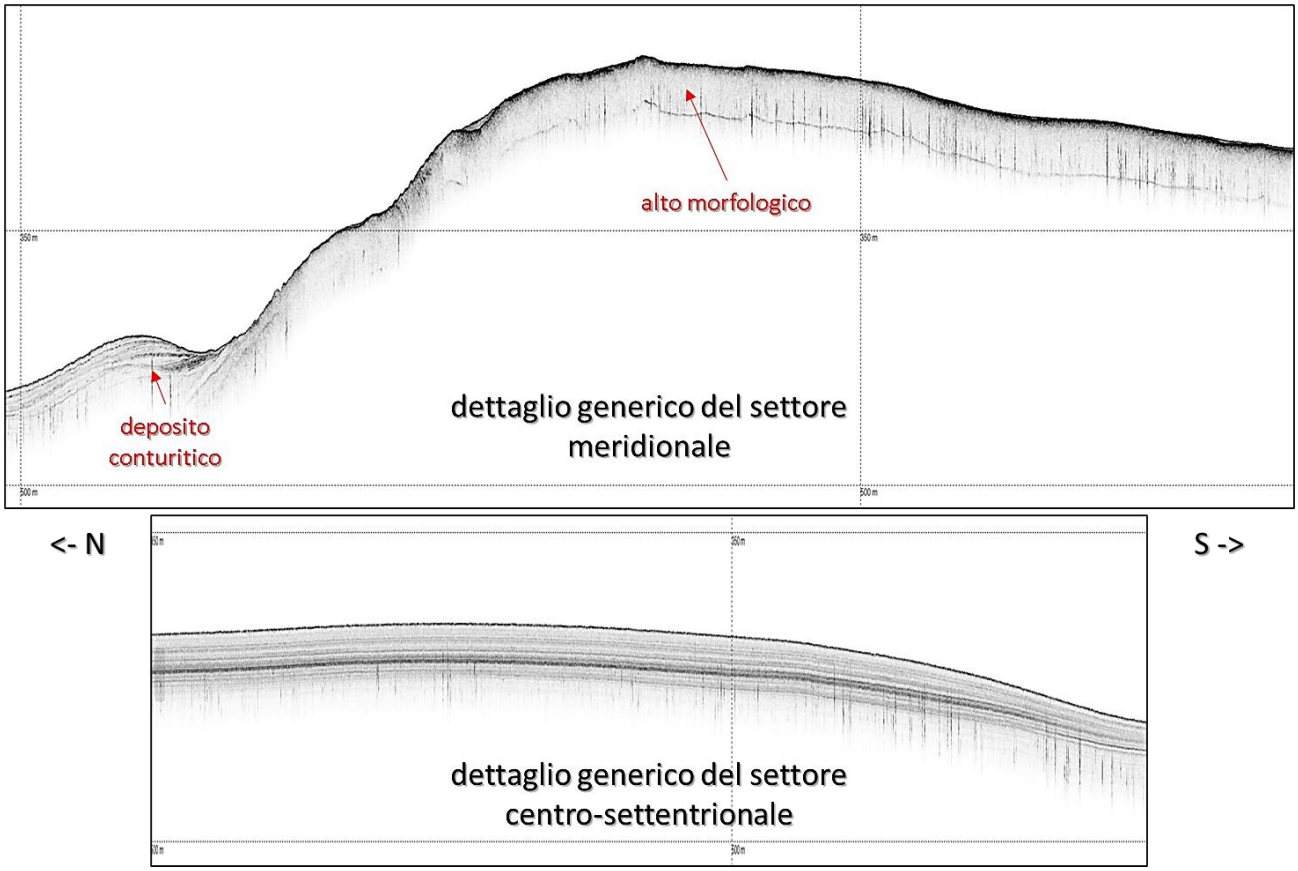
Les figures 5-47 et 5-48 montrent deux exemples d'enregistrements pour l'ECC et le site OWF.

Figure 5-47 Exemple générique d'enregistrement SBP le long de l'ECC non interprété.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

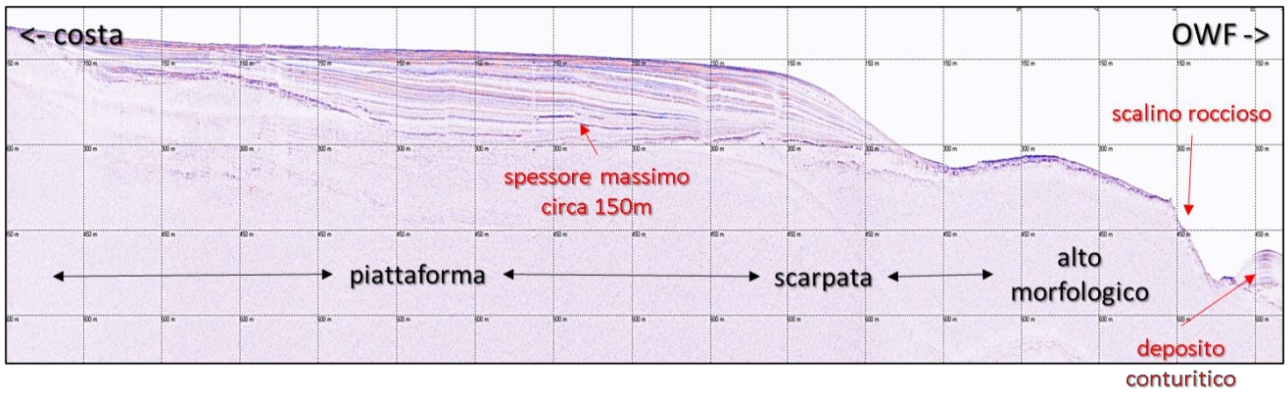
Figure 5-48 Exemple générique d'enregistrement SBP dans la zone OWF non interprétée.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

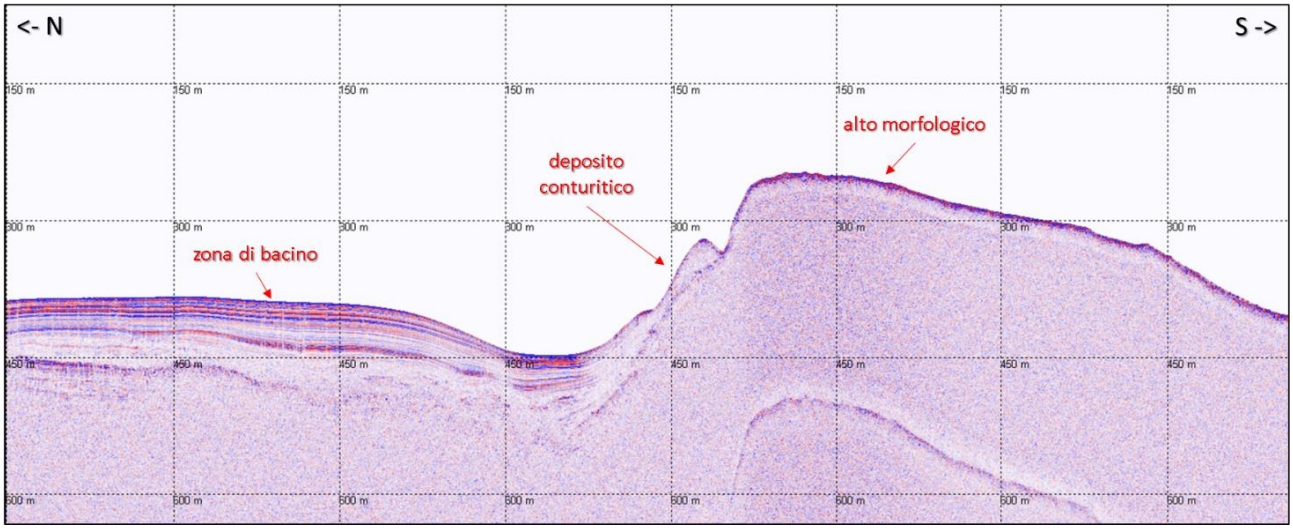
Même dans les données SPK, les enregistrements mettent en évidence, le long de la plate-forme, une couche sédimentaire pouvant atteindre 150 m d'épaisseur et qui, le long de l'ECC, tend à diminuer rapidement le long de l'escarpement, jusqu'à disparaître presque complètement dans le secteur distal. Le long de la zone offshore, on observe une importante couche sédimentaire dans la zone du bassin, pouvant atteindre 150 m d'épaisseur, et la présence d'un substrat affleurant à proximité du relief morphologique. Les figures 5-49 et 5-50 représentent deux profils à titre d'exemple générique.

Figure 5-49 Exemple générique d'enregistrement SPK le long de l'ECC non interprétée.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Figure 5-50 Exemple générique d'enregistrement SPK dans la zone OWF non interprétée.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Trois réflecteurs sismiques ont été identifiés dans le tronçon ECC. Le plus superficiel, également identifié dans les profils SBP, correspond à une surface d'érosion s'étendant le long du secteur de la plate-forme jusqu'à environ -175 m. La première unité sismique est caractérisée par des réflecteurs à grande amplitude avec une géométrie agrégée, tandis que la seconde présente une faciès sismique avec des réflecteurs à grande amplitude inclinés vers le large, alternant avec une faciès sismique semi-transparente. De plus, dans la seconde unité, on reconnaît des zones de blanchiment acoustique. Sous cette unité se trouve un substrat acoustique, au-delà duquel les ondes sismiques ne parviennent pas à pénétrer, ce qui suggère la présence de matériaux rocheux. Entre celui-ci et la deuxième unité sismique se trouve le deuxième réflecteur sismique, qui a une profondeur variable de -1 m à -170 m et se caractérise par une géométrie

irrégulière, en raison de la présence de matériaux rocheux. À la base de la pente, une zone déprimée et un dépôt en forme de monticule ont été identifiés, liés à l'action des courants de fond qui transportent les sédiments : ces courants exercent une action érosive à la base de la pente, formant une dépression, tandis qu'ils se déposent sur le côté opposé, entraînant la formation de ce dépôt, appelé « conturite » dans la littérature. Dans le tronçon OWF, deux réflecteurs sismiques ont été identifiés. Le premier est situé dans le secteur central et nord, à une profondeur variable d'environ -5 m à -70 m et -140 m, et constitue la base d'une unité caractérisée par une faciès sismique avec des réflecteurs à grande amplitude, une bonne continuité latérale et une géométrie aggradante. L'unité sous-jacente présente des réflecteurs d'amplitude variable, de faible à élevée, et avec une faible continuité latérale, et sa base correspond au sommet du substrat acoustique. Le deuxième réflecteur sismique du tronçon OWF est situé dans le secteur sud et a également été tracé dans les profils SBP. Ce réflecteur représente la base d'une unité caractérisée par une faciès sismique avec des réflecteurs subhorizontaux et qui représente un dépôt hémipélagique. Sous celle-ci se trouve un substrat acoustique, également identifié dans les profils SBP, correspondant à un corps rocheux de nature magmatique ou métamorphique, qui affleure localement et qui représente la structure supérieure située dans la partie sud de l'OWF : les données SPK montrent une faciès sismique avec des changements brusques dans l'amplitude des réflecteurs, une géométrie chaotique à transparente et une stratification absente.

En conclusion, dans la zone côtière, le sous-fond, dans la section -5/-20 m, a une faible pénétration, en moyenne de 4-5 m (à partir du fond marin) ; il atteint environ 7 m dans la partie centrale de cette section. Dans les secteurs nord et sud-est, la pénétration du signal est empêchée par la présence de roches sous-marines. Les profils qui traversent les tronçons -20/-50 m et -50/-100 m sont en revanche de bonne qualité, atteignant respectivement une pénétration de -5/-10 m et -8/-10 m. Le long de la plate-forme, on trouve une couche sédimentaire pouvant atteindre 150 m d'épaisseur qui, le long de l'ECC, tend à diminuer rapidement le long du talus et à disparaître presque complètement dans le secteur distal. Dans la zone offshore, la couche sédimentaire peut atteindre 150 m d'épaisseur dans la zone du bassin, tandis que dans le quadrant nord, où se trouve le relief morphologique élevé, il y a une absence quasi totale de sédiments hémipélagiques. Les caractéristiques acoustiques du socle suggèrent également la présence de roches magmatiques ou métamorphiques.

Pour plus de détails sur la caractérisation sismostratigraphique, veuillez vous référer au rapport « Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) » et à l'annexe « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) ».

5.6 Hydrologie

5.6.1 Environnement marin

La circulation en Méditerranée est déterminée par l'échange et l'interaction entre les eaux atlantiques (AW) et les eaux intermédiaires levantines (LIW), à travers le détroit de Gibraltar (Zavatarelli et Mellor, 1995). Les deux principaux bassins de la Méditerranée, oriental et occidental, sont séparés par le canal de Sicile, où le courant atlanto-ionien (AIS) transporte, dans les couches superficielles, de l'eau atlantique modifiée (MAW) vers le bassin oriental (ISMAR, CNR).

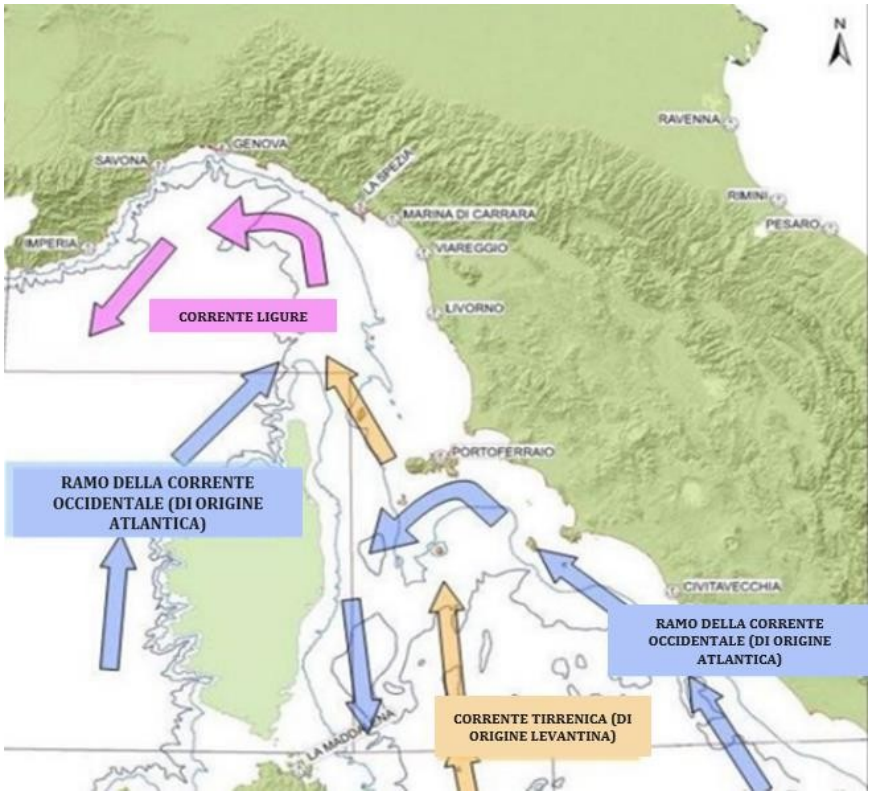
La côte toscane s'étend sur plus de 600 km, comprenant environ 400 km de terre ferme et 200 km de côtes insulaires de l'archipel toscan. La zone du parc éolien offshore est située entre la Corse et deux îles de l'archipel toscan, plus précisément à 23 km au nord-ouest de l'île de Capraia et à 19 km au sud-ouest de l'île de Gorgona. Cette partie de la mer est définie comme appartenant à la mer Ligure, mais elle se trouve à la limite nord de la mer Tyrrhénienne.

Dans le centre et le nord de la mer Tyrrhénienne, la circulation des eaux est caractérisée par une série de tourbillons provoqués par le vent. On distingue trois tourbillons principaux, deux cycloniques et un anticyclonique, caractérisés par la présence d'eau froide à l'intérieur, qui subissent d'importants changements saisonniers. En hiver, le courant augmente dans la région frontale des tourbillons et le phénomène d'upwelling qui y est associé se déplace vers l'ouest et s'intensifie. C'est la seule saison où il existe une connexion directe entre la mer Ligure et la mer Tyrrhénienne à travers le canal de Corse. L'upwelling provoque le mélange des eaux d'origine atlantique (MAW) avec les eaux levantines (LIW) sous-jacentes, modifiant ainsi les propriétés physiques et chimiques des eaux. Au nord de Capraia, le courant de Corse orientale se confond avec le courant plus froid de Corse occidentale, formant le courant ligure, qui soutient dans toute la mer Ligure une circulation cyclonique impliquant les eaux d'origine atlantique (MAW) en surface et les eaux levantines (LIW) en profondeur (Plan de gestion GSA 09).

La figure 5-51 représente schématiquement la circulation des courants superficiels, intermédiaires et profonds qui traversent la zone maritime du projet. Sont représentés :

- le courant ligure (rose) ;
- branche du courant de la Méditerranée occidentale (d'origine atlantique ; bleu) ;
- le courant tyrrhénien (d'origine levantine ; jaune).

Figure 5-51 Régime des courants dans la GSA 9



Source : Plan de gestion de la GSA 09 – Ministère des politiques agricoles et forestières, 2012

Quant au canal de Corse, il est situé entre l'île de Corse à l'ouest et l'archipel toscan à l'est. Il sépare la Corse des plateformes toscanes et relie les bassins tyrrhénien et ligure dans la partie occidentale de la mer Méditerranée. La zone la plus étroite et la moins profonde se trouve au large de l'île de Capraia, où les plateaux toscans et corses (à -200 m) sont séparés par le rebord corse d'environ 9,5 km de large. L'eau atlantique modifiée [(MAW) de 0 m à -200 m], qui s'écoule vers le nord, est la principale masse d'eau qui circule dans le canal de Corse peu profond (c'est-à-dire de plate-forme). Isolé sur le versant oriental, le courant d'eau

intermédiaire levantine (LIW) s'écoule vers le nord à des profondeurs comprises entre ~-250 m et -600 m / -700 m (Atlas Diacronico delle coste Toscane, 1996).

Selon l'étude « Rapport sur les impacts possibles du parc éolien sur les vagues, le vent et l'hydrodynamique (ATI-AMB-VIA-IMPMAR-R07-00) », qui fournit une analyse des impacts sur l'hydrodynamique du parc éolien offshore flottant, l'installation du FOWF peut avoir des effets locaux sur les courants marins dans un rayon de quelques centaines de mètres autour des structures. Les variations attendues dans les courants sont minimes, surtout pour les vitesses les plus faibles (inférieures à 2 % - 3 %) et n'affectent que les couches superficielles de la colonne d'eau.

État écologique

L'état écologique des eaux marines côtières est évalué sur la base des principales composantes biologiques des écosystèmes aquatiques et des caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau. Dans un premier temps, une classification est attribuée en évaluant le rapport entre la valeur de référence déterminée dans la réglementation DM 260/2010 et le niveau mesuré (EQR - Environmental Quality Ratio) pour chaque élément de qualité écologique (EQB) : chaque masse d'eau est classée sur la base de la pire note obtenue parmi les différents EQB. Cette classification sera ensuite confirmée ou modifiée (phase I) sur la base des données obtenues à partir des éléments physico-chimiques à l'appui (indice TRIX donné par la combinaison de quatre variables : oxygène dissous, chlorophylle « a », phosphore total et azote inorganique dissous) et complétée (phase II) par les polluants chimiques non prioritaires. L'élaboration définitive de l'état écologique aura lieu à la fin d'une période de trois ans (période triennale en cours 2022-24), car certains EQB sont surveillés une fois tous les trois ans.

Selon l'annuaire 2023 des données environnementales de la Toscane[10] , pour l'année 2022, seule une première indication de la période triennale en cours peut être fournie et l'état écologique serait « élevé » dans 11 masses d'eau (69 %), « bon » dans 4 (25 %) et « suffisant » uniquement dans la Costa del Serchio (6 %). En outre, on constate une nette amélioration pour la plupart des eaux côtières toscanes. La figure 5-52 met en évidence les masses d'eau côtières situées en face de la zone du projet.

Figure 5-52 État écologique des eaux marines et côtières de la Toscane

Classificazione stato ecologico: Elevato Buono Sufficiente Scarso Cattivo

Corpo idrico costiero	Elementi di qualità biologia (EQB)				Giudizio peggiore da EQB	Integrazione con Indice TRIX e elementi chimici a sostegno (fase I e II)	Stato ecologico provvisorio 2022
	Fitoplancton (Chl a)	Macrozoobenthos (M-AMBI)	Macroalghe (CARLIT)	Posidonia (PREI)			
Costa Versilia	●	NE	NP	NP	●	●	●
Costa del Serchio	●	NE	NP	NP	●	●	●
Costa Pisana	●	NE	NP	NP	●	●	●
Costa Livornese	●	NE	NE	NE	●	●	●
Costa di Rosignano	●	NE	NP	NE	●	●	●
Costa del Cecina	●	NE	NP	NP	●	●	●
Costa Piombino	●	NE	NE	NE	●	●	●
Costa Follonica	●	NE	NP	NE	●	●	●
Costa Punt'Ala	●	●	NP	NP	●	●	●
Costa Ombrone	●	●	NP	NP	●	●	●
Costa dell'Uccellina	●	●	NE	NP	●	●	●
Costa Albegna	●	●	NP	NE	●	●	●
Costa dell'Argentario	●	●	NE	●	●	●	●
Costa Burano	●	●	NE	NE	●	●	●
Arcipelago – Isola d'Elba	●	NE	NE	●	●	●	●
Arcipelago – Isole minori	●	NE	●	●*	●	●	●

NE: campionamento non effettuato nel 2022, prelievo previsto in anni 2023-2024
NP: EQB non presente nel corpo idrico
* dato parziale calcolato solo sulla stazione di Montecristo; Capraia e Giglio verranno campionate nel 2023

Source : Annuaire 2023 des données environnementales de la Toscane, 2023

10 Annuaire des données environnementales 2023 par ARPAT - Issuu (2023)

En ce qui concerne l'état chimique des eaux marines côtières, une classification est établie sur la base des concentrations de substances chimiques prioritaires dans les eaux et le biote par rapport aux normes de qualité environnementale (NQE). La classification est établie sur la base des données collectées dans chaque masse d'eau au cours d'une période de trois ans (par exemple 2022-2024) et il suffit qu'au moins une substance dépasse la NQA spécifique au cours d'une année pour attribuer un état chimique « mauvais ». La classification provisoire, disponible uniquement pour l'année 2022, montre un état chimique « mauvais » pour 6 masses d'eau des eaux marines côtières de Toscane, déterminé par des concentrations supérieures à la NQA de mercure (Hg) et de diphényléthers bromés (PBDE) dans les poissons (biote). La figure 5-53 met en évidence l'état chimique des eaux marines côtières concernées par la zone du projet.

Figure 5-53 État chimique des eaux marines côtières de la Toscane

Corpo idrico costiero	Elementi di qualità biologia (EQB)			Stato chimico provvisorio 2022
	Acqua	Molluschi	Pesci	
Costa Versilia	VLL	NP	NE	●
Costa del Serchio	TBT, BghiP	VLL	NE	●
Costa Pisana	BghiP	VLL	Hg – PBDE	●
Costa Livornese	VLL	NE	NE	●
Costa di Rosignano	VLL	NE	NE	●
Costa del Cecina	VLL	NP	NE	●
Costa Piombino	VLL	NE	NE	●
Costa Follonica	BaP, BghiP, BkFa, BbFa	NE	NE	●
Costa Punt'Ala	VLL	NP	NE	●
Costa Ombrone	VLL	NP	NE	●
Costa dell'Uccellina	VLL	NP	NE	●
Costa Albegna	VLL	NP	NE	●
Costa dell'Argentario	VLL	VLL	Hg – PBDE	●
Costa Burano	VLL	NP	NE	●
Arcipelago – Isola d'Elba	VLL	NE	Hg – PBDE	●
Arcipelago – Isole minori	Hg	NE	NE	●

VLL: Valore nei limiti di legge
NE: campionamento non effettuato nel 2022
NP: organismi (biota) non previsti nel piano di monitoraggio regionale
IPA: BghiP=benzo[ghi]pirilene, BaP=benzo[a]pirene, BkFa=benzo[k]fluorantene; BbFa=benzo[b]fluorantene
Hg: mercurio; PBDE: difenileteri bromurati simili; TBT: tributilstagno

Source : Annuaire 2023 des données environnementales de la Toscane, 2023

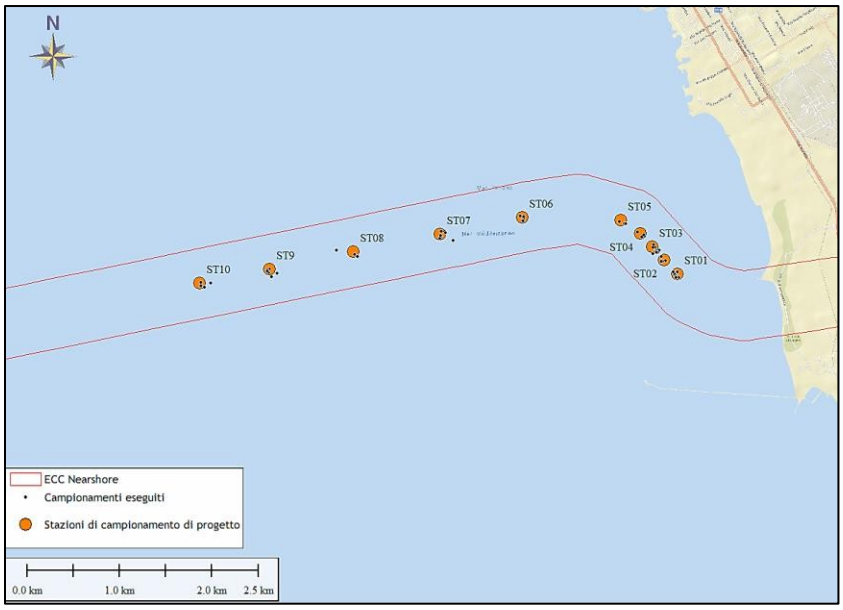
5.6.1.1 Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Dans le cadre des campagnes de surveillance côtière et offshore, toutes deux menées entre juin et juillet 2024, des activités d'échantillonnage ont également été réalisées afin de caractériser la composante environnementale de la colonne d'eau.

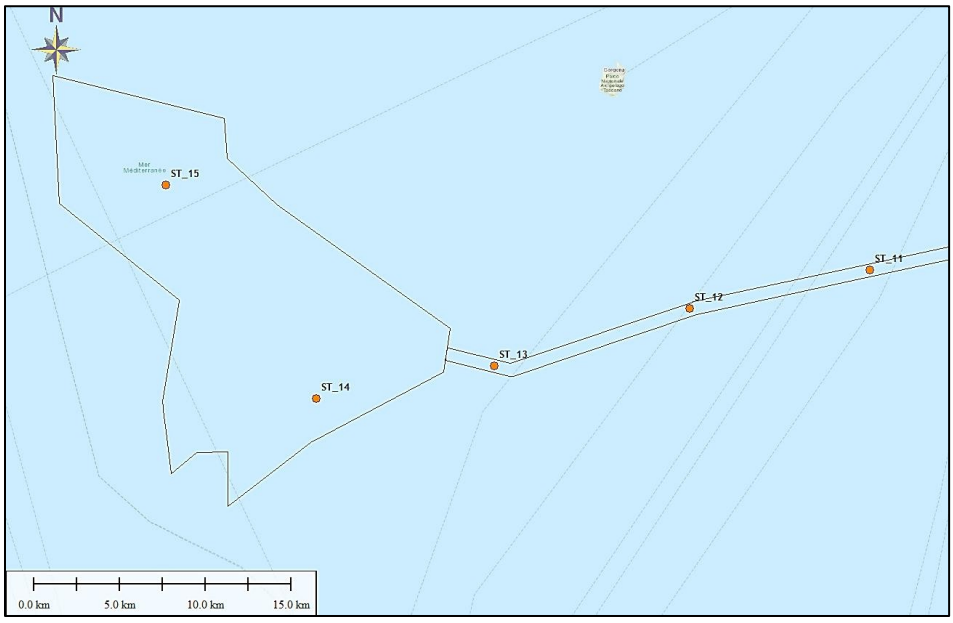
Les relevés concernant la caractérisation de la colonne d'eau ont été effectués dans 3 stations pour la zone côtière (station ST1, station ST3 et station ST7) et 4 stations pour la zone offshore (station ST11, station ST12, station ST14 et station ST15) et ont porté sur l'analyse des eaux par prélèvement à l'aide d'une bouteille Niskin et d'une sonde multiparamétrique (CTD) configurée avec des capteurs de pH/ORP, de température/conductivité, d'oxygène dissous, de turbidité et *de chlorophylle-a* par fluorescence. Les échantillons d'eau ont été prélevés à trois profondeurs : superficielle, intermédiaire et profonde. La profondeur intermédiaire a été sélectionnée en prenant comme référence le pic des valeurs de *chlorophylle a*. Les échantillons d'eau ont été prélevés, triés dans différents conteneurs et réfrigérés à 4 °C à bord. Après le prélèvement de l'échantillon à partir de la bouteille Niskin, les échantillons destinés à l'analyse de l'azote et du phosphore total, environ 100 ml, ont été stockés sans aucun prétraitement. Les échantillons destinés à l'analyse des nutriments dissous ont été préfiltrés, environ 250 ml, sur des filtres Whatmann GF/F appropriés (porosité minimale de 0,7 µm). Dans les deux cas, les échantillons ont été congelés et conservés à -20 °C jusqu'à leur arrivée au laboratoire. Analyses relatives aux nutriments

ont été effectuées à l'aide d'un analyseur Easy Chem Plus (NH4) ou d'un analyseur Braun Luebbe AA3 (N et P totaux et NO_3 et NO_2).

Figure 5-54 Stations d'échantillonnage côtières



Source : Secteur côtier - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) Figure 5-55 Stations d'échantillonnage en mer



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Tableau 5-7 Nutriments analysés avec méthodes de référence et limites de détection correspondantes

ANALYSE	MÉTHODE DE RÉF.	UNITÉ DE MESURE	LIMITE DE DÉTECTION
Phosphates	UNI ISO SW 15923-1	µM	0,01
Nitrites	EPA 354.1	µM	0,02
Nitrates	EPA 354.1	µM	0,02
Ammoniac	APHA 4500	µM	0,07
Azote total	EPA 354.1	µM	0,02
Phosphore total	UNI ISO SW 15923-1	µM	0,01

Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

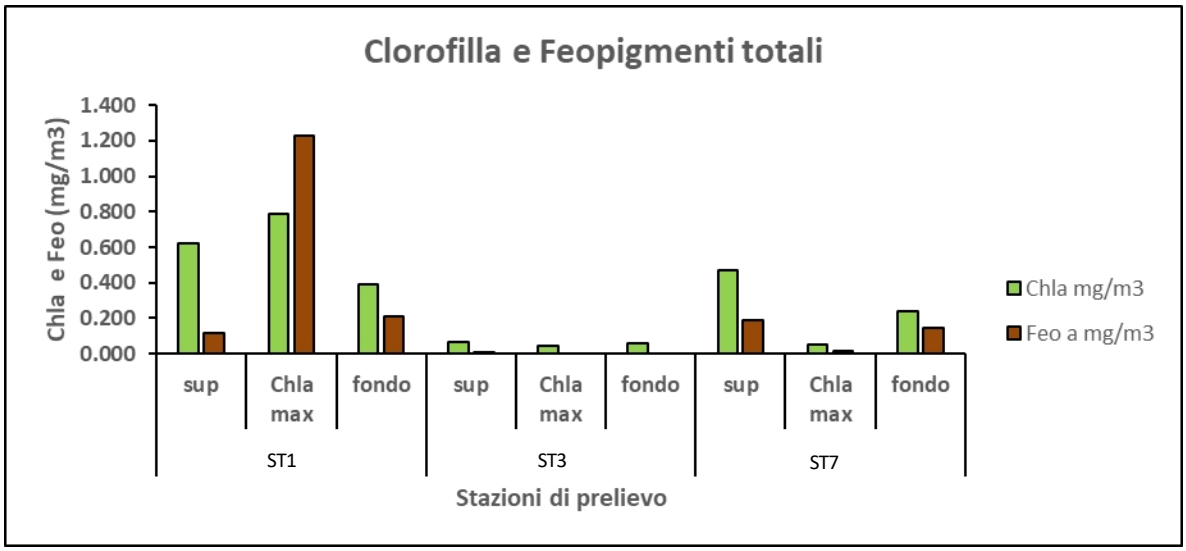
En ce qui concerne la zone littorale, les pigments photosynthétiques totaux dans la colonne d'eau sont principalement composés de *chlorophylle a* (Chla) dans toutes les stations (tableau 5-8), avec des valeurs maximales de 0,788 mg/m^3 à la station ST1 correspondant au *maximum de chlorophylle profonde* (Chla max). La station ST1 est celle où les pics les plus élevés ont été enregistrés à toutes les profondeurs, tandis que la station ST3 a présenté les concentrations les plus faibles (0,04-0-0,67 mg/m^3). La concentration maximale de phéopigments a été identifiée à la station ST1 à une profondeur intermédiaire (Chla-max) avec une valeur de 1,229 mg/m^3 ; cette valeur plus élevée que la concentration de *chlorophylle a* peut indiquer un processus récent de décomposition de la chlorophylle. À la station ST3, en revanche, la présence de phéopigments n'a pas été détectée, sauf à la profondeur superficielle avec une faible valeur de 0,008 mg/m^3 .

Tableau 5-8 Concentrations de pigments et de sels nutritifs dans la colonne d'eau

Station	Profondeur	Chla (mg/m^3)	Feo a (mg/m^3)	Ptot (µM)	Ntot (µM)	NO3 (µM)	NO2 (µM)	NH4 (µM)	T.O.C. (mg/l)
ST1	sup	0,624	0,113	0,74	13,48	0,67	0,07	0,62	1,7
	Chla max	0,788	1,229	1,94	4,38	0,10	0,03	0,13	2,3
	fonds	0,388	0,211	0,86	4,76	0,05	0,02	0,12	2,5
ST3	sup	0,067	0,008	1,28	6,05	0,30	0,02	0,39	2,1
	Chla max	0,040	0,000	2,21	4,88	0,35	0,02	0,46	1,5
	fonds	0,057	0,000	1,59	4,28	0,26	0,01	0,17	1,9
ST7	sup	0,469	0,190	1,26	4,45	0,36	0,15	0,53	2,1
	Chla max	0,049	0,012	1,53	6,10	0,35	0,01	0,28	2,1
	fonds	0,237	0,141	0,72	4,97	0,02	0,05	0,22	1,6

Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Figure 5-56 Concentrations des pigments chlorophylliens (Chla et phéopigments) dans la colonne d'eau exprimées en $^{mg/m3}$)

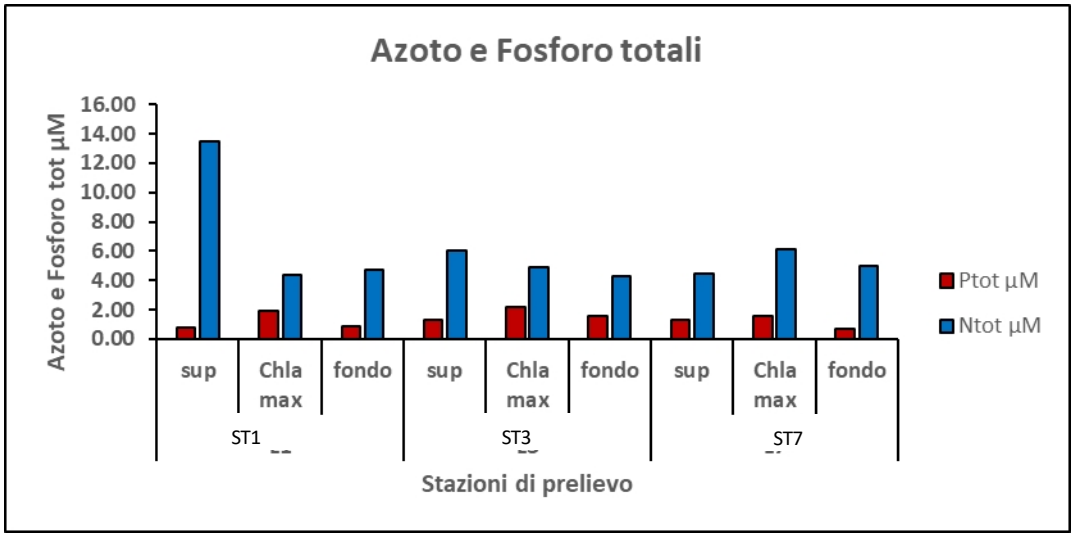


Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

La figure 5-57 montre qu'à toutes les profondeurs, les concentrations totales d'azote (N-tot) dans la colonne d'eau sont toujours supérieures à celles du phosphore (P-tot), avec une plage de valeurs comprise entre 4,28 et 13,48 µM contre 0,72 et 2,21 µM. Les concentrations d'azote ne montrent pas de tendance régulière liée à la profondeur et il ne semble pas y avoir de différence significative entre les stations et les profondeurs considérées. Seule la station ST1 (la plus proche de la côte) a enregistré un pic inhabituel de 13,48 µM à la profondeur superficielle.

La concentration en phosphore varie généralement peu entre les différentes stations et profondeurs. De plus, les concentrations les plus élevées se trouvent à une profondeur intermédiaire, correspondant à Chla max, dans toutes les stations.

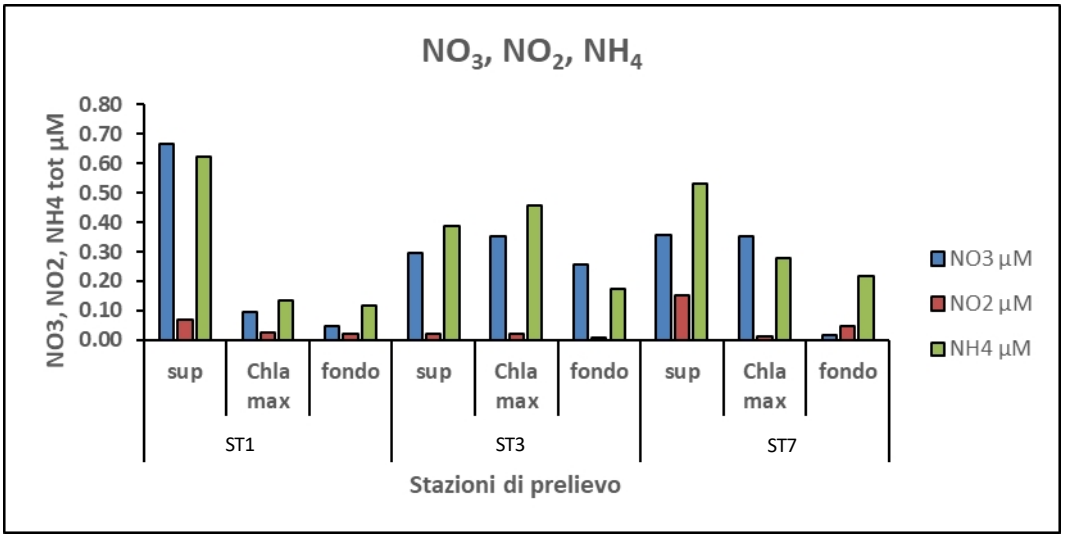
Figure 5-57 Concentrations totales d'azote et de phosphore dans la colonne d'eau



Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Parmi les différentes formes d'azote présentes dans la colonne d'eau, les nitrites (NO_2) sont les moins concentrés dans toutes les stations et à toutes les profondeurs (0,01 µM – 0,15 µM), tandis que les nitrates (NO_3) et l'ammonium ($_{NH4}$) ont des concentrations similaires avec un schéma similaire entre les stations ST1 et ST7, avec un pic en surface et une courbe en cloche à la station ST3, où la concentration maximale est observée au niveau du maximum de chlorophylle en profondeur. La station ST1 présente à nouveau un pic dans l'eau de surface tant pour les nitrates que pour l'ammonium (figure 5-58), ce qui peut indiquer un apport récent de nutriments provenant de différentes sources.

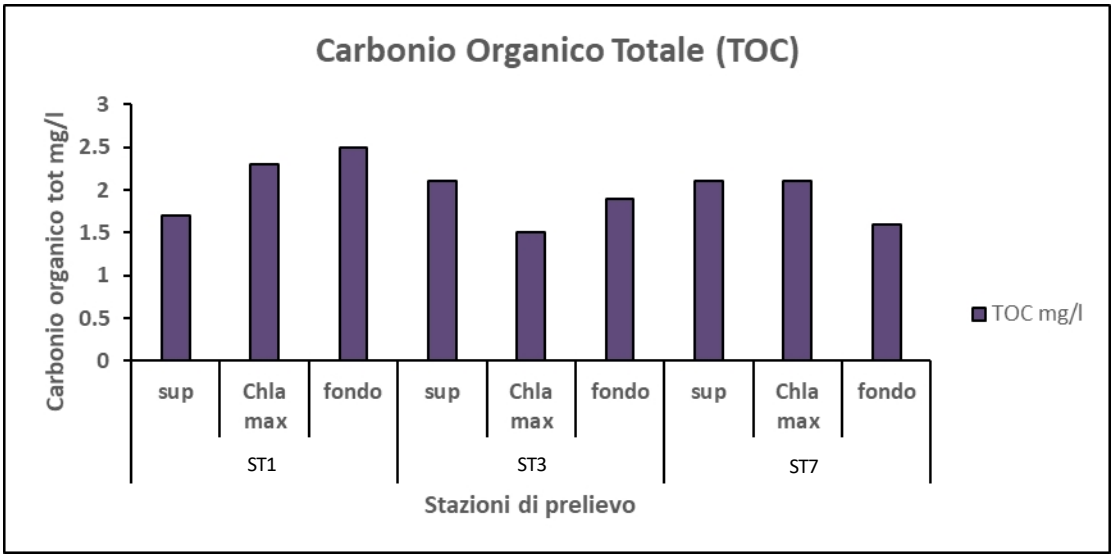
Figure 5-58 Concentration de nitrates, nitrites et azote ammoniacal dans la colonne d'eau



Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Les concentrations de carbone organique total (COT) présentent peu de variations entre les stations et les profondeurs considérées (1,5-2,5 mg/l) et ne suivent pas une tendance uniforme (figure 5-59). La valeur la plus élevée se trouve à la station ST1 au fond. Les valeurs observées se situent dans une fourchette considérée comme normale pour les eaux côtières.

Figure 5-59 Concentrations de carbone organique total (COT) dans la colonne d'eau



Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

En ce qui concerne les stations offshore, les pigments photosynthétiques totaux dans la colonne d'eau sont principalement composés de *chlorophylle a* (Chla), à l'exception de la station ST11 au fond et des stations ST12 et ST15 au niveau du *maximum de chlorophylle profonde*, où l'on observe des pics de phéopigments de 0,309, 1,180 et 0,922 mg/m^3 respectivement (tableau 5-9).

Tableau 5-9 Concentrations de pigments et de sels nutritifs dans la colonne d'eau

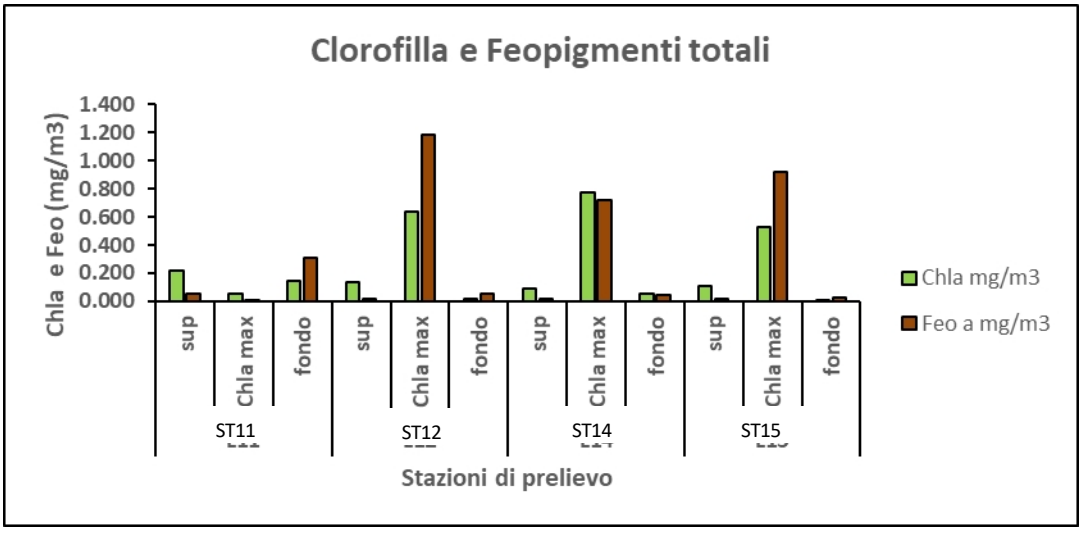
Station	Profondeur	Chla (mg/m^3)	Feo a (mg/m^3)	Ptot (µM)	Ntot (µM)	NO3 (µM)	NO2 (µM)	NH4 (µM)	T.O.C. (mg/l)
ST11	sup	0,218	0,052	1,62	8,88	0,25	0,01	0,52	1,9
	Chla max	0,053	0,006	1,09	13,22	0,23	0,14	0,43	1,2
	fond	0,142	0,309	0,62	10,55	4,13	0,07	0,41	1,3
ST12	sup	0,139	0,019	3,35	11,82	0,04	0,01	0,33	1,6
	Chla max	0,634	1,180	2,23	3,91	0,18	0,07	0,34	1,5
	fonds	0,020	0,051	0,95	11,86	5,29	0,03	0,41	2
ST14	sup	0,092	0,014	1,27	11,42	0,29	0,00	0,32	2,1
	Chla max	0,773	0,723	0,35	13,67	0,76	0,05	0,35	1,3
	fonds	0,051	0,045	1,17	13,83	6,99	0,01	0,38	1,1
	sup	0,110	0,017	0,96	13,04	0,27	0,02	0,44	1,9

Station	Prof.	Chla (mg/m³)	Feo a (mg/m³)	Ptot (µM)	Ntot (µM)	NO3 (µM)	NO2 (µM)	NH4 (µM)	T.O.C. (mg/l)
ST15	Chla max	0,526	0,922	1,47	14,38	1,04	0,10	0,42	2
	fonds	0,001	0,022	3,11	12,18	9,16	0,05	0,45	1,1

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

La tendance de la concentration en Chl-a est cohérente dans toutes les stations, c'est-à-dire que les valeurs les plus élevées sont atteintes à profondeur intermédiaire, avec des valeurs maximales de 0,773 mg/m³ dans la station ST14, à l'exception de la station ST11 où les valeurs les plus élevées sont enregistrées en surface. Il en va de même pour les concentrations de phéopigments, élevées à la profondeur intermédiaire (Chl-a max), sauf pour la station ST11 où les valeurs les plus élevées sont observées au fond. En général, les valeurs élevées de phéopigments peuvent être liées aux profondeurs d'échantillonnage (>100 m de profondeur), car le faible rayonnement lumineux qui arrive favorise la dégradation des pigments (Figure 5-60).

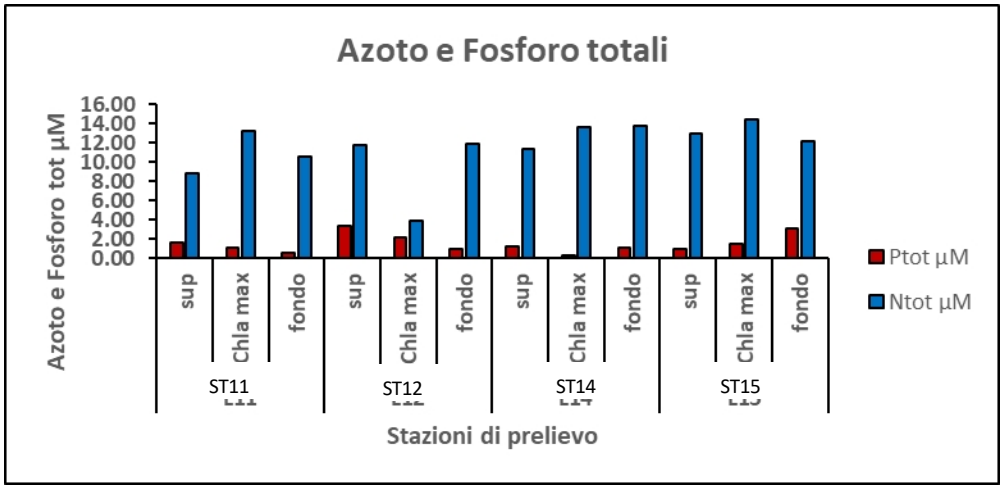
Figure 5-60 Concentrations de pigments dans les stations échantillonnées



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

La figure 5-61 montre qu'à toutes les profondeurs, les concentrations totales dans la colonne d'eau d'azote (N-tot) sont toujours supérieures à celles du phosphore (P-tot), avec des valeurs moyennes de 11,56 µM pour l'azote et 1,52 µM pour le phosphore. Les concentrations ne semblent pas présenter de corrélation avec la profondeur.
Le phosphore a en général une concentration moins variable entre les différentes stations et ne présente pas de tendance claire entre concentration et profondeur.

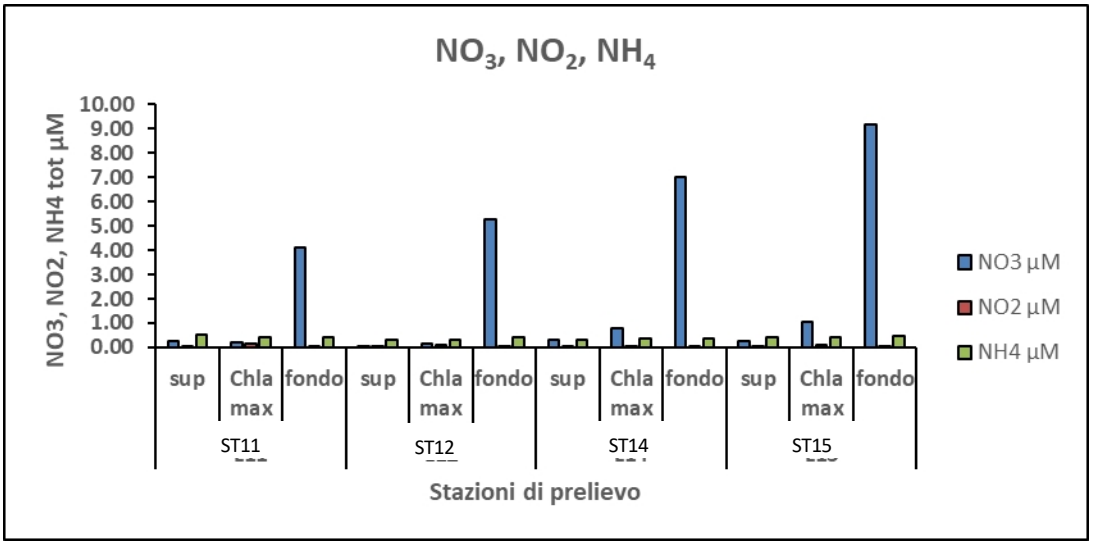
Figure 5-61 Concentrations totales d'azote et de phosphore dans la colonne d'eau



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Parmi les différentes formes d'azote présentes dans la colonne d'eau, les nitrites ($_{NO2}$) sont les moins concentrés, avec des valeurs comprises entre 0,00 et 0,10 µM dans toutes les stations ; tandis que les nitrates ($_{NO3}$) sont les plus concentrés dans toutes les stations, en particulier à des profondeurs importantes, atteignant un pic de 9,16 µM dans la station ST15 ; il semble en effet y avoir une corrélation linéaire positive avec la profondeur des stations échantillonnées. Les concentrations de nitrates ($_{NH4}$) présentent la plus faible variabilité entre les stations et entre les profondeurs, avec une fourchette comprise entre 0,32 et 0,53 µM.

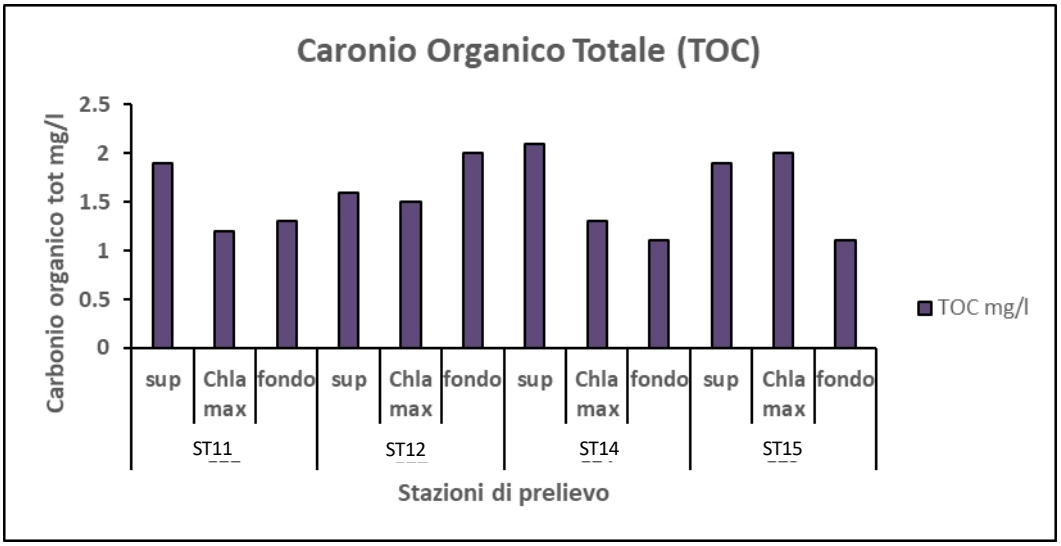
Figure 5-62 Concentration de nitrates, nitrites et azote ammoniacal dans la colonne d'eau.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Les concentrations de carbone organique total (COT) présentent une faible variabilité entre les stations, avec des valeurs comprises entre 1,1 et 2,1 mg/l, et ne montrent aucune corrélation avec la profondeur (figure 5-63).

Figure 5-63 Concentrations de carbone organique total (COT) dans la colonne d'eau.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En ce qui concerne l'analyse chimique des métaux et des contaminants organiques dans la colonne d'eau, l'analyse des métaux et des métalloïdes pour la zone littorale a révélé que la limite de quantification (LOQ) a été dépassée pour l'arsenic (As), le vanadium (V), le cuivre (Cu), l'aluminium (Al), le fer (Fe) et le zinc (Zn). En particulier, dans tous les échantillons, les niveaux d'arsenic sont supérieurs à la limite de quantification (LOQ) de 1 µg/L, avec des valeurs variant entre 1,79 µg/L et 2,17 µg/L. Le cadmium n'est détectable que dans certains échantillons et à des concentrations très faibles, légèrement supérieures à la LOQ de 0,01 µg/L, en particulier aux stations ST1 (sup) et ST3 (sup et fond). Les valeurs de cadmium sont toutefois proches du seuil de détection, ce qui indique une faible concentration de ce métal. Le vanadium est détectable dans tous les échantillons avec des valeurs comprises entre 1,27 et 2,02 µg/L, tandis que le zinc n'est détecté qu'à la station ST7 en surface et au fond, avec un maximum de 3,3 µg/L.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont quant à eux tous restés en dessous du seuil de détection ou ont été détectés en quantités non significatives par rapport à la LOQ de 0,002 µg/L. Seul le naphtalène, normalement utilisé dans les colorants, les combustibles et les insecticides, a été détecté dans toutes les stations et à toutes les profondeurs. Les valeurs de la somme totale des HAP (∑ HAP) varient entre les stations et les profondeurs, avec un maximum de 0,044 µg/L dans ST1 (Chla max) et des valeurs relativement plus faibles dans d'autres stations et profondeurs. De même, pour les halométhanes et les composés organiques volatils (COV), le bromoformi est le seul composé détecté au-dessus de la limite de quantification (LOQ) de 0,010 µg/L dans tous les échantillons et toutes les stations, tandis que le chloroformi n'est détecté que dans un seul échantillon (ST1 sup) avec une concentration de 0,015 µg/L, juste au-dessus de la LOQ. Enfin, en général, les concentrations d'hydrocarbures lourds (IP C>12, chaînes de plus de 12 atomes de carbone) et légers (IL C<12, chaînes de moins de 12 atomes de carbone) ne présentent pas de concentrations dépassant les limites de détection.

Les résultats du calcul de l'indice TRIX sont présentés dans le tableau 5-10, la station ST1 affichant une valeur TRIX moyenne (5,38) plus élevée que les autres stations, ce qui indique un niveau trophique élevé et des eaux très

productives. La figure 5-64 présente les évaluations et les coefficients correspondants conformément au décret législatif n° 258/2000.

Tableau 5-10 Valeurs TRIX et état environnemental correspondant déterminé conformément à l'annexe 1 du décret législatif 258/00.

Calcul de l'indice TRIX				TRIX = (log10(CHLa *DIN*O2*Ptot)-(-1. 5))/1,2				
Station	**Prof.**	**Chla mg/m³**	**O2 (%)**	**Ptot (ug/L)**	**DIN (ug/L)**	**Indice TRIX**	**TRIX moyen**	**État Environnemental**
	sup	0,624	101,990	70,43	55,65	**5,75**	**5,36**	**moyen**
	Chla max	0,788	99,430	184,11	9,55	**5,53**		**moyen**
ST1	**fond**	0,388	99,540	81,54	5,90	**4,81**		**bas**
	sup	0,067	101,090	121,14	26,34	**4,86**	**4,83**	**bas**
	Chla max	0,040	94,730	209,47	31,07	**4,91**		**faible/moyen**
ST3	**fond**	0,057	89,460	150,77	19,32	**4,73**		**bas**
	sup	0,469	101,900	119,91	38,57	**5,70**	**5,03**	**moyen**
	Chla max	0,049	99,270	145,08	27,22	**4,82**		**bas**
ST7	**fond**	0,237	84,080	68,34	6,94	**4,56**		**bas**

Figure 5-64 Limites de l'échelle trophique et valeurs de référence correspondantes selon l'annexe 1 du décret législatif 258/00

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2-4	Elevato	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia basso. Buona trasparenza. Assenza di anomale colorazioni. Assenza di sottosaturazione di ossigeno sul fondo.
4-5	Basso	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza, con occasionali intorbidimenti. Occasionali anomale colorazioni. Occasionali ipossie sul fondo.
5-6	Mediocre	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
6-8	Scadente	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità. Diffuse e persistenti colorazioni. Diffuse e persistenti ipossie/anossie sul fondo. Morie di organismi bentonici. Alterazioni delle comunità bentoniche. Danni economici per turismo, pesca e acquacoltura.

Pour les stations offshore, en revanche, la limite de quantification (LOQ) a été dépassée dans toutes les stations par l'arsenic, le chrome et le vanadium, à toutes les profondeurs considérées. Le zinc a dépassé la limite aux stations ST14 et ST15, mais pas à toutes les profondeurs. Le fer a dépassé la LOQ à la station ST11 à la profondeur superficielle avec une valeur de 14,1 µg/l.

En ce qui concerne les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), seul le naphtalène a dépassé la limite de quantification (LOQ) à la station ST11 au fond, à la station ST14 à la profondeur superficielle et à la station ST15 à toutes les profondeurs ; tandis que le phénanthrène a dépassé la limite à la station ST11 à la profondeur intermédiaire (Chl-a max). Les halométhanes et les hydrocarbures lourds restent dans les limites de concentration et ne dépassent pas la limite de quantification (LOQ) dans aucune station.

Enfin, les résultats du calcul de l'indice TRIX sont présentés dans le tableau 5-11. À toutes les stations, les eaux reflètent un état environnemental « faible » ou « médiocre » aux différentes profondeurs prises en considération.

Cela indique que les eaux sont généralement productives avec une transparence faible ou bonne. Ces valeurs reflètent la zone d'échantillonnage et l'éloignement de la côte des stations échantillonnées.

Tableau 5-11 Valeurs TRIX et état environnemental correspondant déterminé conformément à l'annexe 1 du décret législatif 258/00.

Calcul de l'indice TRIX				TRIX = (log10(Chla *DIN *O2*Ptot)-(-1. 5))/1,2				
Station	**Prof.**	**Chla mg/m³**	**O2 (%)**	**Ptot (ug/L)**	**DIN (ug/L)**	**Indice TRIX**	**TRIX moyen**	**État environnemental**
ST11	**sup**	0,22	105,48	154,29	25,19	**5,38**	**5,22**	**Moyen**
	Chla max	0,05	91,18	103,57	28,03	**4,68**		**bas**
	fond	0,14	76,13	59,32	266,43	**5,61**		**Moyen**
ST12	**sup**	0,14	103,16	318,59	8,68	**5,08**	**5,33**	**bas**
	Chla max	0,63	94,31	211,84	20,52	**5,76**		**moyen**
	fond	0,02	76,11	90,18	336,87	**5,14**		**bas**
ST14	**sup**	0,09	104,78	120,57	23,86	**4,94**	**5,36**	**bas**
	Chla max	0,77	97,15	33,11	55,82	**5,53**		**Moyen**
	fond	0,05	70,47	110,89	440,66	**5,61**		**Moyen**
ST15	**sup**	0,11	103,74	91,42	25,71	**4,94**	**5,21**	**bas**
	Chla max	0,53	94,49	140,04	76,94	**6,03**		**Moyen**
	fond	0,00	68,49	294,94	578,59	**4,67**		**bas**

Source : Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En conclusion, dans la zone littorale, les pigments photosynthétiques totaux présents dans la colonne d'eau sont composés, dans toutes les stations, principalement de chlorophylle a (Chla) et de phéopigments, avec des valeurs maximales en mg/m³ atteintes à la station ST1. La station ST3 fait exception, où la présence de phéopigments n'a pas été détectée, sauf à la profondeur superficielle avec une faible valeur de 0,008 mg/m³ . À toutes les profondeurs, les concentrations totales d'azote semblent toujours supérieures à celles du phosphore, dont la concentration varie généralement moins entre les stations. Les nitrites (NO_2) sont les moins concentrés dans toutes les stations et à toutes les profondeurs (0,01 µM – 0,15 µM), tandis que les nitrates ($_{NO3}$) et l'ammonium ($_{NH4}$) ont des concentrations similaires. En général, la plus forte concentration de nitrates et d'ammonium a été détectée dans les eaux de surface de la station ST1. D'après l'analyse des métaux et des métalloïdes, la limite de quantification (LOQ) a été dépassée pour l'arsenic (As), le vanadium (V), le cuivre (Cu), l'aluminium (Al), le fer (Fe) et le zinc (Zn). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont quant à eux tous restés en dessous du seuil de détection ou ont été détectés en quantités non significatives par rapport à la LOQ. Seul le naphtalène, normalement utilisé dans les colorants, les combustibles et les insecticides, a été détecté dans toutes les stations et à toutes les profondeurs. Les résultats du calcul de l'indice TRIX montrent des valeurs à la limite entre un état environnemental « faible » et « médiocre ».

Dans la zone offshore, les pigments photosynthétiques totaux présents dans la colonne d'eau sont principalement composés de chlorophylle a (Chla) dans toutes les stations, à l'exception des stations ST11, ST12 et ST15 où l'on observe des pics de phéopigments. Les valeurs les plus élevées de Chl-a sont atteintes à des profondeurs intermédiaires, la station ST14 représentant la valeur maximale de 0,773 mg/m³. Les valeurs élevées de phéopigments peuvent être liées aux profondeurs d'échantillonnage qui favorisent leur

leur dégradation en raison d'un faible rayonnement lumineux. À toutes les profondeurs, les concentrations totales d'azote dans la colonne d'eau sont toujours supérieures à celles du phosphore. Le phosphore a généralement une concentration moins variable entre les différentes stations et ne présente pas de tendance claire entre concentration et profondeur. Les nitrites ($_{NO2}$) sont les moins concentrés, tandis que les nitrates ($_{NO3}$) sont les plus concentrés dans toutes les stations, en particulier aux profondeurs les plus importantes.

La limite de quantification (LOQ) a été dépassée dans toutes les stations par l'arsenic, le chrome et le vanadium, à toutes les profondeurs considérées. En ce qui concerne les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), seul le naphtalène a dépassé la limite de quantification (LOQ) aux stations ST11, ST14 et ST15, tandis que le phénanthrène a dépassé la limite à la station ST11 à la profondeur intermédiaire. Enfin, l'indice TRIX a affiché des valeurs à la limite entre un état environnemental « faible » et « médiocre ».

Pour plus de détails, veuillez vous reporter à l'annexe « Secteur nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) » et à l'annexe « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) ».

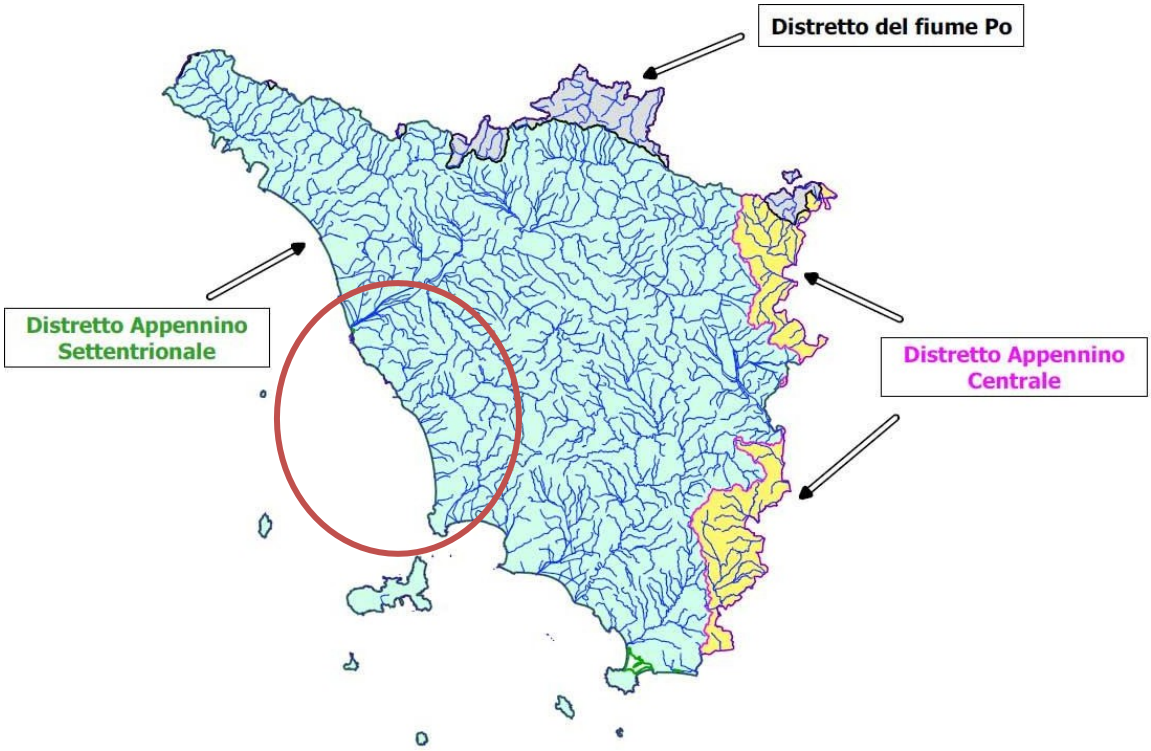
5.6.2 Eaux de surface et souterraines

Les eaux de surface sont toutes les eaux, courantes ou stagnantes, identifiées par la directive européenne 2000/60/CE (directive-cadre sur l'eau) et dont les types peuvent être classés en rivières, lacs et eaux de transition.

La partie du territoire dans laquelle se trouvent des eaux de surface qui se jettent dans la mer par un seul estuaire représente le bassin hydrographique. La Toscane compte 12 bassins hydrographiques :

- 3 bassins régionaux : Ombrone, Toscana Costa, Toscana Nord ;
- 3 bassins nationaux : Arno, Pô, Tibre ;
- 1 bassin expérimental : Serchio ;
- 5 bassins interrégionaux : Magra, Fiora, Reno, Conca-Marecchia, Lamone-Montone.

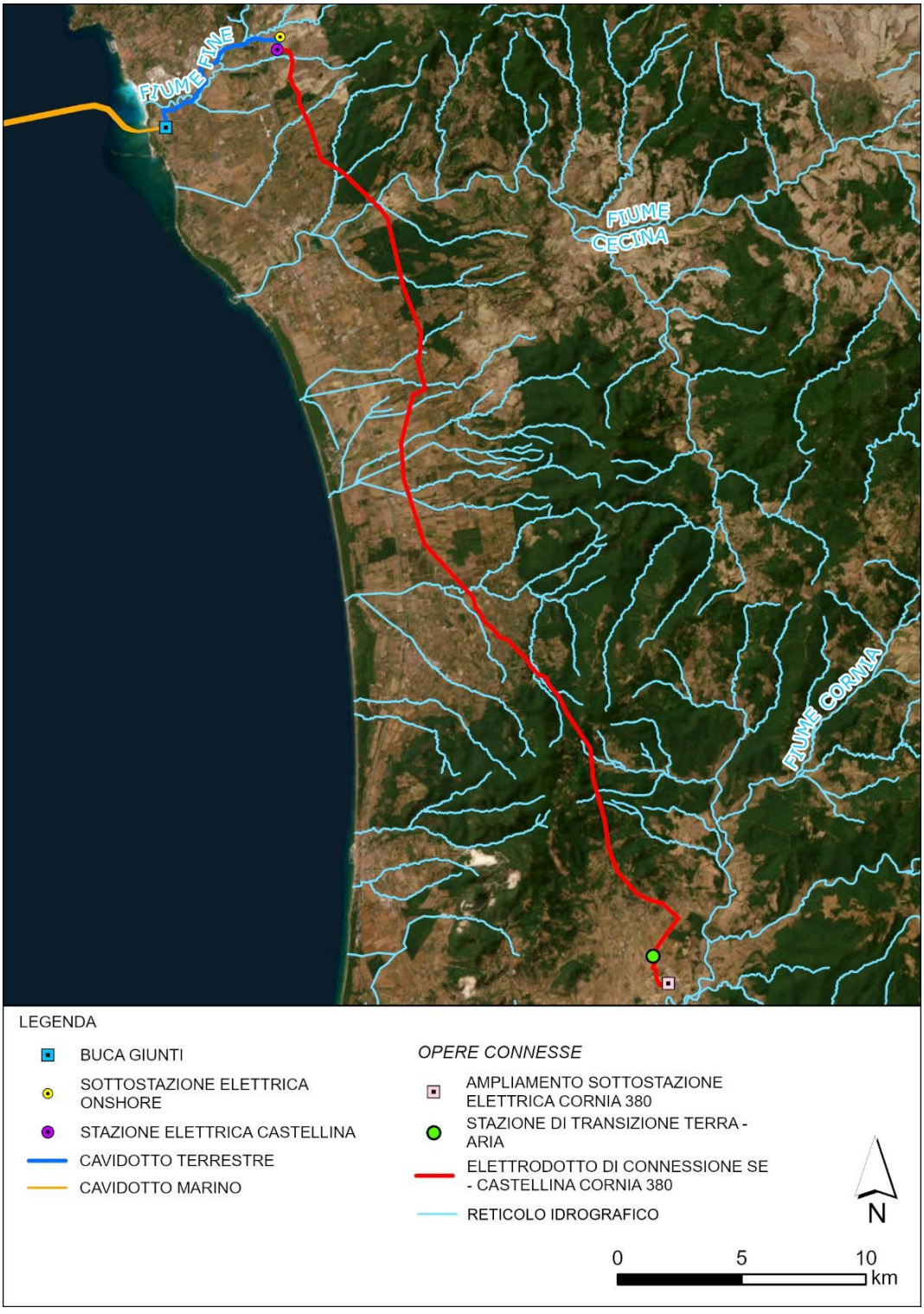
Figure 5-65 Bassins hydrographiques de la Toscane



Source : ARPAT, 2023

La zone du projet se trouve dans le bassin côtier toscan, et plus particulièrement dans les sous-bassins de Cecina, Fine et Cornia. Le fleuve Cecina, qui prend sa source à Cornate di Gerfalco, dans la province de Grosseto, à environ 812 m d'altitude, coule vers le nord-ouest jusqu'à Volterra, puis vers l'ouest jusqu'à la mer. Il traverse les provinces de Sienne et de Pise, pour finir son parcours dans la province de Livourne, avec un bassin d'environ 900 km^2 et une longueur de 79 km. Il présente un régime torrentiel, avec des débits allant d'un maximum de 1300 m^3 /sec à un minimum de 0,01 m^3 /sec et de fréquents phénomènes de stress hydrique. Les affluents de gauche sont plus longs et ont des lits plus larges que ceux de droite, principalement de nature torrentielle et avec des pentes plus importantes. Sur le cours principal, on observe de longues périodes de basses eaux pendant la période estivale et de fortes crues de novembre jusqu'au printemps. Le Fine est un cours d'eau court qui se jette dans la mer près de Rosignano Solvay ; son bassin, contigu en partie à celui de la Cecina, occupe la dépression comprise entre les monts Livornesi et la crête du M. Vaso, à la frontière entre les provinces de Pise et de Livourne. Enfin, la Cornia, qui donne son nom à la vallée du même nom, est une petite rivière qui prend sa source à Sasso Pisano et se jette dans la mer près de Piombino.

Figure 5-66 Réseau hydrographique Zone du projet

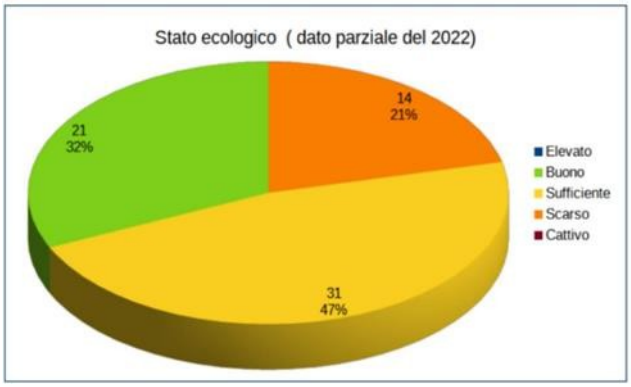


Source : Géoportail de la région Toscane, élaboration ERM, 2023

Pour les eaux de surface intérieures également, un nouveau cycle triennal de surveillance a débuté en Toscane en 2022, dont la programmation des activités et l'ensemble des paramètres à rechercher sont régis par la directive européenne 2000/60/CE et les lignes directrices du Système national des agences de protection de l'environnement (SNPA). La matrice eau est surveillée, à laquelle s'ajoutent les sédiments dans les eaux de transition et le biote, c'est-à-dire la recherche de substances dangereuses dans les organismes qui occupent le sommet de la chaîne alimentaire dans les écosystèmes fluviaux.

L'état écologique, décliné en cinq classes de qualité (élevé, bon, suffisant, médiocre, mauvais), est déterminé en choisissant le résultat le plus défavorable parmi la combinaison de cinq indicateurs : macroinvertébrés, macrophytes, diatomées benthiques, LimEco (niveau de pollution par macrodescripteurs : oxygène en saturation, azote ammoniacal, azote nitrique et phosphore total), concentration moyenne des substances dangereuses. En 2022, 66 points de surveillance ont été contrôlés et, en rappelant qu'il s'agit d'une donnée partielle, nous rapportons la distribution en pourcentage des classes d'état écologique résultant de la surveillance.

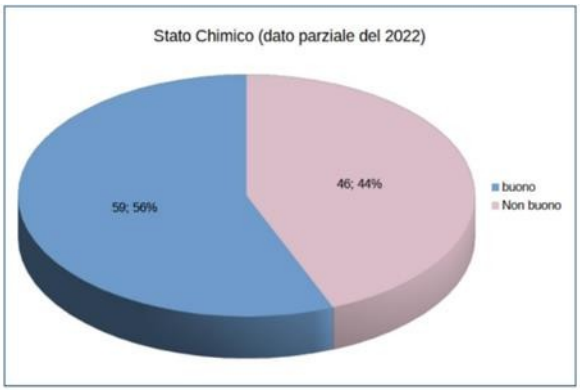
Figure 5-67 État écologique des eaux de surface



Source : ARPAT, 2023

La qualité chimique est déterminée en comparant les concentrations moyennes sur la période des substances énumérées dans le tableau 1A du décret législatif 152/06 avec les normes de qualité environnementale (SQA) correspondantes figurant dans le texte unique sur l'environnement. L'état chimique prévoit deux classes : « bon » et « mauvais ». Un point de surveillance a un état chimique « mauvais » lorsque la moyenne d'un seul paramètre dépasse la SQA ou la valeur limite indiquée dans la réglementation. La recherche de polluants dans le biote (espèces de poissons cibles pour le cours d'eau examiné) fait également partie de l'état chimique ; toutefois, cette activité est encore menée sur un nombre limité de stations et il est donc préférable de séparer les informations provenant de la matrice eau de celles provenant du biote. En 2022, pour les 14 points de surveillance contrôlés pour la recherche de polluants dans le biote, le résultat n'était pas bon dans tous les échantillonnages, tandis que les résultats pour l'état chimique sur 105 stations contrôlées sont joints en annexe.

Figure 5-68 État chimique des eaux de surface



Source : ARPAT, 2023

Le tableau définitif de la qualité écologique et chimique des masses d'eau de surface sera obtenu fin 2024, à l'issue du cycle triennal de surveillance commencé en 2022.

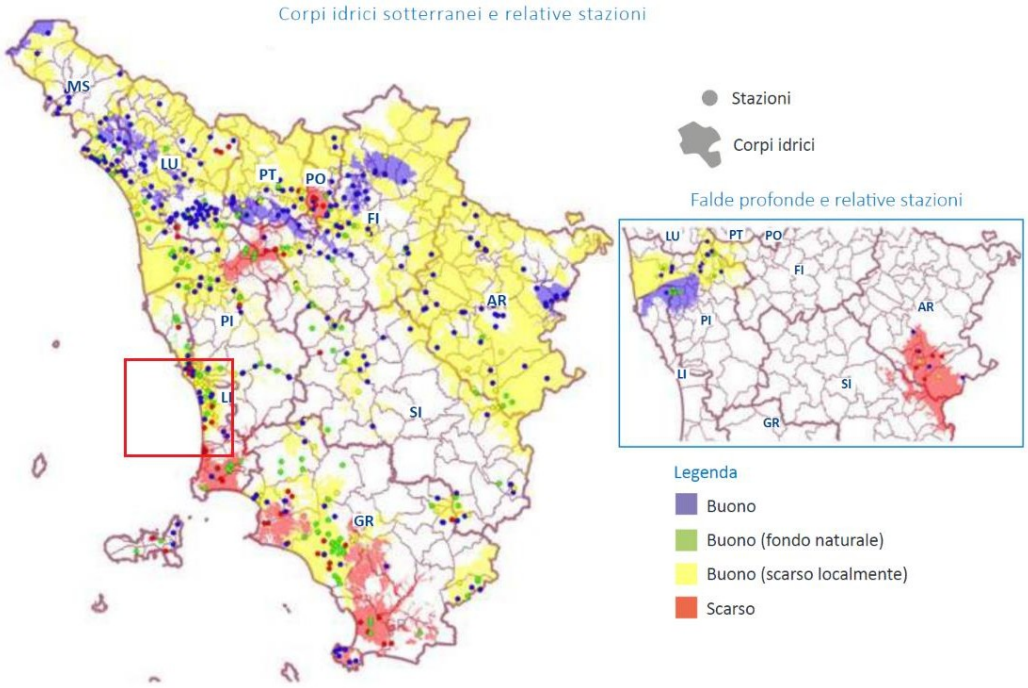
Les eaux souterraines ont tendance à se déplacer très lentement et à rester protégées des sources de pollution présentes en surface. Pour ces raisons, elles constituent la ressource en eau potable par excellence, souvent déjà disponible pour la consommation humaine avec un minimum de traitement et de désinfection. Aux fins de leur gestion, on se réfère aux « masses d'eau souterraines » (MES), c'est-à-dire aux portions d'eau souterraines qui présentent des caractéristiques similaires tant du point de vue de leurs propriétés physiques naturelles que du point de vue des pressions anthropiques auxquelles elles sont soumises. En Toscane, 67 CIS ont été identifiés. Conformément à la législation nationale et communautaire, les masses d'eau souterraines sont évaluées selon trois aspects principaux :

- l'état chimique, qui fait référence à l'absence ou à la présence, dans certaines limites, de polluants d'origine anthropique certaine ;
- état quantitatif, qui fait référence à la vulnérabilité aux déséquilibres quantitatifs, c'est-à-dire aux situations très répandues dans lesquelles les volumes d'eau extraits ne sont pas proportionnés aux volumes de recharge superficielle. Il s'agit d'un paramètre très important compte tenu des longs délais de recharge et de renouvellement qui caractérisent les eaux souterraines ;
- tendance, qui fait référence à l'apparition de tendances durables et significatives à l'augmentation des polluants. Celles-ci doivent être évaluées à partir d'un seuil de 75 % de la valeur d'état médiocre et, si elles sont confirmées, des mesures doivent être mises en œuvre et le renversement de tendance attendu doit être démontré dans les années à venir.

Contrairement aux eaux de surface, les eaux souterraines ne nécessitent pas d'évaluation de leur état écologique. Néanmoins, des recherches récentes ont mis en évidence l'importance écologique des organismes stigobies qui peuplent les sous-sols, laissant présager la nécessité future de prendre en compte, dans l'évaluation de l'état environnemental, l'état de « santé » des communautés animales et végétales « vivantes ».

D'après l'annuaire 2023 des données environnementales de la Toscane, l'état chimique de 49 masses d'eau souterraines surveillées a été jugé « médiocre » pour 23 % d'entre elles et répond, pour l'essentiel, à des pressions quantitatives, récemment accentuées par des déficits climatiques, avec des augmentations, au-delà des valeurs naturelles normales, de paramètres représentés principalement par le fer, la conductivité, le sodium, le manganèse et le chlorure. L'état « bon (faible localement) » concerne 57 % des masses d'eau surveillées et, outre les substances mentionnées ci-dessus, on note également la présence de plomb, de chlorure de vinyle et de nickel. L'état « bon avec fond naturel » est limité à un seul milieu aquatique, tandis que l'état « bon », exempt de contamination anthropique et de bonne qualité générale des eaux, concerne les 18 % restants. La tendance des classifications montre une année 2022 globalement stable par rapport à 2021.

Figure 5-69 Qualité chimique des masses d'eau souterraines et des nappes phréatiques profondes



Source : ARPAT, 2023

5.7 Sédiments marins

Les sédiments peuvent être définis comme un agglomérat de matières inertes et vivantes, de nature inorganique et organique, dont la composition physique, chimique et biologique est variable. Les sédiments marins sont principalement constitués de particules de roche et de sol, transportées des zones terrestres vers la mer par le vent, la glace et les rivières ; ils peuvent également être constitués de restes d'organismes marins, de produits du volcanisme sous-marin, de précipités chimiques provenant de l'eau de mer et de matériaux provenant de l'espace (par exemple, des météorites) qui s'accumulent au fond de la mer. Ils peuvent être constitués de particules de tailles variables, de très grossières à extrêmement fines, présentes en proportions différentes selon l'environnement de dépôt.

Les sédiments représentent un compartiment environnemental d'importance stratégique car ils accumulent et stockent des contaminants de diverses natures, constituant un réservoir (*sink*) transitoire et/ou définitif pour ces substances, mais ils peuvent également être une source (*source*) de contamination. Dans cette optique, les processus d'échange entre les sédiments, la colonne d'eau et les organismes vivants sont fondamentaux.

5.7.1 Granulométrie

Le terme granulométrie regroupe tous les essais nécessaires à la définition de la courbe granulométrique, résultat final de l'analyse. La courbe granulométrique est la représentation sur un plan semi-logarithmique des diamètres des particules constituant un sol en fonction de leur pourcentage en poids. Étudier la granulométrie des sédiments signifie définir la taille des particules qui les composent et les classer. Le système de classification le plus utilisé en sédimentologie est celui proposé par Udden en 1898, puis modifié par Wentworth en 1922.

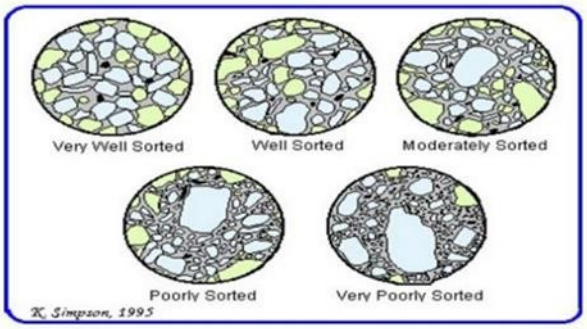
Romano *et al.* (2016) définissent les sédiments marins comme étant composés de particules de tailles variables, de très grossières à extrêmement fines, présentes en pourcentages différents en fonction de l'environnement de dépôt selon cette classification (Figure 5-70) :

- GRAVIERS (> 2000 µm) – ce sont des fragments lithiques ou des sédiments semi-consolidés ou semi-cohérents indicatifs de la lithologie de la roche mère. Leur forme plus ou moins arrondie dépend de la texture de la roche mère et du degré de dégradation du grain lui-même ;
- SABLE (2000 µm < x <63 µm) – il s'agit principalement de grains monominéraux (cristaux et fragments de cristaux), mais avec des fragments lithiques dans le sable moyen et grossier. Le minéral le plus courant, car le plus stable, est le quartz ;
- LIMI (63 µm < x <4 µm) et ARGILLES (x >4 µm) – constitués des mêmes minéraux que les sables, mais avec une plus grande quantité de minéraux moins stables (feldspaths hémiques) que le quartz. Les minéraux argileux sont présents en dessous de 20 µm. Les argiles sont constituées de phyllosilicates (silicates hydratés à structure lamellaire), définis génériquement comme des minéraux argileux. Ils ne proviennent pas directement de la roche mère (minéraux primaires), mais sont le produit de l'interaction entre les roches ignées et l'environnement exogène (minéraux secondaires).

Figure 5-70 Relation entre les diamètres et la classe selon les méthodologies courantes et les définitions

Scala φ	Intervallo dimensionale (metrico)	Classi granulometriche (Wentworth)
< −8	> 256 mm	Blocchi
da −6 a −8	64–256 mm	Ciottoli
da −5 a −6	32–64 mm	Ghiaia molto grossa
da −4 a −5	16–32 mm	Ghiaia grossa
da −3 a −4	8–16 mm	Ghiaia media
da −2 a −3	4–8 mm	Ghiaia fine
da −1 a −2	2–4 mm	Ghiaia molto fine
da 0 a −1	1–2 mm	Sabbia molto grossa
da 1 a 0	0,500–1 mm	Sabbia grossa
da 2 a 1	0,250–0,500 mm	Sabbia media
da 3 a 2	0,125–0,250 mm	Sabbia fine
da 4 a 3	0,063–0,125 mm	Sabbia molto fine
da 8 a 4	0,004–0,063 mm	Limo
> 8	< 0,004 mm	Argilla
>10	< 0,001 mm	Colloide

Molto classato	$0 < \sigma < 0{,}35\phi$
Ben classato	$0{,}35 < \sigma < 0{,}50\phi$
Moderatamente classato	$0{,}50 < \sigma < 1\phi$
Mal classato	$1 < \sigma < 2\phi$
Molto mal classato	$2 < \sigma < 4\phi$
Estremamente mal classato	$\sigma > 4\phi$



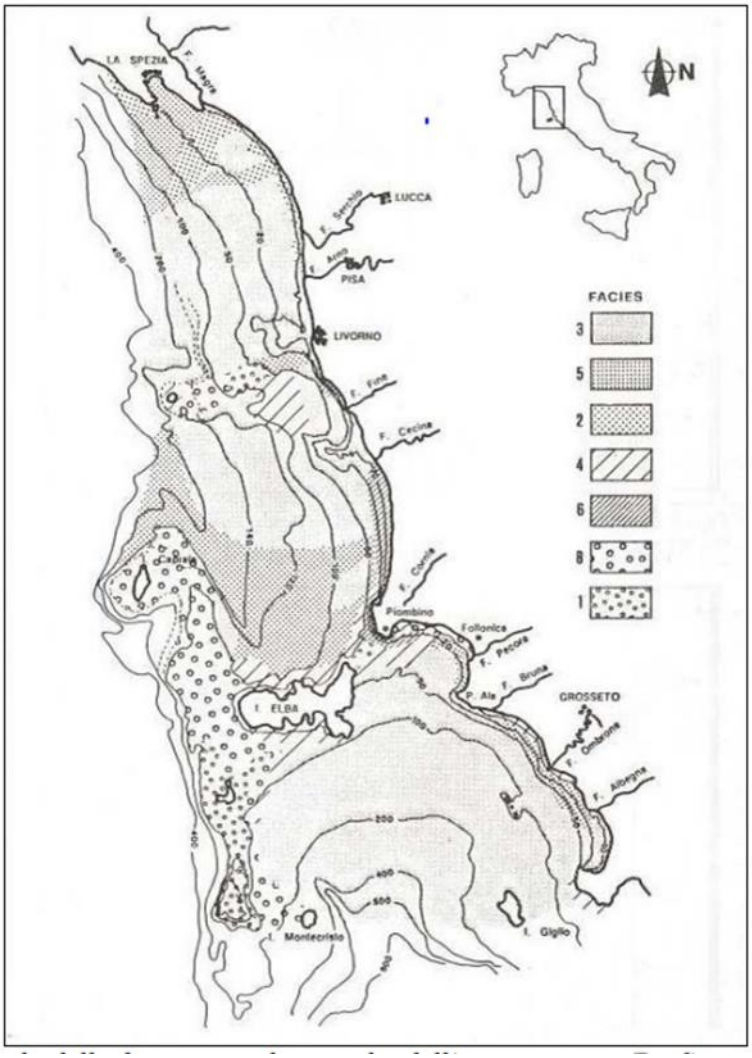
Source : Romano et al. (2016)

Les sédiments présents le long des côtes italiennes reflètent la géologie complexe du territoire, tant du point de vue granulométrique que minéralogique. Leur granulométrie dépend de la morphologie de la côte et leur distribution est influencée par différents facteurs, notamment les apports fluviaux, les courants, le mouvement des vagues et la morphologie des fonds marins. Le dépôt des sédiments marins et leurs caractéristiques texturales sont influencés par de multiples facteurs tels que, par exemple, les conditions hydrodynamiques, la présence ou non d'embouchures fluviales, les caractéristiques des roches affleurantes, la morphologie des fonds marins, etc. (Ricci et Lucchi, 1980). Les sédiments ont tendance à se déposer selon un gradient granulométrique généralement décroissant de la côte vers le large, avec des sédiments plus grossiers à proximité de la côte (plage submergée) et des granulométries plus fines à mesure que l'on s'éloigne de la côte (AA.VV., 1997). Cette tendance générale est modifiée par les conditions hydrodynamiques (courants et marées) et morphologiques locales, qui peuvent entraîner une inversion du gradient de dépôt, ainsi que la formation de zones à faible énergie dans des zones autrement caractérisées par une énergie élevée. La présence d'éventuels ouvrages de défense côtière peut modifier le schéma général de transport et de dépôt des sédiments marins le long de la côte, tout comme les tempêtes peuvent modifier de manière significative les processus sédimentaires.

En ce qui concerne le plateau continental toscan[11], les sédiments ont une granulométrie variable, allant de très fine à grossière. Ces sédiments se forment par la décomposition de roches d'origines diverses, notamment métamorphiques, carbonatées et volcaniques. La présence de nombreux cours d'eau, tels que l'Arno et l'Ombrone, contribue de manière significative à l'apport de matériaux. En particulier, dans la zone côtière comprise entre l'embouchure de l'Arno et celle du Serchio, les sédiments varient entre des sables grossiers et des sables très fins, tandis qu'entre l'embouchure du Magra et Marina di Carrara, on trouve des sables et des sédiments plus grossiers. Dans la partie sud de la zone située en face de Marina di Pisa, en revanche, on observe une présence importante de dépôts graveleux. En se déplaçant vers Viareggio, on trouve des sables moyens à très fins, à l'exception de sables grossiers. Enfin, l'embouchure du fleuve Ombrone se caractérise par des sédiments sableux et limono-argileux : les premiers sur le front du delta et les seconds sur le prodelta.

[11] **LG Granulométrie des sédiments marins (snpambiente.it)** (2018)

Figure 5-71 Répartition spatiale des faciès granulométriques de la région toscane : 1) gravier et sable grossier ; 2) sable pélitique ; 3) argile ; 4) limon ; 5) limon sableux ; 6) sable moyen-fin ; 8) sable moyen-grossier

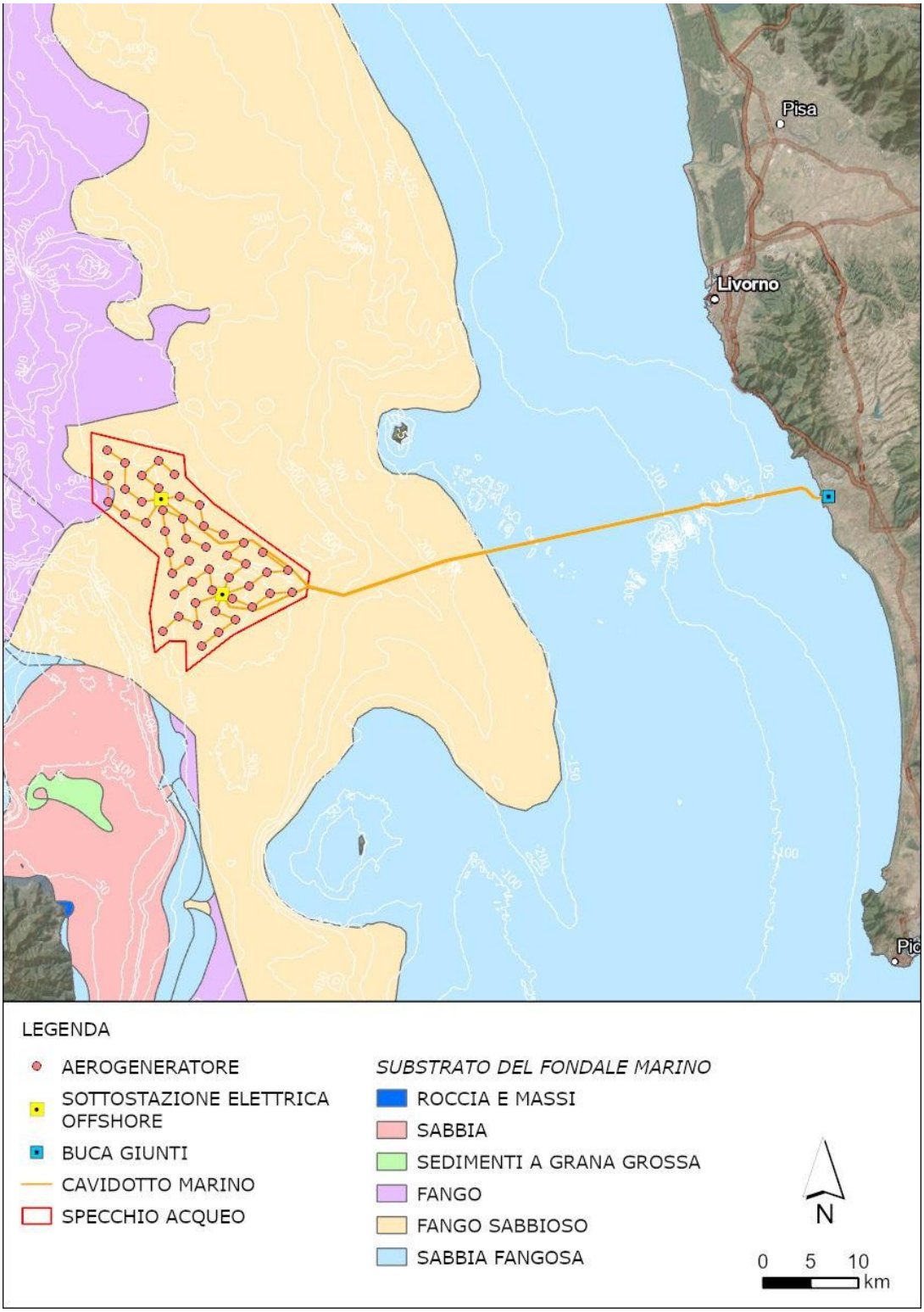


Source : De Simone et al., 1993

Sur la côte toscane, le transport net de solides le long du rivage est principalement dirigé vers le sud : il existe cependant des tronçons - comme à l'embouchure de l'Arno jusqu'à Forte dei Marmi, entre Vada et l'embouchure du Cecina et entre Follonica et l'embouchure de l'Ombrone - où ce transport se fait vers le nord (ARPAT, 2015).

En ce qui concerne la zone du projet, selon la classification granulométrique Folk7, le fond marin est caractérisé par du « sable boueux » (boue 10-50 %, sable 50-90 %, gravier <5 %) jusqu'au plan circalittoral et de « boue sableuse » (boue 50-90 %, sable 10-50 %, gravier <5 %) dans la zone du parc éolien.

Figure 5-72 Type de fond marin dans la zone du projet



Source : EMODnet Map Viewer, 2024

5.7.1.1 *Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental*

Dans le cadre des campagnes de surveillance côtière et offshore, toutes deux menées entre juin et juillet 2024, une analyse granulométrique des sédiments prélevés sur les sites d'échantillonnage (stations ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, ST6, ST7, ST8, ST9 et ST10 pour la zone côtière (Figure 5-54) et stations ST11, ST12, ST13, ST14, ST15 pour la zone offshore (Figure 5-55). Cette analyse a permis de déterminer la distribution de la taille des particules dans les échantillons, fournissant ainsi des informations essentielles sur la composition et les caractéristiques physiques des sédiments.

Les tableaux 5-12 et 5-13 présentent respectivement les résultats obtenus pour la zone littorale et la zone offshore à partir de l'analyse granulométrique et la représentation en pourcentage des principales classes granulométriques observées selon l'échelle d'Udden-Wentworth. Les résultats, exprimés en grammes de fraction retenue par le tamis correspondant après tamisage à sec, montrent que pour la zone littorale, les classes les plus abondantes sont le sable et la pelite, cette dernière caractérisant davantage les stations les plus profondes échantillonnées ; en ce qui concerne la zone offshore, les classes les plus abondantes sont la pelite, pour plus de 50 % dans toutes les stations, atteignant des valeurs de 97,7 % dans la station ST11, et le sable. Le gravier n'est présent dans aucune des stations échantillonnées, ce qui est caractéristique des grandes profondeurs.

Tableau 5-12 Analyse granulométrique au passage (fractions exprimées en grammes) de la zone côtière.

Analyse granulométrique au passage (fractions en grammes)												
	Gravier	Sable										Pelit
Champion	2000 µm	1400 µm	1000 µm	710 µm	500 µm	355 µm	250 µm	180 µm	125 µm	90 µm	63 µm	(< 63 µm)
ST1	0,0	0,1	0,4	0,8	2,0	3,3	5,1	16,0	36,8	26,5	7,0	2,0
ST2	0,1	0,2	0,3	0,4	1,4	2,4	5,2	20,9	38,6	22,4	5,3	2,9
ST3	0,0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,7	15,6	45,2	26,1	5,0	2,4
ST4	0,0	0,2	0,3	0,5	1,2	2,3	3,7	12,2	40,6	28,5	6,6	3,9
ST5	0,0	0,1	0,1	0,3	0,8	1,6	2,6	7,2	35,6	37,6	9,1	4,9
ST6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	1,6	6,8	6,3	84,3
ST7	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	1,0	3,0	4,4	89,8
ST8	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,6	1,1	1,8	94,7
ST9	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	96,4
ST10	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	97,3

Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Tableau 5-13 Analyse granulométrique au passage (fractions exprimées en grammes) de la zone offshore.

Analyse granulométrique au passage (fractions en grammes)												
	Gravier	Sable										Pelit
Échantillon	2000 µm	1400 µm	1000 µm	710 µm	500 µm	355 µm	250 µm	180 µm	125 µm	90 µm	63 µm	(< 63 µm)
ST11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	97,7
ST12	0,0	0,4	0,4	0,6	1,2	2,8	3,8	4,6	5,2	9,2	5,1	66,5
ST13	0,0	0,6	1,5	1,8	3,5	5,7	7,5	9,1	6,3	4,4	2,4	57,1
ST14	0,0	0,4	0,8	1,2	2,5	4,8	7,3	10,7	8,1	4,1	2,2	57,8
ST15	0,0	0,1	0,1	0,2	0,5	0,9	1,3	2,4	3,7	4,8	2,8	83,3

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

L'analyse de la couleur (échelle Munsell), en revanche, pour la zone littorale met en évidence l'homogénéité des échantillons, qui se divisent en deux groupes : les échantillons 1 à 5 ont une couleur blanche, tandis que les échantillons 6 à 10 ont une couleur gris clair.

Tableau 5-14 Analyse de la couleur échelle MUNSELL nearshore

Échantillon	Couleur (Munsell)	Remarques
ST1	10YR 8/1	blanc
ST2	10YR 8/1	blanc
ST3	10YR 8/1	blanc
ST4	10YR 8/1	blanc
ST5	10YR 8/1	blanc
ST6	2,5 ans 7/1	gris clair
ST7	2,5Y 7/1	gris clair
ST8	2,5Y 7/1	gris clair

Échantillon	Couleur (Munsell)	Remarques
ST9	2,5Y 7/1	gris clair
ST10	2,5Y 7/1	gris clair

Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Dans la zone offshore, l'homogénéité des échantillons est constatée dans toutes les stations, avec une couleur typique des profondeurs échantillonnées.

Tableau 5-15 Analyse de la couleur échelle MUNSELL offshore

Échantillon	Couleur (Munsell)	Remarques
ST11	5Y 7/2	gris clair
ST12	5Y 7/2	gris clair
ST13	5Y 7/2	gris clair
ST14	5Y 7/2	gris clair
ST15	5Y 7/2	gris clair

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En conclusion, dans la zone côtière, l'analyse granulométrique a mis en évidence que les classes les plus abondantes sont le sable et la pelite, tandis que le gravier n'est présent dans aucune des stations échantillonnées, comme c'est généralement le cas à grande profondeur. L'analyse de la couleur a mis en évidence la présence de deux groupes homogènes de stations, l'un de couleur blanche et l'autre gris clair.

Dans la zone offshore également, les classes les plus abondantes se sont avérées être la pelite (plus de 50 % dans toutes les stations) et le sable, en particulier dans la station L11, tandis que le gravier n'est présent dans aucune station. L'analyse de la couleur s'est révélée homogène dans toutes les stations, avec des sédiments gris clair.

Pour plus de détails, veuillez vous reporter à l'annexe « Secteur nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) » et à l'annexe « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) ».

5.7.2 Paramètres physico-chimiques

Au cours des dernières années, la croissance rapide de la population humaine et l'industrialisation ont entraîné une augmentation des déchets et des émissions de substances polluantes dans l'environnement. Parmi tous les types de polluants, les substances chimiques suscitent de vives inquiétudes en raison de leurs répercussions potentielles sur le plan écologique et socio-économique, telles que la perte de biodiversité, la contamination des aliments, la dégradation des habitats, la privation des moyens de subsistance, et en raison de leurs effets directs sur la santé humaine (Botwe *et al.*, 2017). Pour décrire l'état chimique des sédiments, on recherche un ensemble de substances prioritaires identifiées par le décret législatif 152/06, complété par la suite par le décret législatif 172/15, et répertoriées dans le tableau 5-16 ci-dessous.

Tableau 5-16 Substances prioritaires à rechercher dans les sédiments

Paramètres communs aux tableaux 2/A et 3B		Paramètres Tableau 3/A	Paramètres Tableau 3/B
Cadmium	α-hexachlorocyclohexane	Benzo[a]pyrène	Arsenic
Mercure	β-hexachlorocyclohexane	Benzo[B]fluorathène	Chrome total
Plomb	γ-hexachlorocyclohexane	Benzo [ghi] Pérénylène	Chrome VI
Anthracène	DDT	Benzo [K] Fluorathène	PCB totaux
Naphthalène	DDD	Indénopyrène	
Aldrine	DDE	Fluoratène	
Dieldrine	TBT	Hexachlorobenzène	
		ΣT.E. PCDD, PCDF (dioxines et furannes et PCB de type dioxine)	

Source : ARPAT, 2019

Les niveaux possibles de classification de l'état chimique des sédiments sont « bon » ou « mauvais » et dépendent de la comparaison avec les normes de qualité environnementale du décret législatif 172/15 et de la délibération régionale 264/2018, relatives aux valeurs de fond.

Au cours de la période 2019-2021, l'ARPAT a effectué 57 prélèvements de sédiments et, d'après les analyses contenues dans le rapport « Surveillance des eaux marines côtières de Toscane - période 2019-2021 »[12] , il ressort que :

- le mercure est supérieur à la norme de qualité environnementale dans les masses d'eau de la côte de Livourne et de la côte de Rosignano en 2019 et 2020 : en 2021, les valeurs sont à la limite de la valeur de fond. En 2021, il convient de signaler la non-conformité de ce métal pour la masse d'eau de la côte de Piombino ;
- le cadmium est inférieur à la norme de qualité sur toute la côte toscane ;
- la concentration de plomb relative aux trois années de surveillance est supérieure à la norme pour le plan d'eau de Costa Piombino en 2020 et 2021 et pour la station Elba Sud en 2021 ;
- la concentration de TBT ne dépasse la norme de qualité environnementale qu'à la station Elba Nord en 2020 ;
- les concentrations d'anthracène, de naphtalène, d'aldrine, de dieldrine, d'α-, β-, γ-hexachlorocyclohexane, de DDT, de DDE et de DDD sont inférieures à la norme environnementale indiquée par la réglementation et également inférieures à la limite instrumentale ;
- les concentrations d'HAP sont pour la plupart inférieures à la limite de quantification et en dessous de la norme environnementale ;
- l'hexachlorobenzène dépasse la norme de qualité environnementale dans les masses d'eau de la côte de Livourne et de Rosignano au cours des trois années considérées ;
- la somme T.E. des PCDD, PCDF et PCB-DL dépasse la norme de qualité environnementale dans la station d'Elba Sud en 2021 ;

12 https://issuu.com/arpatoscana/docs/monitoraggio-acque-marino-costiere-19-21t (2022)

- l'arsenic dépasse la norme environnementale/les valeurs de fond dans les masses d'eau de la Costa Rosignano (2020), de l'Elba Nord (2020 et 2021), de l'Elba Sud (au cours de la période triennale) et de l'Isola del Giglio (2020 et 2021) ;
- le chrome total présente dans toutes les stations des valeurs supérieures à la valeur de fond en 2021 pour les masses d'eau de la Costa del Serchio, de la Costa pisana et de la Costa Argentario ;
- le chrome VI et les PCB totaux ne dépassent pas les valeurs environnementales dans aucun des

sédiments surveillés. Le tableau 5-17 ci-dessous résume l'état chimique des masses d'eau concernées dans la

zone du projet.

Tableau 5-17 État chimique des sédiments 2008-2022

Corpo idrico	Stazione	Anno	mg/kg ss						µg/kg ss												
			As	Cr tot	Cd	Ni	Pb	Hg	TBT	PCB	IPA	B(a)P	B(b)FA	B(ghi)P	B(k)FA	Fluorantene	Naftalene	DDT	DDE	DDD	HCB
Costa livornese	Livorno	2008																			
		2009	13	81	<0,5	50	21	0,27	<3												
		2010	7	56	0,2	41	17	<0,2	3,00	0,90	312,00	26,00									
		2011	21	76	0,3	49	23	0,30		9,00	2188	227	244	160	120	300					
		2012	19	70	0,4	52	23	0,35	4,00	1,50	1150	120	135	94	67	180					
		2013	14	62	0,2	45	18	0,20	14	2,60	1230	125	145	86	71	189					
		2014																			
		2015																			
	Antignano	2008																			
		2009	19	117	1,0	84	28	2,14													
		2010	19	98	0,4	74	28	1,4	8	1,90	444	43									
		2011	24	92	0,3	77	29	1,7		9,00	428	39	44	33	21	56					
		2012	22,5	93	0,4	75	27	1,65	1,00	2,80	570	52	59	47	27	78					
		2013	18	86	0,4	69	23	1,1	2,00	3,40	554	49	54	39	27	62					
		2014	21	87	0,5	73	27	0,6	3,00	1,90	370	<10	100	<10	30	78					
		2015	21	88	0,6	73	29	2,4	<0,45	2,10	<100	<10	<10	<10	<10	16	<10	0,13	0,21	<0,1	<0,1
		2016	23*	80*	0,4	71*	26	0,94	<0,45	0,90	<100	<10	12	<10	<10	16	29	0,1	0,5	0,1	2,0
		2017	19*	74*	0,4	n.r.	23	0,85	1,14	1,20	<100	<10	<10	<10	<10	14	<10	10	0,5	4,2	1,0
		2018	19*	82*	0,9	n.r.	33	1,82	1,60	1,96	<100	<10	<10	<10	<10	12	<10	< 0,2	0,3	< 0,2	2,7
		2019	18*	71*	0,2	n.r.	23	1,30	1,60	2,40	< 100	<5	<10	<10	<10	<10	<10	0,2	0,4	< 0,2	2,3
		2020	19*	90*	0,2	n.r.	30,00	0,94	0,84	2,10	< 100	<5	<10	<10	<10	<10	<10	0,3	0,5	< 0,2	1,1
		2021	25*	111*	0,2	n.r.	26	0,50*	1,01	1,80	n.r.	<5	<10	<10	< 5	12	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,8
		2022	19	103*	< 0,2	n.r.	23	0,73	1,10	2,40	n.r.	<5	<10	<10	< 5	<10	<10	< 0,2	0,2	< 0,2	0,3
Costa di Rosignano (1)	Rosignano Lillatro	2010	23	86	1,7	52	13	1,1	<1	0,70	<80	12									
		2011	18	61	0,4	44	12	0,8		4,00	<80	<10	11	<10	<10	13					
		2012	28,5	94	0,5	72	16	2	1,00	1,40	87	11	11	<10	<10	12					
		2013	32	106	0,6	77	14	0,5	<0,2	13,5	<80	<10	<10	<10	<10	<10					
		2014	28	90	0,5	65	17	<0,1	9	3,80	<80	<10	<10	<10	<10	13					
		2015	21	75	0,5	56	15	0,6	2,39	1,50	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	0,13	0,21	<0,1	0,5
		2016	28	77*	0,4*	61*	16	0,59	<0,45	0,40	<100	<10	<10	<10	<10	<10	29	0,1	0,5	0,1	<0,1
		2017	31*	97*	0,4*	n.r.	15	0,50*	0,08	0,30	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	< 0,2	0,5	< 0,2	0,5
		2018	26*	82*	1,2*	n.r.	19	0,70	< 0,5	1,21	520	64	31	24	59	50	<10	< 0,2	0,2	< 0,2	0,9
		2019	22*	59	0,2	n.r.	14	0,60	< 0,5	0,90	< 100	<5	<10	<10	<10	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,6
		2020	35	119*	0,2	n.r.	18,00	0,55	< 0,5	2,10	< 100	<5	<10	<10	<10	<10	<10	<0,2	< 0,2	< 0,2	0,6
		2021	30*	93*	0,3	n.r.	18	0,50*	< 0,5	3,70	n.r.	<5	<10	<10	< 5	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,6
		2022	36	119*	0,3	n.r.	14	0,66	< 0,5	0,68	n.r.	<5	<10	<10	< 5	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4

Costa del Cecina (1)	Marina di Castagneto	2008																			
		2012	21	180	1,1	127	17	0,18													
		2010																			
		2011																			
		2012	19	134	0,4	124	13	0,15	<0,5	0,30	190	71	12	<10	<10	<10					
		2013	20	126	0,4	100	10	<0,2	<0,2	0,00	91	<10	<10	<10	<10	<10					
		2014	20	144	0,3	123	13	0,10	0,40	0,90	<80	<10	<10	<10	<10	<10					
		2015	19	131	0,3	117	13	0,10	0,45	<0,001	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
		2016	19	125*	0,3	110*	13	0,17	<0,45	0,01	< 100	<10	<10	<10	<10	<10	20	0,1	0,2	<0,1	0,1
		2017	20*	135*	0,4*	n.r.	12	0,08	0,03	0,90	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	<0,1
		2018	18*	102*	0,9	n.r.	16	<0, 1	< 0,5	0,17	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	<0,1
		2019	16	102	0,1	n.r.	9	0,10	< 0,5	0,00	< 100	<5	<10	<10	<10	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	<0,1
		2020	21*	145*	0,1	n.r.	13,00	0,07	< 0,5	0,12	< 100	<5	<10	<10	<10	<10	<10	<0,2	0,2	< 0,2	< 0,1
		2021	23*	178*	0,2	n.r.	13	0,10	0,79	0,06	n.r.	<5	<10	<10	< 5	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2
		2022	20	157*	< 0,2	n.r.	11	0,11	< 0,5	0,23	n.r.	<5	<10	<10	< 5	<10	<10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,1

Valori nei limiti di legge secondo gli standard di qualità ambientale del D.Lgs 152 e ss.mm.ii

* Valori nei limiti di legge secondo gli standard di qualità ambientale del D.Lgs 152 e ss.mm.ii e il DGRT n. 1273/2016

Valori superiori ai limiti con tolleranza di legge

Campioni non programmati

n.r. parametro non richiesto

Source : ARPAT, 2022

5.7.2.1 *Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental*

Dans le cadre de la campagne de surveillance environnementale de juillet 2024, tant pour la zone côtière que pour la zone offshore, des données primaires ont été collectées à l'aide d'échantillonnages spécifiques, réalisés sur place à l'aide d'instruments appropriés. L'échantillonnage des sédiments a été effectué à l'aide d'instruments appropriés à bord, directement par l'opérateur chargé de cette tâche. Plus précisément, un carottier a été utilisé sur toutes les stations de prélèvement prévues pour la surveillance, les échantillons ont été prélevés à la fois pour la caractérisation de la communauté macrozoobentique (3 réplicats pour chaque station) et pour les analyses chimiques, écotoxicologiques et microbiologiques (avec un réplicat pour chaque station) (Figure 5-54 et Figure 5-55). Afin de respecter le « temps de conservation » (24 h = durée maximale de conservation), les échantillons prélevés pour les analyses microbiologiques ont été collectés en premier et débarqués immédiatement. Pendant les prélèvements, des analyses du pH et du potentiel redox ont été effectuées à l'aide d'une sonde sur des carottes stériles prélevées à l'ouverture de la benne.

Des analyses ont été effectuées sur le carbone organique total, l'azote et le phosphore total dans les sédiments. Tous les paramètres analysés se situent dans la plage de détectabilité. Les concentrations de phosphore et d'azote, exprimées en mg/kg de sédiment sec, étaient supérieures d'au moins deux ordres de grandeur à la limite de quantification (LOQ) dans toutes les stations, tant dans la zone côtière que dans la zone offshore.

Dans la zone littorale, les valeurs de phosphore varient entre 138,3 mg/kg s.s. à la station ST5 et 413,9 mg/kg s.s. à la station ST9. Les stations les plus profondes et les plus éloignées de la côte (ST6-ST10) présentent des concentrations plus élevées, ce qui suggère une accumulation plus importante. En ce qui concerne l'azote, les valeurs sont assez homogènes, avec une variabilité comprise entre 680 mg/kg s.s. à la station ST3 et 850 mg/kg s.s. à la station ST9. Les valeurs de carbone organique total (COT) montrent une augmentation significative de ST1 à ST10, avec ST1 à 0,17 % et ST9 à 1,38 %, indiquant une plus grande présence de matière organique dans les stations les plus éloignées de la côte. Le pourcentage de résidu sec s'est toujours révélé supérieur à la LOQ, avec une distinction entre les stations ST1-ST5 et ST6-ST10, ce qui confirme la différence granulométrique observée dans le paragraphe précédent.

Pour la partie offshore, aucune variation significative n'a été observée dans les concentrations des deux nutriments, ni entre les stations ni en fonction de la profondeur. Les concentrations de phosphore oscillent entre 403 et 634 mg/kg, tandis que celles d'azote se situent entre 700 mg/kg et 760 mg/kg. Le carbone organique total (COT) a été mesurable dans les sédiments de toutes les stations et présente des concentrations comprises entre 0,35 % et 0,56 %, plus faibles dans les deux stations les plus profondes (ST14 et ST15) et plus élevées dans la station ST11, la plus superficielle. Le pourcentage de résidu sec était toujours supérieur à la LOQ.

En ce qui concerne les métaux, en comparant les données obtenues à partir des analyses des sédiments avec les limites de concentration imposées par la réglementation de référence (L1 et L2, décret législatif 173/2016), on constate que, dans la zone côtière, les valeurs de chrome total (Cr tot), de nickel (Ni) et de mercure (Hg) dépassent les valeurs seuils susmentionnées. On constate que les dépassements sont concentrés dans la zone la plus éloignée de la côte du secteur littoral (ST6-ST10), ce qui reflète la plus grande capacité d'absorption de la granulométrie plus fine observée dans ces stations.

Dans la zone offshore, on constate que les valeurs d'arsenic (As), de chrome total (Cr tot) et de nickel (Ni) dépassent celles imposées par le décret législatif 173/2016 susmentionné. Des dépassements de plomb (Pb) et de zinc (Zn) ont été enregistrés dans les stations les moins profondes (ST11 et ST12) du secteur offshore.

En outre, des dépassements ponctuels des limites réglementaires ont également été constatés pour les HAP, les PCB et les pesticides, tandis que les autres analytes se sont révélés inférieurs aux limites fixées ou indétectables.

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées dans les sédiments afin de vérifier la présence d'une contamination fécale ont révélé une abondance de coliformes totaux, de coliformes fécaux, de streptocoques fécaux et de spores de clostridies et de sulfites réducteurs, extrêmement réduite et souvent indétectable.

Les tests écotoxicologiques effectués sur les sédiments dans la zone côtière n'ont révélé aucune situation critique. Le test chronique sur *Acartia tonsa* a produit des pourcentages d'immobilisation extrêmement faibles. Le test (tableau 5-18) sur *P. Tricornutum* a donné des valeurs d'inhibition de la croissance algale nulles ou extrêmement faibles (tableau 5-19).

Tableau 5-18 Test de toxicité chronique avec Acartia tonsa.

Station	Mobilité % moyenne (± ÉT. ST. %)			Immobilisation moyenne en % (± ÉT. %)			Immobilisation moyenne en % Correct Abbott
Contrôle	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	-
ST1	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	-3,45
ST2	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	3,45
ST3	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	0,00
ST4	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	-3,45
ST5	90,00	±	0,00	10,00	±	0,00	6,90
ST6	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	0,00
ST7	93,33	±	1,15	6,67	±	1,15	3,45
ST8	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	-3,45
ST9	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	0,00
ST10	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	0,00

Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Tableau 5-19 Essai biologique avec P. tricornutum

Station	Densité algale moyenne à concentration maximale (nombre de cellules ± DS)			I 72 h %	EC20 %	EC50 %
Contrôle	788333	±	40702		-	-
ST1	706667	±	15275	2,50	≥100	>100
ST2	826667	±	15275	-1,90	≥100	>100
ST3	786667	±	32146	0,05	≥100	>100
ST4	766667	±	5774	0,64	≥100	>100

Station	Densité algale moyenne à la concentration maximale (N° de cellules ± DS)			I 72 h %	EC20 %	EC50 %
ST5	796667	±	20817	-0,24	≥100	>100
ST6	843333	±	32146	-1,54	≥100	>100
ST7	1016667	±	20817	-5,82	≥100	>100
ST8	873333	±	20817	-2,34	≥100	>100
ST9	793333	±	15275	-0,14	≥100	>100
ST10	786667	±	5774	-0,05	≥100	>100

Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Les résultats du test biologique avec *Vibrio fischeri*, normalisés à la fraction pelitique (tableau 5-20), ont donné des valeurs S.T.I. toujours inférieures à 3, indiquant une absence de toxicité, conformément aux lignes directrices ISPRA de référence.

Tableau 5-20 Test biologique Vibrio fischeri (phase solide)

Station	Sable < 1 mm (%)	Pelitique (%)	Seuil toxique naturel (TU)	Tox mesuré (TU)	Intervalle de confiance à 95 % (TU)		R2 (%)	S.T.I.
ST1	98,02	1,98	31,56	5,15	3,39	7,81	0,97	0,16
ST2	97,10	2,90	34,43	4,25	3,23	5,61	0,99	0,12
ST3	97,64	2,36	32,76	2,56	1,46	4,51	0,96	0,08
ST4	96,12	3,88	37,51	3,03	2,53	3,63	1,00	0,08
ST5	95,06	4,94	40,83	5,12	3,19	8,23	0,96	0,13
ST6	15,61	84,39	289,49	751,92	573,69	984,27	0,98	2,60
ST7	9,90	90,10	307,37	579,04	479,79	699,04	0,99	1,88
ST8	4,81	95,19	323,29	515,22	358,51	740,22	0,96	1,59
ST9	3,40	96,60	327,73	492,08	379,85	637,58	0,98	1,50
ST10	2,47	97,53	330,64	662,80	457,04	960,80	0,97	2,00

Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Même dans les stations d'échantillonnage offshore, le test chronique sur *Acartia tonsa* a produit des pourcentages d'immobilisation extrêmement faibles, avec des valeurs qui ne s'écartent pas significativement du contrôle (tableau 5-21).

Tableau 5-21 Essai de toxicité chronique avec Acartia tonsa.

STATION	MOBILITÉ % MOYENNE (± ÉC. TYP. %)			IMMOBILISATION % MOYENNE (± ÉC. TYP. %)			IMMOBILISATION % MOYENNE CORRIGÉE ABBOTT
Contrôle	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	
ST11	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	3,45
ST12	90,00	±	0,00	10,00	±	0,00	6,90
ST13	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58	0,00
ST14	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	3,45
ST15	90,00	±	1,00	10,00	±	1,00	6,90

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En ce qui concerne le test biologique avec *P. tricornutum*, toutes les valeurs ont indiqué une absence d'inhibition de la croissance algale (tableau 5-22).

Tableau 5-22 Essai biologique avec P. tricornutum

Échantillon	Densité algale moyenne à la concentration maximale (N° de cellules ± DS)			Les 72 h %	EC20 %	EC50 %
Contrôle	788333	±	40702		-	-
ST11	843333	±	15275	-1,27	≥100 %	>100 %
ST12	810000	±	10000	-0,62	≥100 %	>100
ST13	820000	±	10000	-0,90	≥100 %	>100
ST14	850000	±	10000	-1,72	≥100 %	>100
ST15	803333	±	58595	-0,43	≥100 %	>100

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Sur la base des résultats du test biologique sur *V. fischeri* présentés dans le tableau 5-23, les sédiments de toutes les stations ont affiché des valeurs S.T.I. < 1, à l'exception de la station ST11 où la valeur S.T.I. était de 1,11. Selon les lignes directrices de l'ISPRA, ces valeurs correspondent à une toxicité absente ou faible.

Tableau 5-23 Test biologique Vibrio fischeri (phase solide)

Échantillon		Sable < 1 mm (%)	Pelit (%)	Seuil toxique naturel (TU)	Tox mesurée (TU)	Intervalle de confiance à 95 % (TU)	R2 (%)	S.T.I.
ST11	2,32	97,68	331,09	365,94	276,33	484,85	0,98	1,11
ST12	32,90	67,10	235,37	156,12	98,06	248,48	0,89	0,66
ST13	41,66	58,34	207,97	183,94	156,19	216,67	0,99	0,88
ST14	41,48	58,52	208,53	197,70	161,25	242,53	0,99	0,95
ST15	16,55	83,45	286,57	187,80	120,75	292,11	0,88	0,66

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En conclusion, dans la zone côtière, les concentrations de carbone organique total et de phosphore sont plus élevées dans les stations les plus éloignées de la côte, tandis que l'azote présente des valeurs homogènes entre les différentes stations. Des dépassements des limites réglementaires pour certains métaux lourds, tels que le chrome, le nickel, le mercure et l'arsenic, ont été détectés dans les stations les plus profondes et les plus éloignées de la côte (ST6-ST10), caractérisées par des sédiments à grains fins qui favorisent l'accumulation de contaminants. Les analyses microbiologiques et les tests écotoxicologiques n'ont pas mis en évidence de problèmes critiques.

Dans la zone offshore, aucune variation significative n'a été observée dans les concentrations de phosphore et d'azote entre les différentes stations, tandis que la concentration en carbone organique total s'est avérée supérieure dans la station la moins profonde. En ce qui concerne les métaux lourds, les limites réglementaires ont été dépassées pour l'arsenic (As), le chrome total (Cr tot), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn). Aucun problème critique n'a été détecté dans les analyses microbiologiques et les essais écotoxicologiques.

Pour plus de détails sur la composition des sédiments, veuillez vous référer au rapport « Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) » et au rapport « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) »..

5.8 Sol et sous-sol

Le sol, couche supérieure de la croûte terrestre, est un écosystème vital qui relie la terre, l'air et l'eau, soutenant une grande partie de la biosphère. Cette ressource, toutefois limitée et non renouvelable, est soumise à la pression d'une recherche toujours croissante d'espace pour l'expansion urbaine et l'imperméabilisation des sols. La consommation des sols est un phénomène lié à la dynamique des implantations et des infrastructures. Elle est définie comme le passage d'une couverture non artificielle à une couverture artificielle, en distinguant la consommation permanente des sols et la consommation réversible des sols. Selon le rapport « La consommation des sols en Italie 2023 », publié par le Système national pour la protection de l'environnement (SNPA), en 2022, la couverture artificielle sur le territoire national s'étend sur plus de 21 500 km² [2], soit 7,14 % du sol italien (7,25 % hors rivières et lacs). Les nouvelles couvertures artificielles ont concerné 76,8 km^2 supplémentaires (tableau 5-24), soit 10,2 % de plus qu'en 2021.

Tableau 5-24 Estimation nationale pour la période 2021-2022 de la consommation annuelle de sol

Consumo di suolo (km²)	76,8
Consumo di suolo netto (km²)	70,8
Consumo di suolo netto (incremento %)	0,33
Densità del consumo di suolo netto (m²/ha)	2,35
Impermeabilizzazione complessiva (km²)	22,3
Incremento altre coperture non considerate (km²)	8,5

Source : Rapport SNPA, 2022

En ce qui concerne les types de sols, le rapport fait référence à la Carte des sols d'Italie, qui représente les principaux paysages pédologiques italiens répartis en 10 régions pédologiques (RP). En superposant la carte des sols consommés mise à jour en 2022, on obtient les données présentées dans le tableau 5-25, relatives à la consommation des sols par RP. Si l'on considère les sols consommés en hectares, la RP la plus touchée est la L « Sols des plaines et des basses collines du centre et du sud de l'Italie », suivie de la G « Sols des collines du centre et du sud de l'Italie sur sédiments marins néogènes et calcaires ». La région pédologique F « Sols des montagnes de Sardaigne et de Sicile sur roches ignées et métamorphiques » est en revanche parmi les moins touchées par la consommation de sol.

Tableau 5-25 Sol consommé par région pédologique

Regioni pedologiche		Suoli: gruppi principali	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-22 (%)	Densità di consumo di suolo 2021-22 (m²/ha)
A	Suoli delle Alpi e Prealpi	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Podzol	153.970	3,08	0,23	0,71
B	Suoli degli Appennini a clima temperato	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Calcisol	125.799	3,58	0,15	0,54
C	Suoli delle colline del nord Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Luvisol, Calcisol	62.853	5,85	0,15	0,89
D	Suoli della pianura padana e colline associate	Cambisol, Calcisol, Luvisol, Vertisol, Fluvisol	691.034	14,49	0,38	5,46
E	Suoli degli Appennini centrali e meridionali	Cambisol, Regosol, Calcisol, Luvisol, Umbrisol	108.614	3,64	0,28	1,02
F	Suoli delle montagne della Sardegna e Sicilia su rocce ignee e metamorfiche	Leptosol, Cambisol, Umbrisol, Andosols, Luvisol	34.559	2,65	0,46	1,22
G	Suoli delle colline del centro e sud Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Calcisol, Phaeozem, Luvisol	235.545	4,96	0,26	1,31
H	Suoli delle colline del centro e sud Italia su depositi vulcanici e su calcari	Cambisol, Regosol, Andosol, Leptosol, Luvisol	107.711	6,81	0,53	3,59
I	Suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei	Luvisol, Cambisol, Regosol, Phaeozem, Vertisol	116.960	6,73	0,40	2,66
L	Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia	Cambisol, Luvisol, Calcisol, Vertisol, Regosol	246.941	9,22	0,46	4,18

Source : élaborations ISPRA sur cartographie MIPAAF et SNPA, 2022

De même, le rapport 2023 sur la consommation des sols a analysé la consommation entre 2021 et 2022 dans les différents types de paysages, en prenant comme référence les « unités physiographiques du paysage ». En Italie, 2 160 unités physiographiques du paysage ont été cartographiées, chacune appartenant à l'un des 37 « types physiographiques du paysage » identifiés pour le territoire national.

Comme le montre le tableau 5-26, les zones paysagères les plus touchées par ce phénomène en termes de pourcentage de sol consommé concernent les unités physiographiques descriptives des paysages de plaine et de colline, comme par exemple la plaine côtière (18,8 %), les collines morainiques (18,2 %), la plaine ouverte (14,7 %) et le fond de vallée (14,1 %), ce qui confirme également le tableau national qui fait état d'un pourcentage plus élevé dans les zones de plaine. Les pourcentages les plus faibles de sol consommé sont enregistrés dans les unités physiographiques descriptives des paysages de montagne en haute altitude, où les conditions environnementales sont moins favorables aux activités anthropiques : le paysage rocheux des Dolomites enregistre 0,1 % et le paysage glaciaire de haute altitude 0,3 %.

Tableau 5-26 Sol consommé par unité physiographique

Unità fisiografiche del paesaggio		Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 (%)
1	Paesaggio glaciale di alta quota	0,3	14,53	0,50
2	Valle montana	2,2	50,71	0,24
3	Pianura di fondovalle	14,1	617,72	0,31
4	Montagne metamorfiche e cristalline	3,2	78,62	0,16
5	Montagne carbonatiche	2,6	149,77	0,23
6	Conca intermontana	9,8	71,87	0,38
7	Montagne terrigene	3,6	91,95	0,09
8	Paesaggio dolomitico rupestre	0,1	1,09	1,77
9	Montagne porfiriche	4,2	9,67	0,17
10	Montagne dolomitiche	2,7	16,21	0,09
11	Altopiano intramontano	3,0	16,66	0,60
12	Lago	0,8	1,40	0,12
13	Colline carbonatiche	6,4	111,46	0,27
14	Pianura aperta	14,7	2459,95	0,39
15	Colline terrigene	6,0	417,43	0,25
16	Colline moreniche	18,2	132,98	0,29
17	Pianura golenale	7,5	58,03	0,31
18	Tavolato carbonatico	11,7	416,51	0,38
19	Lagune	2,9	3,80	0,11
20	Paesaggio collinare vulcanico con tavolati	8,8	365,51	0,39
21	Paesaggio collinare terrigeno con tavolati	7,1	426,63	0,44
22	Pianura costiera	18,8	812,63	0,38
23	Piccole isole	9,6	3,43	0,08
24	Rilievo roccioso isolato	3,2	0,21	0,01
25	Colline argillose	5,4	312,77	0,32
26	Paesaggio collinare eterogeneo	3,3	70,48	0,24
27	Rilievo costiero isolato	9,9	4,15	0,11
28	Montagne vulcaniche	2,5	0,52	0,05
29	Edificio montuoso vulcanico	6,1	5,11	0,09
30	Rilievi terrigeni con penne e spine rocciose	4,6	242,78	0,38
31	Paesaggio a colli isolati	6,6	7,70	0,15
32	Colline granitiche	2,6	62,25	0,57
33	Colline metamorfiche e cristalline	2,1	14,25	0,20
34	Montagne granitiche	1,3	2,02	0,13
35	Tavolato lavico	3,1	17,07	0,40
36	Paesaggio collinare eterogeneo con tavolati	7,8	3,23	0,05
37	Paesaggio con tavolati in aree montuose	2,1	0,00	0,00

Source : Élaborations ISPRA sur la carte de la nature et la cartographie SNPA, 2022

Au niveau régional, les dernières données disponibles pour la Toscane (2021-2022) mettent en évidence cette situation : sur les quelque 257 hectares de sol transformé, celui considéré comme « consommation de sol réversible » est nettement prévalent avec un pourcentage atteignant 81 % et, en particulier, la classe la plus importante est celle relative aux chantiers et autres zones en terre battue, à savoir les esplanades, les parkings, les cours, les terrains de sport, les dépôts permanents de matériaux, etc. Une dernière analyse des données du SNPA particulièrement intéressante concerne la répartition des transformations par rapport aux zones paysagères identifiées par le Plan régional du paysage approuvé par la région Toscane en coplanification avec le ministère de la Culture. En résumé, environ 40 % des transformations des cinq dernières années se sont concentrées sur 20 % du territoire (tableau 5-27).

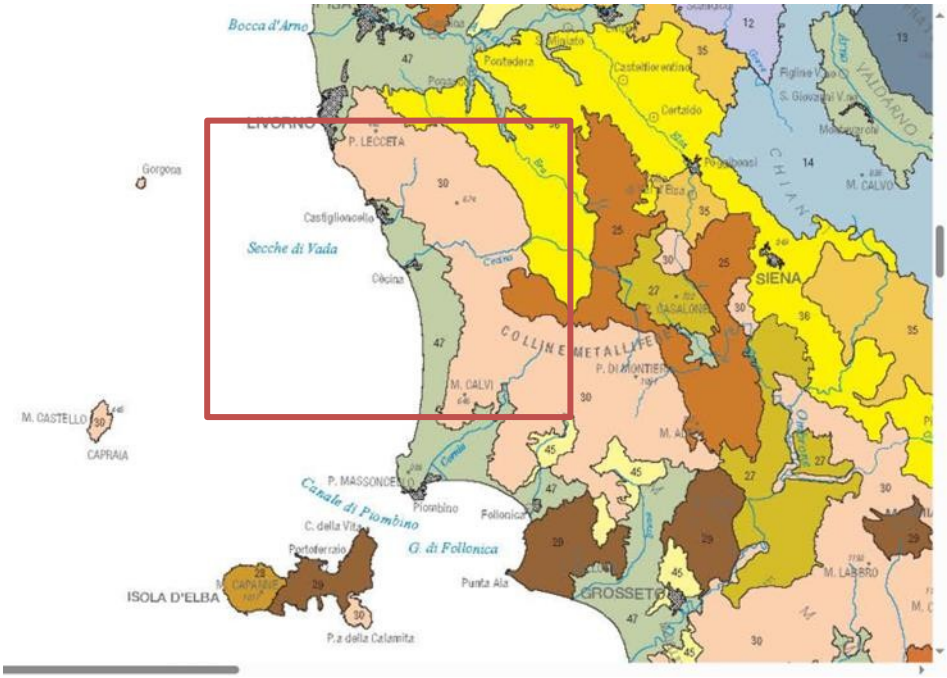
Tableau 5-27 Répartition en hectares de la consommation de sol entre 2017 et 2022 en Toscane

Ambito di Paesaggio	Consumo di suolo permanente	Consumo di suolo reversibile	Consumo di suolo totale
Amiata	4,94	12,83	17,77
Bassa Maremma	4,02	25,86	29,88
Casentino e Va Tiberina	5,04	80,56	85,60
Chianti	1,52	19,24	20,76
Colline di Siena	3,09	35,15	38,24
Colline metallifere	5,95	54,13	60,08
Firenze Prato Pistoia	33,42	180,33	213,75
Garfagnana e Val di Lima	2,59	16,16	18,75
Lucchesia	13,09	33,82	46,91
Lunigiana	6,08	37,81	43,89
Maremma grossetana	12,3	49,83	62,13
Mugello	6,10	18,46	24,56
Piana di Arezzo e Val di Chiana	11,36	62,17	73,53
Piana Livorno Pisa Pontedera	37,44	160,05	197,49
Val d'Arno Superiore	11,15	68,89	80,04
Val di Cecina	8,99	74,99	83,98
Val di Nievole e Vald'Arno Inferiore	25,70	66,97	92,67
Val d'Elsa	5,84	25,36	31,20
Val d'Orcia e Val d'Asso	0,45	18,20	18,65
Versilia e costa apuana	11,58	36,58	48,16

Source : SNPA, 2022

En ce qui concerne la zone du projet, en référence à la Carte des sols d'Italie, celle-ci se situe dans les RP « L » et « E » et les PP « 47 » et « 30 ».

Figure 5-73 Types de sols



L - SUOLI DELLE PIANURE E BASSE COLLINE DEL CENTRO E SUD ITALIA
SOILS OF THE PLAINS AND LOW HILLS OF CENTRAL AND SOUTHERN ITALY

45 Leptic, Stagnic, Rhodic e Ferric Endostagnic Luvisol; Calcaric Cambisol

46 Eutric Planosol (Sodic); Brunic e Calcaric Arenosol; Gleyic Solonchak; Luvic e Calcaric Phaeozem; Chromic e Leptic Luvisol; Eutric Fluvisol (Arenic); Eutric e Sapric Histosol; Mollic e Calcaric Gleysol; Gleyic Vertic Cambisol; Salic Sodic e Chromic Vertisol (Grumic)

47 Haplic e Petric Calcisol; Calcic, Chromic e Skeletic Luvisol; Calcaric e Luvic Phaeozem; Calcaric Fluvisol; Haplic e Calcic Vertisol; Calcic Kastanozem; Eutric, Fluvic, Endogleyic e Calcaric Cambisol; Vitric Andosol; Calcaric Regosol; Calcaric Arenosol

E - SUOLI DEGLI APPENINI CENTRALI E MERIDIONALI
SOILS OF THE CENTRAL AND SOUTHERN APENNINES

25 Chromic e Haplic Luvisol; Calcaric, Leptic e Stagnic Cambisol; Skeletic Endoleptic Regosol

26 Haplic, Calcic e Pellic Hyposodic Vertisol; Eutric, Calcaric, Vertic, Gleyic e Calcaric Endoleptic Cambisol; Calcaric Skeletic Regosol; Haplic Calcisol (Endogleyic)

27 Haplic Calcisol; Calcaric Cambisol; Calcaric Regosol

28 Calcaric, Eutric, Calcaric Gleyic, Calcaric Endoleptic e Vertic Cambisol; Calcic Chernozem; Haplic, Leptic, Vertic e Calcaric Phaeozem; Calcaric Regosol; Haplic Calcisol; Calcic Kastanozem

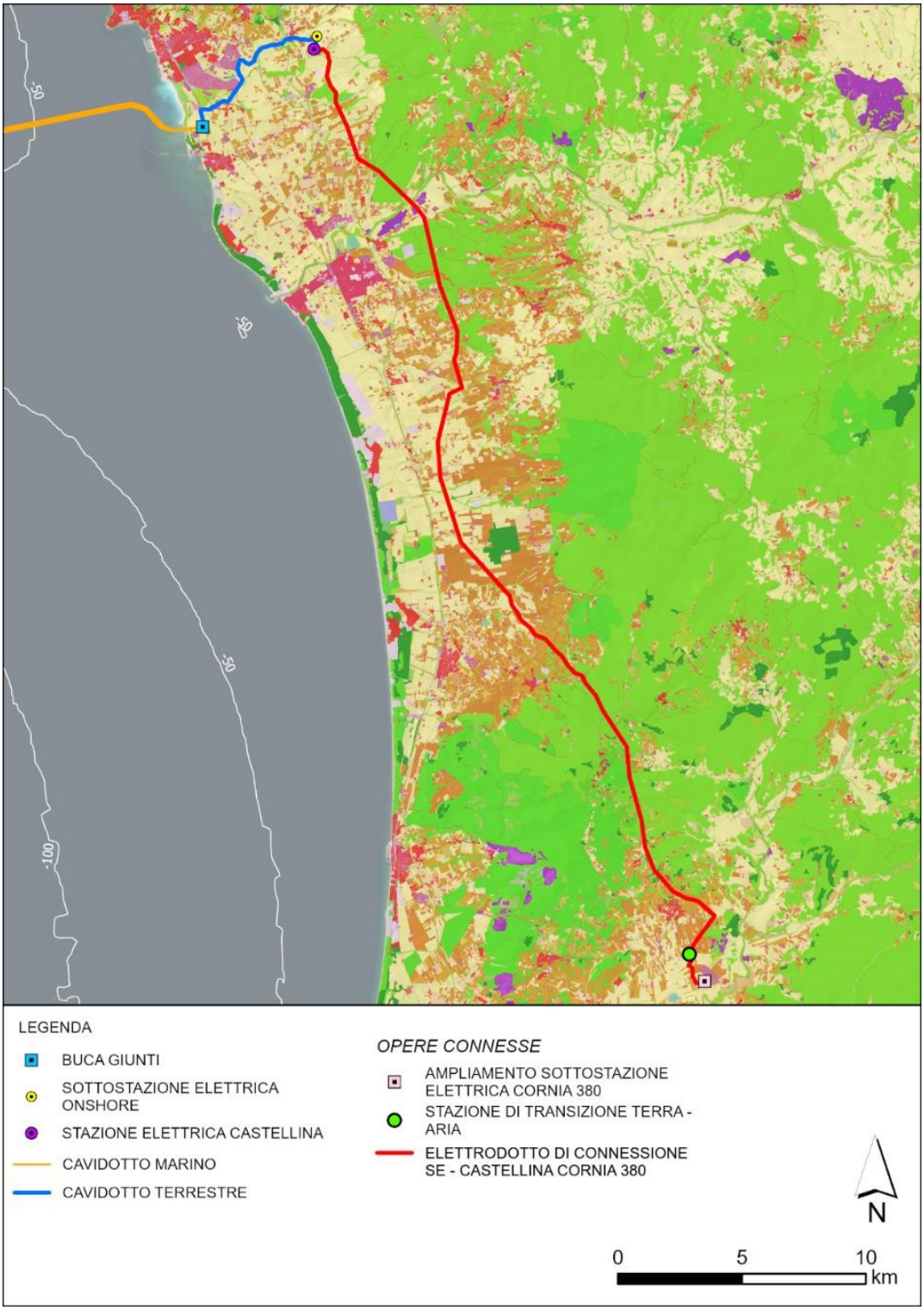
29 Haplic e Leptic Umbrisol (Arenic, Humic); Dystric Cambisol; Umbric Leptosol; Silandic Andosol

30 Eutric, Calcaric, Dystric, Stagnic, Fluvic, Vertic e Leptic Cambisol; Calcaric Regosol; Calcaric Leptosol; Haplic Luvisol (Profondic)

Source : Carte des sols d'Italie, 2019

Enfin, voici la carte de couverture du sol mise à jour en 2018 pour la zone du projet.

Figure 5-74 Couverture du sol dans la zone du projet





Source : Ispra EcoAtlante, 2018

5.9 Bruit et vibrations

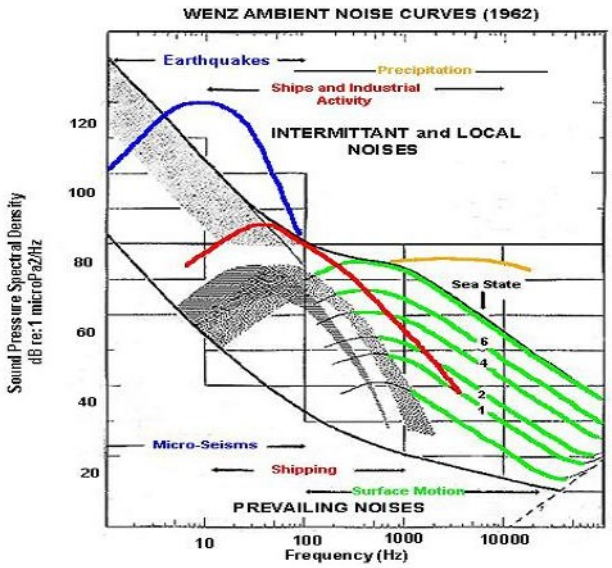
L'Agence européenne pour l'environnement (rapport technique n° 11/2010) définit le bruit comme « un son audible qui cause une nuisance ou nuit à la santé ». Le législateur, avec le décret législatif 194/2005 « Mise en œuvre de la directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement », définit le « bruit dans l'environnement » comme « les sons indésirables ou nuisibles dans l'environnement extérieur produits par les activités humaines, y compris le bruit émis par les moyens de transport, dû au trafic routier, ferroviaire, aérien et provenant des sites d'activités industrielles ».

En Italie, l'instrument législatif de référence pour les évaluations du bruit est la loi 447/1995 « Loi-cadre sur la pollution sonore » (récemment modifiée par le décret législatif 42/2017) qui établit les principes fondamentaux en matière de protection contre la pollution sonore de l'environnement extérieur et de l'environnement résidentiel. Elle définit les sources de bruit et les valeurs limites qu'elles doivent respecter ; la loi établit les compétences de l'État, des régions, des provinces, des communes et des organismes gestionnaires/propriétaires des infrastructures de transport, en renvoyant à des décrets spécifiques pour ce qui concerne de manière générale les aspects liés à la mise en œuvre. Elle fournit également des indications pour l'élaboration de plans d'assainissement acoustique et pour les évaluations d'impact acoustique.

5.9.1 Bruit sous-marin

Le paysage sonore est composé de la somme des bruits d'origine anthropique et naturelle (Pijanoswski *et al.*, 2011). Les sons d'origine naturelle se subdivisent à leur tour en sons d'origine biologique (de nombreuses espèces animales produisent en effet volontairement ou involontairement des sons) et géophysique (par exemple, le bruit du vent, des vagues, des tremblements de terre, de la pluie). Par conséquent, les variations temporelles des niveaux de bruit peuvent suivre des rythmes quotidiens et saisonniers en fonction des conditions météorologiques et maritimes, des activités anthropiques et biologiques (Buscaino *et al.*, 2016 ; Wenz, 1962). La figure 5-75 montre les courbes de Wenz qui expliquent comment les niveaux de bruit varient en fonction des fréquences et des forces environnementales et biologiques.

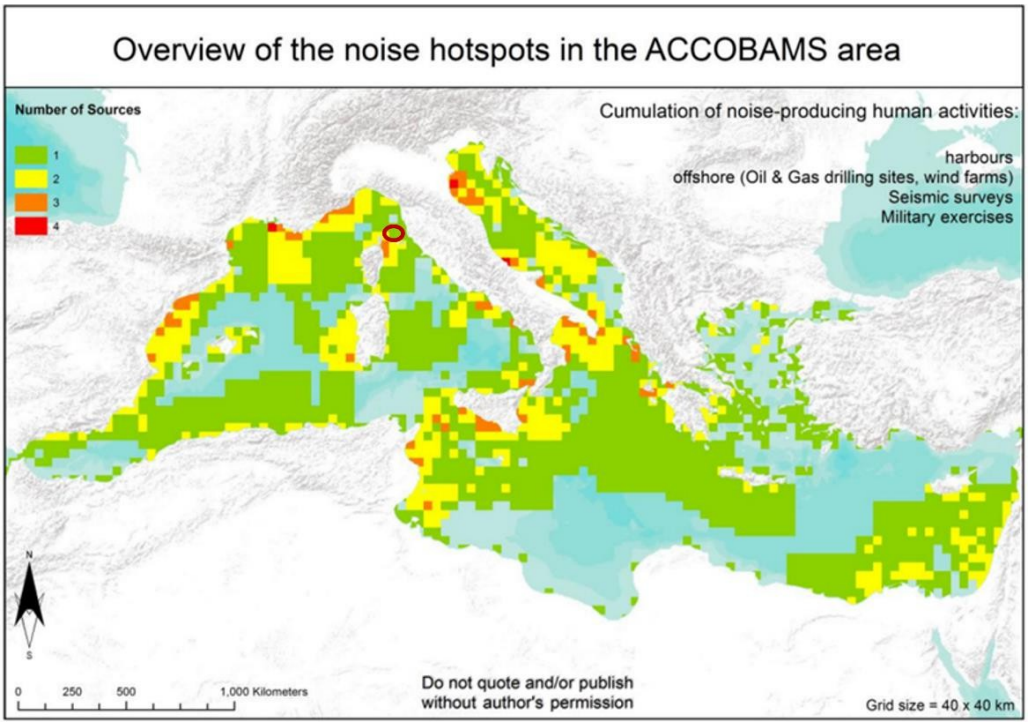
Figure 5-75 Diagramme du bruit environnemental sous-marin



Source : Wenz et al., 1962

En ce qui concerne les sources d'origine anthropique, on distingue celles qui sont impulsives et généralement à plus haute énergie (canons à air, sonars, battage de pieux) et celles qui sont continues et à plus basse fréquence (principalement le trafic maritime). Comme le montre le diagramme de Wenz, les activités anthropiques génèrent du bruit dans une bande de fréquences assez large allant de quelques Hz à plus de 10 kHz (il existe des sonars qui produisent des impulsions à des fréquences supérieures à 200 kHz). Le trafic maritime (*transport maritime*) génère des bruits à plus basse fréquence (inférieure à kHz), même si les navires de dernière génération et les petites embarcations peuvent également produire des bruits à des fréquences plus élevées (supérieures à 20 kHz). La figure ci-dessous montre le bruit cumulé dû aux activités d'origine anthropique en Méditerranée, estimé à partir de données indirectes (données du système d'identification automatique - dites données AIS -, présence de ports, explorations sismiques, exercices militaires) (Maglio *et al.*, 2015).

Figure 5-76 Représentation graphique du bruit cumulé dû aux activités humaines en Méditerranée

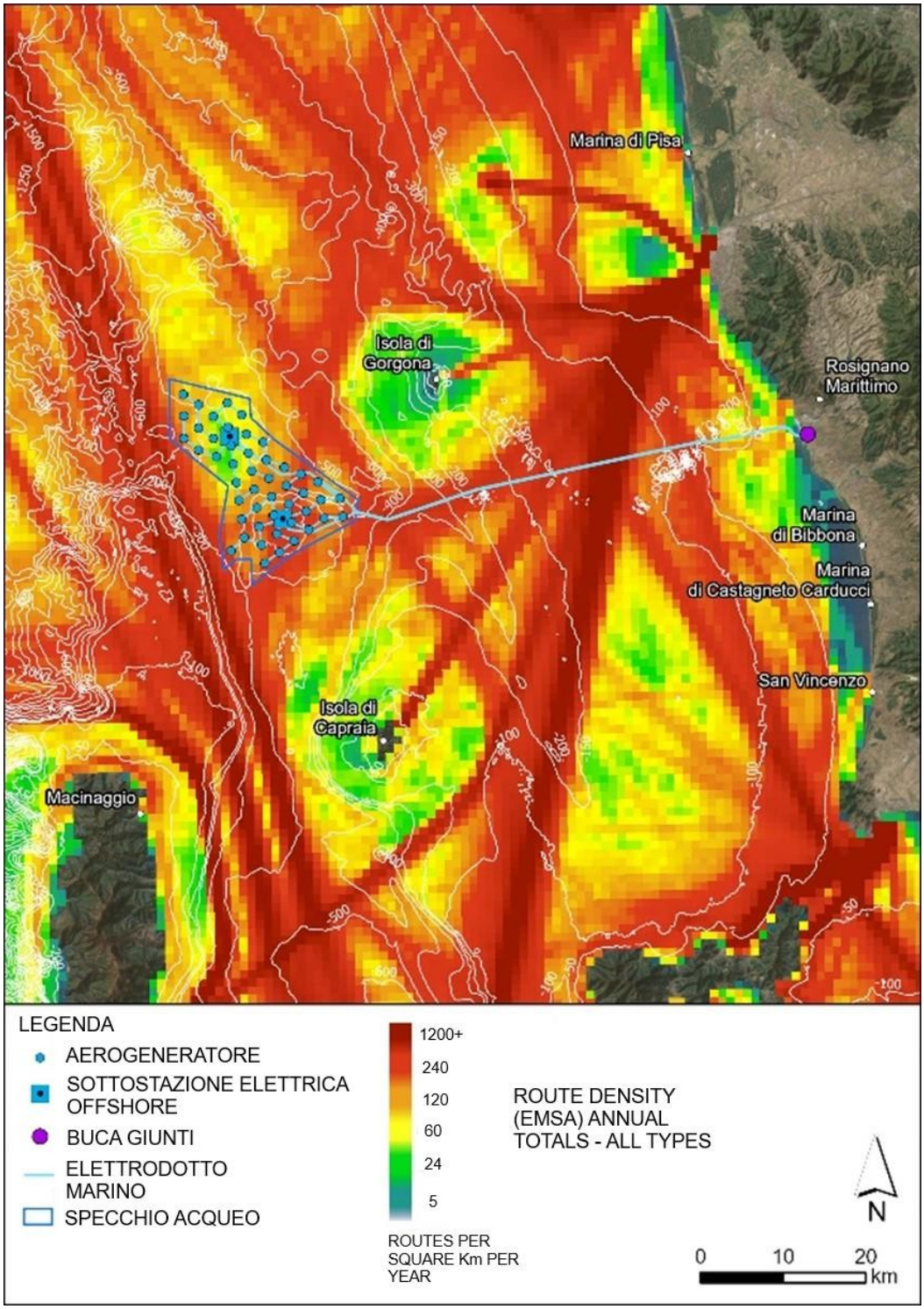


Remarque : le cercle rouge indique la zone du projet

Source : Maglio et al., 2015

La figure 5-77 représente le trafic maritime à partir des données AIS de 2017 à 2022 et les principaux ports.

Figure 5-77 Trafic maritime



Source : EMODnet Human Activities, 2024 - Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

La génération de bruit sous-marin pendant le fonctionnement du parc éolien est essentiellement due à la transmission des émissions acoustiques induites par la rotation des pales des turbines, de l'environnement aérien à l'environnement aquatique, et à la transmission des vibrations induites par la structure émergée vers la structure immergée, puis vers l'environnement aquatique. La génération de bruit due au mouvement de rotation des pales dépend de la vitesse de rotation de celles-ci (une vitesse de rotation plus élevée correspond à un bruit plus important) et des performances acoustiques de la machine installée. La transmission des vibrations de la superstructure à la structure immergée dépend quant à elle du type de fondation et d'ancrage. À ce jour, peu d'études sont disponibles sur le bruit produit par les installations offshore flottantes, mais la plupart des données disponibles pour les parcs éoliens à fondation fixe montrent que, pendant leur fonctionnement, l'impact lié à la production de bruit est peu significatif. En effet, comme le résument Farr *et al.* (2021), le bruit opérationnel provenant des parcs éoliens à fondations fixes actuellement en service est généralement conforme aux seuils réglementaires, à basse fréquence et à faible intensité, avec un risque probable faible d'impact sur la faune marine (Madsen *et al.*, 2006 ; Thomsen *et al.*, 2015 ; NYSERDA 2017). Les recherches indiquent que le bruit opérationnel, bien que continu et détectable par certains mammifères marins et poissons, est d'une ampleur et d'une intensité telles qu'il ne provoque pas de dommages physiologiques (Wahlberg et Westerberg 2005 ; Madsen *et al.*, 2006 ; Tougaard *et al.*, 2009 ; Marmo *et al.*, 2013).

Les scénarios modélisés présentés dans Marmo *et al.* (2013) ont prévu que seul un faible pourcentage (<10 %) des petits rorquals (*Balaenoptera acutorostrata*) et des marsouins communs (*Phocoena phocoena*) présenteraient des réponses comportementales jusqu'à environ 18 km d'un parc éolien offshore, tandis que la plupart des animaux étudiés ne présenteraient aucune réponse comportementale, indiquant un faible potentiel de déplacement. Une surveillance supplémentaire à Horns Rev, en mer du Nord, a révélé que le bruit de fonctionnement du parc éolien offshore n'avait aucun effet détectable sur l'abondance des marsouins (Tougaard *et al.*, 2006). En outre, l'analyse des mesures du bruit de deux parcs éoliens offshore à fondation fixe au Danemark (Middelgrunden et Vindeby) et en Suède (Bockstigen-Valar) a conclu que les niveaux de bruit opérationnels étaient peu susceptibles de nuire à la communication acoustique des phoques (*Phoca vitulina*) et des marsouins ou de la masquer (Tougaard *et al.*, 2009).

L'étude « Impact acoustique sous-marin (ATI-AMB-VIA-ACUMAR-R03-00) » réalisée pour le présent projet, dans le but de définir et de caractériser les niveaux de source associés aux activités prévues pour les différentes phases du projet de parc éolien, a montré que le bruit sous-marin dans la phase d'exploitation la plus critique est légèrement supérieur au bruit ambiant uniquement à proximité des turbines ; toutefois, les niveaux sonores redescendent aux niveaux ambiants (c'est-à-dire en dessous d'un Lp de 111 dB re 1 µPa calculé sur 10 secondes) à quelques mètres de la source.

Pour une analyse détaillée, veuillez vous référer aux documents ATI-AMB-VIA-ACUMAR-R03-00 et ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00.

5.9.1.1 Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Au cours des campagnes de surveillance réalisées et consignées dans le rapport ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00, des enregistreurs autonomes ont été utilisés pour surveiller les signaux acoustiques pendant une période prolongée de 24 heures.

La seule exception s'est produite lors de la dernière campagne, lorsque les conditions météorologiques et maritimes ont permis de surveiller les signaux acoustiques pendant une période de 21 heures. Les valeurs obtenues à partir des analyses quantitatives ont montré des tendances assez constantes pour chaque catégorie au cours des différentes campagnes de surveillance, avec une valeur minimale comprise entre 100 et 109,2 dB et une valeur maximale comprise entre 126,3 et 149,1 dB. La majeure partie de l'énergie acoustique identifiée est attribuable au trafic maritime modéré détecté, l'un des principaux composants de la pollution sonore sous-marine. L'analyse quantitative a permis de vérifier, grâce à un signal appelé « nacchera », la présence de dauphins dans la zone du parc éolien. Les émissions anthropiques représentées par le passage des bateaux se sont en revanche révélées plus rares que dans d'autres zones maritimes autour de l'Italie.

En outre, l'étude « Studio Impatto Acustico Sottomarino (ATI-AMB-VIA-ACUMAR-R03-00) » (Étude d'impact acoustique sous-marin) réalisée pour le présent projet a montré que le bruit sous-marin de l'installation en service est légèrement supérieur au bruit ambiant pour les turbines individuelles et le parc dans son ensemble ; cependant, les niveaux sonores redescendent aux niveaux ambiants (c'est-à-dire en dessous d'un Lp de 111 dB re 1 µPa calculé sur 10 secondes) à quelques mètres de la source. Les éventuels changements de comportement causés par l'exposition aux sons sous-marins devraient être de courte durée et localisés dans les zones proches des éoliennes.

En conclusion, les réponses comportementales des espèces marines au bruit de fonctionnement des éoliennes semblent être minimes. L'environnement acoustique détecté ne semble pas particulièrement affecté par les émissions sonores d'origine anthropique, celles-ci étant limitées à celles produites par le trafic maritime qui semble généralement sporadique. De plus, le paysage acoustique semble uniforme au fil des saisons, tant en termes qualitatifs que quantitatifs.

Pour plus de détails sur l'impact acoustique sous-marin, veuillez vous référer au rapport « Étude d'impact acoustique sous-marin (ATI-AMB-VIA-ACUMAR-R03-00) ».

5.9.2 Bruit et vibrations terrestres

Le Plan communal de classification acoustique (PCCA) est l'instrument de planification sur la base duquel le territoire communal est divisé en 6 classes acoustiquement homogènes, en tenant compte des destinations d'usage préexistantes déjà identifiées par les instruments d'urbanisme en vigueur :

- I - zones particulièrement protégées : cette classe comprend les zones dans lesquelles le calme est un élément fondamental pour leur utilisation : zones hospitalières, scolaires, zones destinées au repos et aux loisirs, zones résidentielles rurales, zones présentant un intérêt urbanistique particulier, parcs publics, etc. ;
- II – zones à usage principalement résidentiel : cette catégorie comprend les zones urbaines principalement concernées par le trafic routier local, à faible densité de population, avec une présence limitée d'activités commerciales et l'absence d'activités artisanales et industrielles ;
- III – zones mixtes : cette catégorie comprend les zones urbaines principalement concernées par la circulation automobile ou de transit, avec une densité de population moyenne, la présence d'activités commerciales, de bureaux, une présence limitée d'activités artisanales et l'absence d'activités industrielles ; les zones rurales concernées par des activités utilisant des engins de chantier ;

- IV – zones d'activité humaine intense : cette catégorie comprend les zones urbaines concernées par un trafic routier intense, avec une forte densité de population, une forte présence d'activités commerciales, de bureaux, avec la présence d'activités artisanales ; les zones situées à proximité des grands axes routiers et des lignes ferroviaires, les zones portuaires, les zones avec une présence limitée de petites industries ;
- V – zones principalement industrielles : cette catégorie comprend les zones concernées par des implantations industrielles et avec une pénurie de logements ;
- VI – zones exclusivement industrielles : cette catégorie comprend les zones exclusivement concernées par des activités industrielles et dépourvues d'habitations.

Sur la base de cette classification, les limites prévues par le décret du Président du Conseil des ministres du 14/11/97 sont définies comme suit :

- VALEUR LIMITE D'ÉMISSION : valeur maximale du bruit pouvant être émis par une source sonore, mesurée à proximité de la source elle-même ;
- VALEURS LIMITES D'IMMISSION : valeur maximale du bruit pouvant être émis par une ou plusieurs sources sonores dans l'environnement résidentiel et extérieur, mesurée à proximité des récepteurs ;
- VALEURS DE QUALITÉ : valeurs de bruit à atteindre à court, moyen et long terme avec les technologies et les méthodes d'assainissement disponibles, afin de réaliser les objectifs de protection prévus par la présente loi.

5.9.2.1 Résultats de la campagne de surveillance acoustique à terre

Afin de caractériser l'état actuel du climat acoustique de la zone du projet, conformément aux dispositions du décret ministériel du 16 mars 1998, une campagne de surveillance acoustique a été menée en mai 2024 pour le parc éolien et en octobre 2024 pour les travaux connexes (ATI-AMB-VIA-ACUTER-R02-00, ATI-AMB-VIA-ACURTN-R63-00).

Dans le cadre du parc éolien, cinq récepteurs situés à proximité des zones concernées par la réalisation des travaux du projet ont été identifiés pour l'évaluation du climat acoustique. Voici une brève description de l'emplacement des récepteurs (Figure 5-78) :

- R1 – habitation la plus proche de la zone du regard. La Via Aurelia se trouve entre l'habitation et la zone de travail ;
- R2 – récepteur représentant un petit noyau d'habitations sur le tracé de la canalisation ;
- R3 – récepteur représenté par une maison isolée sur le tracé du conduit ;
- R4 – récepteur représentant un petit noyau résidentiel sur le tracé de la canalisation ;
- R5 – récepteur situé dans une habitation isolée en face du futur site de la sous-station.

Figure 5-78 Emplacement des récepteurs identifiés dans la zone d'étude – parc éolien

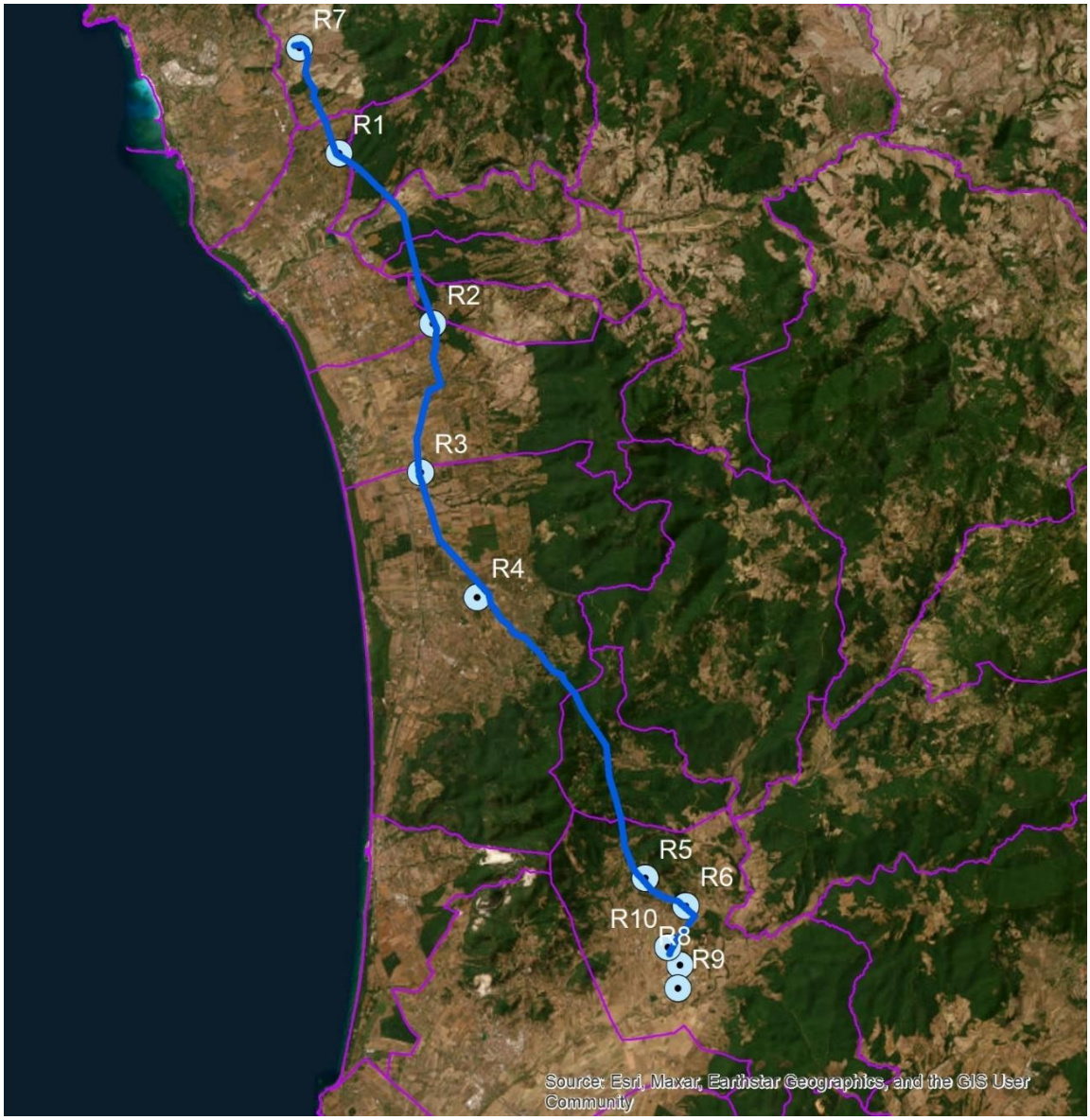


Source : Étude d'impact acoustique onshore (ATI-AMB-VIA-ACUTER-R02-00)

Dans le cadre des travaux connexes, dix récepteurs situés à proximité des zones concernées par la réalisation des travaux du projet ont été identifiés pour l'évaluation du climat acoustique. Voici une brève description de l'emplacement des récepteurs (Figure 5-79) :

- **R1** : habitation dans le hameau de Collemezzano, commune de Cecina ;
- **R2** : habitation dans le hameau de La Casetta, commune de Cecina ;
- **R3** : habitation dans le hameau de Debbiacci, commune de Castagneto Carducci ;
- **R4** : habitation dans la commune de Castagneto Carducci ;
- **R5** : habitation dans le hameau de Belvedere, commune de Suvereto ;
- **R6 :** habitation dans la commune de Suvereto ;
- **R7 :** habitation dans la commune de Castellina Marittima ;
- **R8 :** habitation dans la commune de Suvereto, à proximité de la centrale électrique ;
- **R9 :** habitation dans la commune de Suvereto, à proximité d'une centrale électrique ;
- **R10 :** habitation dans la commune de Suvereto, à proximité d'une centrale électrique.

Figure 5-79 Emplacement des récepteurs identifiés dans la zone d'étude – Travaux connexes



Source : Étude d'impact acoustique onshore des travaux connexes (ATI-AMB-VIA-ACURTN-R63-00)

La commune de Rosignano Marittimo dispose d'un zonage acoustique, approuvé par la délibération du conseil municipal n° 5 du 15/02/2018. La commune de Castellina Marittima dispose également d'un zonage acoustique, approuvé par la délibération du conseil municipal n° 11 du 28/02/2005.

Les zones concernées par le projet relèvent des classes II et III, c'est-à-dire des zones mixtes. Les limites sont indiquées dans le tableau 5-28. Dans le cas de R1 (parc éolien), le récepteur se trouve en outre dans la zone routière A de la Via Aurelia voisine. Cela impose de prendre en compte une limite particulière, introduite dans le décret présidentiel n° 142 du 30/03/2004, visant à limiter le bruit routier produit par les infrastructures routières.

Les mesures obtenues au cours des campagnes expérimentales ont respecté les limites d'émission imposées par le zonage acoustique municipal, à l'exception d'un léger dépassement pour R1 parc éolien par rapport à la limite imposée par le plan de zonage acoustique.

Tableau 5-28 Résultats de la campagne expérimentale – parc éolien

Récepteur	Classe acoustique	Niveau diurne dB(A)	L90	Limite d'émission diurne
R1	Classe III / Bande A	66,8	45,0	60 / 70
R2	Classe III	50,7	43,3	60
R3	Classe III	47,2	43,5	60
R4	Classe III	51,4	44,8	60
R5	Classe II	48,6	37,6	55

Source : Étude d'impact acoustique onshore (ATI-AMB-VIA-ACUTER-R02-00) Tableau 5-

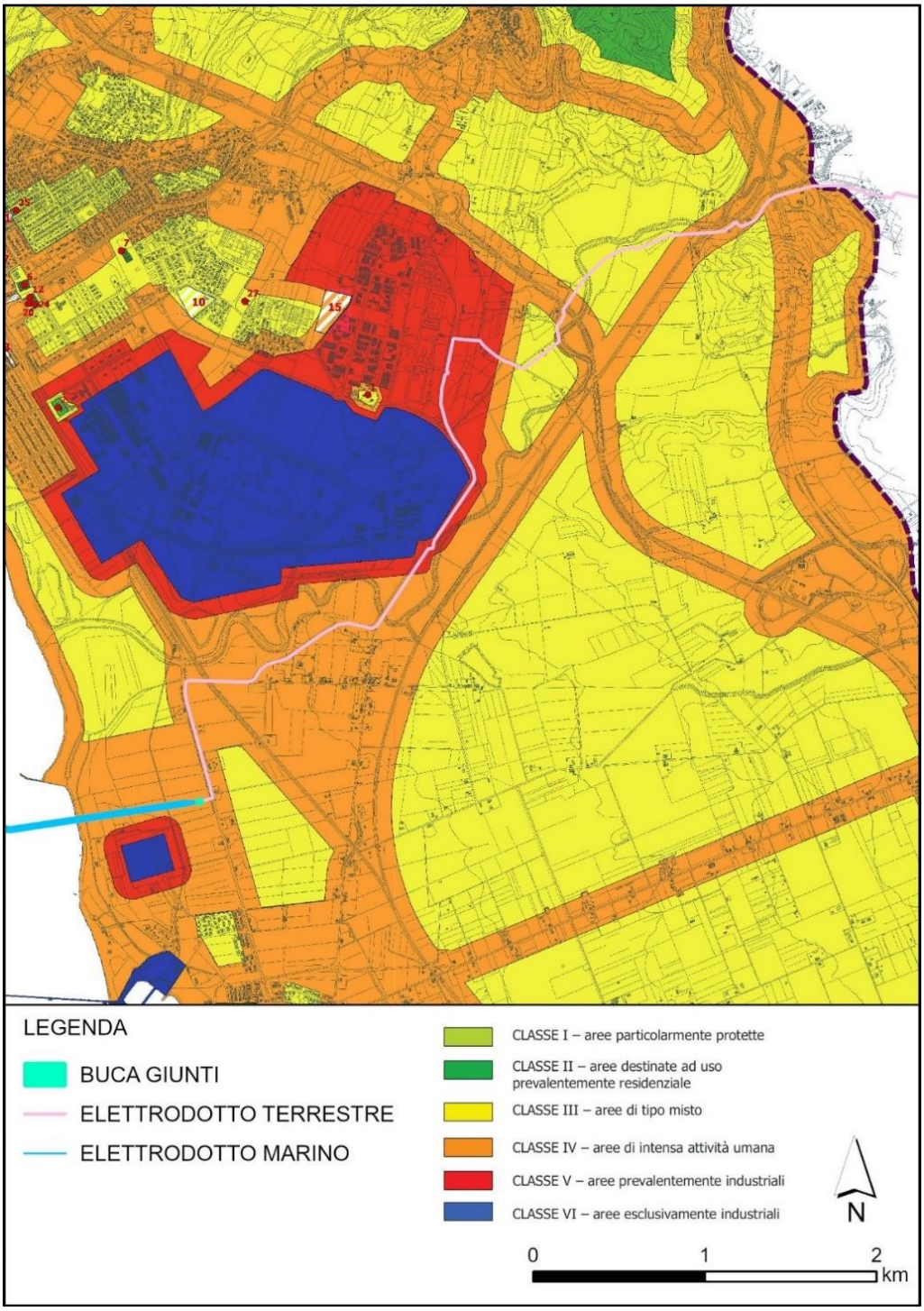
29 Résultats de la campagne expérimentale – Travaux connexes

Récepteur	Classe acoustique	Niveau diurne dB(A)	Limite d'émission diurne
R1	Classe III	54,1	60
R2	Classe III	42,1	60
R3	Classe III	57,6	60
R4	Classe III	49,9	60
R5	Classe III	42,6	60
R6	Classe III	58,1	60
R7	Classe III	37,5	60
R8	Classe III	55,7	60
R9	Classe III	48,4	60
R10	Classe III	44,7	60

Source : Étude d'impact acoustique à terre des travaux connexes (ATI-AMB-VIA-ACURTN-R63-00)

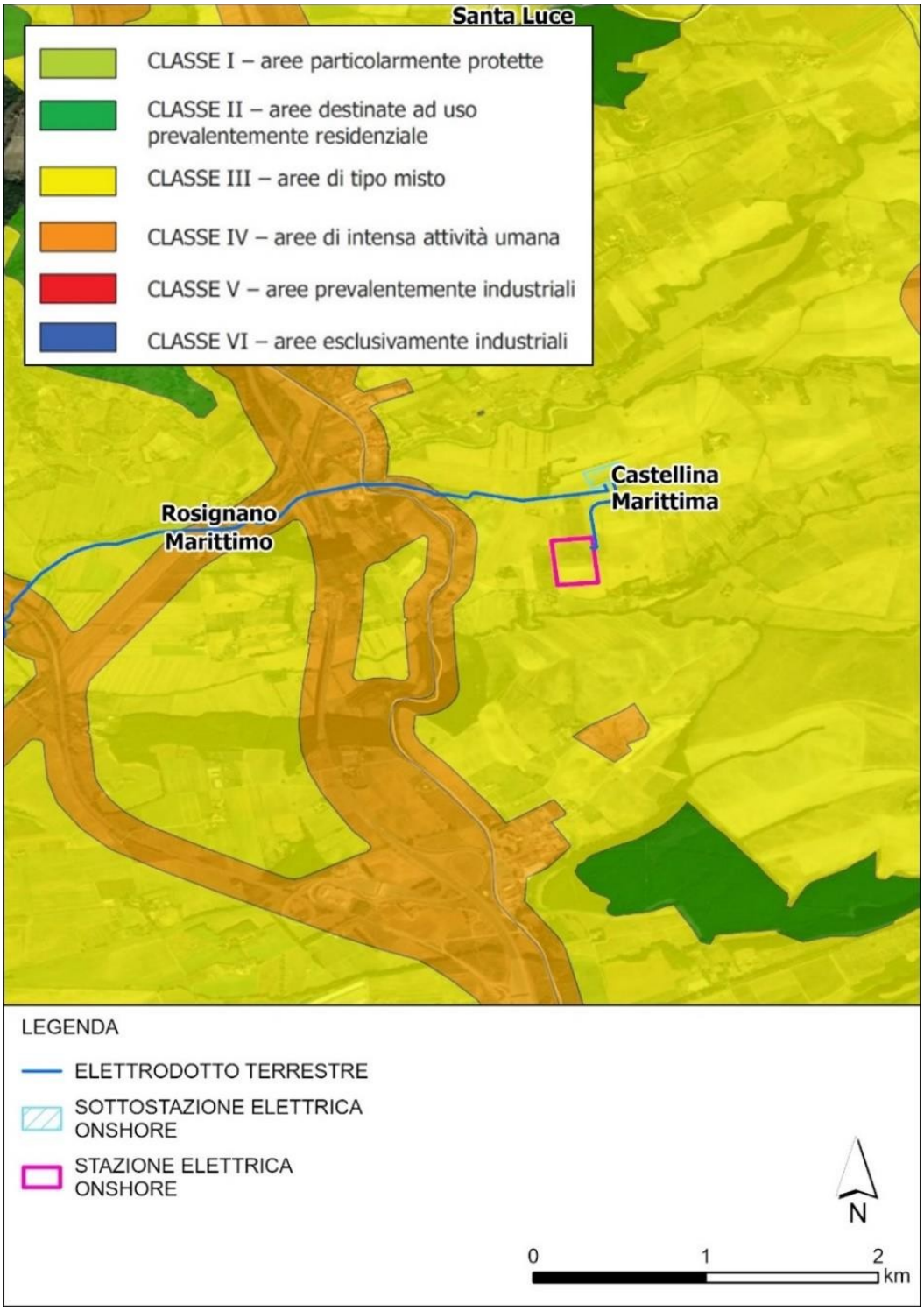
Pour plus de détails sur l'impact acoustique à terre, veuillez vous reporter au rapport « Étude d'impact acoustique à terre (ATI-AMB-VIA-ACUMAR-R03-00) » et « Étude d'impact acoustique à terre Travaux connexes ATI-AMB-VIA-ACURTN-R63-00) ».

Figure 5-80 Plan de zonage acoustique de la commune de Rosignano Marittimo



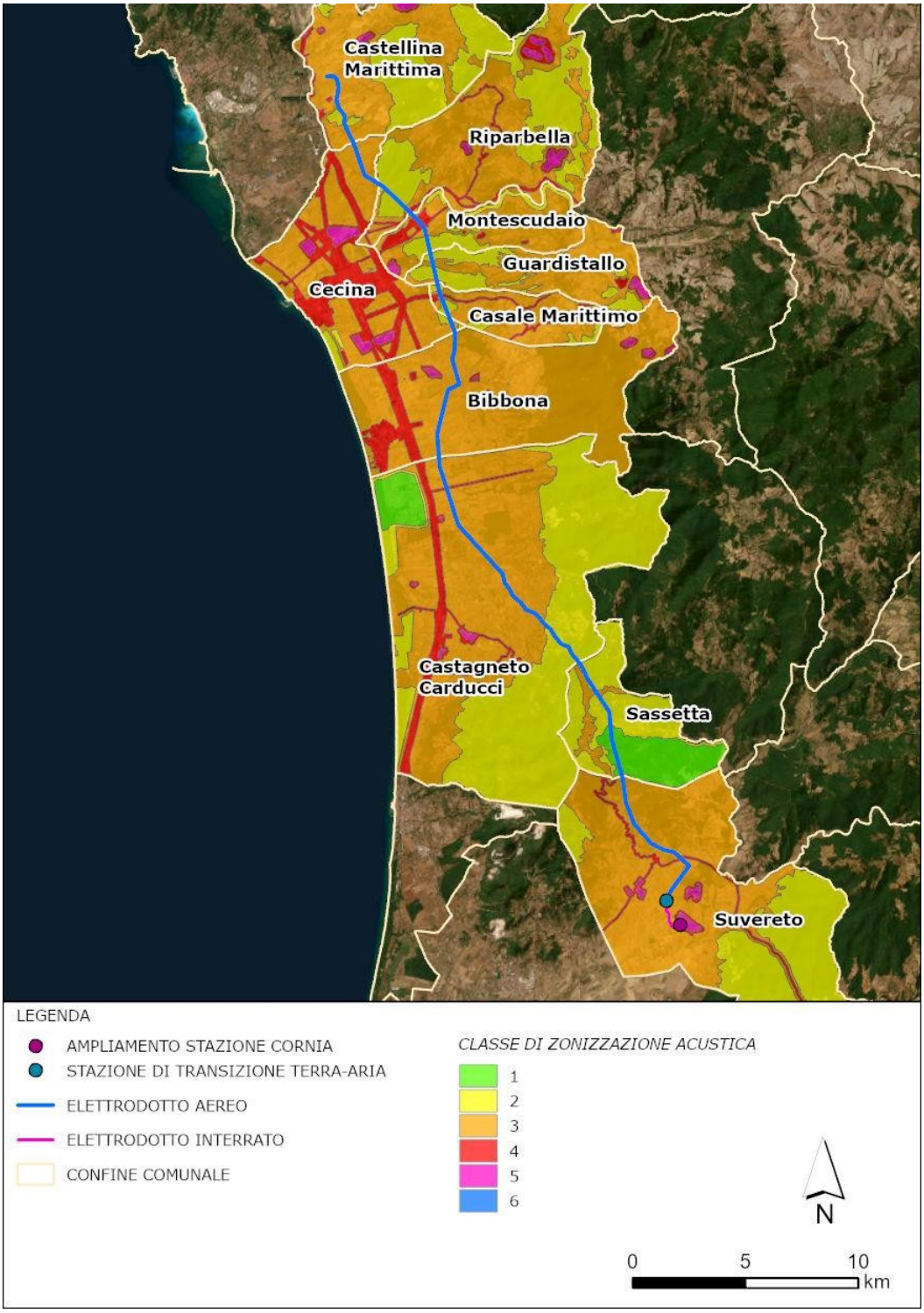
Source : Étude d'impact acoustique à terre (ATI-AMB-VIA-ACUTER-R02-00)

Figure 5-81 Plan de zonage acoustique de la commune de Castellina Marittima



Source : Étude d'impact acoustique à terre (ATI-AMB-VIA-ACUTER-R02-00)

Figure 5-82 Plan de zonage acoustique des communes concernées par les travaux connexes



Source : Étude d'impact acoustique onshore des travaux connexes (ATI-AMB-VIA-ACURTN-R63-00)

5.10 Champs électriques, magnétiques, électromagnétiques et rayonnements

Le champ électromagnétique est le champ qui décrit l'interaction électromagnétique, et il est constitué de la combinaison d'ondes électriques et magnétiques. Les ondes électromagnétiques sont des phénomènes oscillatoires de type sinusoïdal constitués de deux grandeurs qui varient périodiquement dans le temps : le champ électrique et le champ magnétique. Les deux champs déterminent la propagation d'un champ électromagnétique, indépendamment des charges et des courants électriques qui les ont générés. Le transfert d'énergie électromagnétique peut se produire soit dans l'espace libre (via l'éther), soit par le biais de lignes de transmission appropriées - telles que des guides d'ondes et des câbles coaxiaux - capables de confiner le rayonnement et de faciliter son transfert.

Les rayonnements non ionisants (NIR) sont des ondes électromagnétiques dont la fréquence est comprise entre 0 Hz et 300 GHz et dont l'énergie est insuffisante pour ioniser les atomes du matériau exposé.

Les ondes électromagnétiques de différentes fréquences interagissent de différentes manières avec les systèmes biologiques, tels que les plantes, les animaux ou les êtres humains. Les effets biologiques, qui dépendent étroitement de la fréquence, varient en fonction du paramètre pris en considération et de la cible. En particulier, les études distinguent les effets thermiques, où la cible est l'ensemble du corps ou un organe unique et où le paramètre étudié est la puissance absorbée par unité de masse, et les effets spécifiques, ceux qui sont étudiés au niveau cellulaire ou moléculaire (ISS[13]).

L'exposition aux champs électromagnétiques radiofréquences (RF) peut provoquer un échauffement ou induire des courants électriques dans les tissus corporels. L'échauffement constitue la principale interaction des champs RF à haute fréquence au-dessus d'environ 1 MHz. En dessous de ce seuil, l'effet dominant de l'exposition aux RF est l'induction de courants électriques dans le corps. Compte tenu de la corrélation entre l'effet biologique et la fréquence d'émission, il convient de distinguer les cas suivants :

- Champs électriques et magnétiques à très basse fréquence (ELF - 50-300 Hz) : exposition humaine principalement associée à la production, au transport et à l'utilisation de l'énergie électrique (lignes à haute tension, appareils ménagers). L'action fondamentale de ces champs sur les systèmes biologiques est l'induction de charges et de courants électriques. Presque rien du champ électrique ne pénètre à l'intérieur du corps humain.
- Champs à fréquences intermédiaires (ELF – 300 Hz-10 MHz) : l'exposition humaine est liée, par exemple, à l'utilisation d'ordinateurs ;
- Champs radiofréquences (ELF 10-30 MHz) : l'exposition humaine est due à l'utilisation d'appareils tels que les radios, les téléviseurs, les antennes de téléphonie mobile et les fours à micro-ondes.

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les champs électromagnétiques radiofréquences (CRF) comme cancérigènes du groupe 2B, c'est-à-dire comme potentiellement cancérigènes pour les êtres humains.

13 Institut supérieur de la santé (ISS), Epicentro : L'épidémiologie pour la santé publique, epicentro.iss.it, (2023)

humains : agents pour lesquels il existe des preuves limitées de cancérogénicité chez l'homme et des preuves insuffisantes de cancérogénicité chez les animaux de laboratoire (IARC, 2002[14] ; IARC 2013[15]).

Malgré les nombreuses études réalisées, si les mécanismes liés aux effets thermiques sont largement compris, les phénomènes liés aux effets spécifiques ne sont pas encore complètement élucidés. Il n'est donc toujours pas possible, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), de définir avec certitude tous les effets biologiques possibles des champs électromagnétiques. C'est pourquoi l'OMS elle-même, l'Union européenne et de nombreuses organisations internationales continuent à promouvoir des études spécifiques et comparatives (ISS[16]).

La loi n° 36 du 22 février 2001 (loi-cadre sur la protection contre l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques) réglemente les limites d'exposition aux champs électromagnétiques artificiels, en définissant des limites d'exposition, des valeurs d'attention et des objectifs de qualité (Région Toscane[17]).

Le décret du président du Conseil des ministres du 8 juillet 2003 a également fixé les limites d'exposition, les valeurs d'attention et les objectifs de qualité pour la protection de la population contre l'exposition aux champs électriques et magnétiques à la fréquence du réseau (50 Hz) générés par les lignes électriques :

- les limites d'exposition ne doivent pas dépasser 100 µT pour l'induction magnétique et 5 kV/m pour le champ électrique ;
- les valeurs d'attention pour l'induction magnétique sont fixées à 10 µT, comme médiane des valeurs sur 24 heures dans des conditions normales d'exploitation ;
- l'objectif de qualité pour l'induction magnétique est fixé à 3 µT, comme médiane des valeurs sur 24 heures dans des conditions normales d'exploitation.

La Toscane a été l'une des premières régions à se doter, dès 2000, d'une réglementation propre en matière de pollution électromagnétique à haute fréquence. Depuis 2011, la loi régionale 49/2011 « Réglementation en matière de radiocommunication » est en vigueur. Elle a remplacé la loi régionale précédente en transposant la réglementation nationale adoptée entre-temps (loi 36/2001 « Loi-cadre sur la protection contre l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques », décret législatif 259/2003 « Code des communications électroniques ») et en définissant un cadre complet des compétences en la matière, y compris les lignes électriques. En effet, la région Toscane a été l'une des premières à miser sur la prévention de la pollution électromagnétique avec la loi régionale

14 IARC, 2002. Rayonnement non ionisant, partie 1 : champs électriques et magnétiques statiques et à très basse fréquence (ELF). Monographies de l'IARC sur l'évaluation des risques cancérigènes pour l'homme, volume 80, (2022)

15 IARC, 2013. Rayonnement non ionisant, partie 2 : champs électromagnétiques radiofréquences. Monographies de l'IARC sur l'évaluation des risques cancérogènes pour l'homme, volume 102, (2023)

16 Institut supérieur de la santé (ISS), Epicentro : L'épidémiologie pour la santé publique, epicentro.iss.it, (2023)

17 https://www.regione.toscana.it/ (Le droit à la santé et à l'environnement), (2019)

La loi 51/1999 et le règlement 9/2000 ont anticipé la philosophie de la loi-cadre nationale (L 36/2001) en la matière[18].

Les principales sources de pollution à basse fréquence sont les lignes électriques, tandis que pour les hautes fréquences, ce sont les installations de radiocommunication (en particulier les installations de diffusion RTV et les installations de téléphonie mobile).

Les lignes électriques ont pour fonction de transporter et de distribuer l'énergie électrique, et sont classées en fonction de la tension. Elles sont donc divisées en :

- lignes à très haute tension (380 kV) pour le transport d'électricité sur de longues distances ;
- lignes à haute tension (220 kV et 132 kV) pour la distribution d'électricité ; elles sont généralement aériennes, mais peuvent également être souterraines ;
- lignes à moyenne tension (15-20 kV) pour l'alimentation des industries, des centres commerciaux et des grands immeubles, elles peuvent être aériennes ou souterraines ;
- lignes à basse tension (220-380 V) pour l'alimentation des habitations individuelles et des petits utilisateurs, elles peuvent être aériennes ou souterraines.

Une forme de pollution ponctuelle est due aux cabines de transformation primaires ou secondaires : les primaires sont généralement isolées des habitations et ne posent pas de problèmes particuliers, tandis que les secondaires sont situées à proximité ou à l'intérieur des bâtiments.

La construction de nouvelles lignes électriques est généralement autorisée par l'État (la région est compétente pour l'autorisation des lignes électriques jusqu'à 150 kV qui ne présentent pas d'intérêt national). Compte tenu de la complexité de ces infrastructures (coûts, impacts environnementaux et urbanistiques, nécessité d'expropriations), la construction de nouvelles lignes électriques n'est pas fréquente. Dans la plupart des cas, il s'agit de modifications et de rationalisations de lignes électriques existantes. Dans tous les cas, les projets correspondants sont soumis à une évaluation d'impact environnemental, y compris la vérification des champs électriques et magnétiques générés.

En Toscane, on trouve :

- 23 lignes à 380 kV ;
- 8 lignes à 220 kV (en général, on a tendance à transformer ces lignes électriques soit en lignes à 380 kV (renforcement), soit en lignes à 132 kV (déclassement) ;
- 343 lignes à 132 kV.

Les installations de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique sont généralement situées dans des zones élevées, en dehors des centres urbains, et couvrent des bassins d'audience pouvant concerner plusieurs provinces. Leur

18 https://www.regione.toscana.it/inquinamento-elettromagnetico et 2022

est souvent supérieure à 1 kW. Ces installations reçoivent souvent le signal à amplifier par le biais de liaisons à haute fréquence, réalisées à l'aide d'installations très directives (ponts radio) et de faible puissance (<= 5 W), directement depuis les studios de transmission. Au-dessus de ces bâtiments, souvent situés dans les centres urbains, apparaissent ainsi des antennes, généralement paraboliques, qui produisent des champs du même type que ceux diffusés par les répéteurs, mais d'une intensité beaucoup plus faible et orientés de manière à ne rencontrer aucun obstacle sur leur trajet[19] .

Plus précisément, dans la zone Vasta, on compte 19 installations de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique, comme indiqué par le Système d'information régional sur l'environnement de la Toscane (SIRA).

19 https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/campi_elettromagnetici/impianti-radio-tv

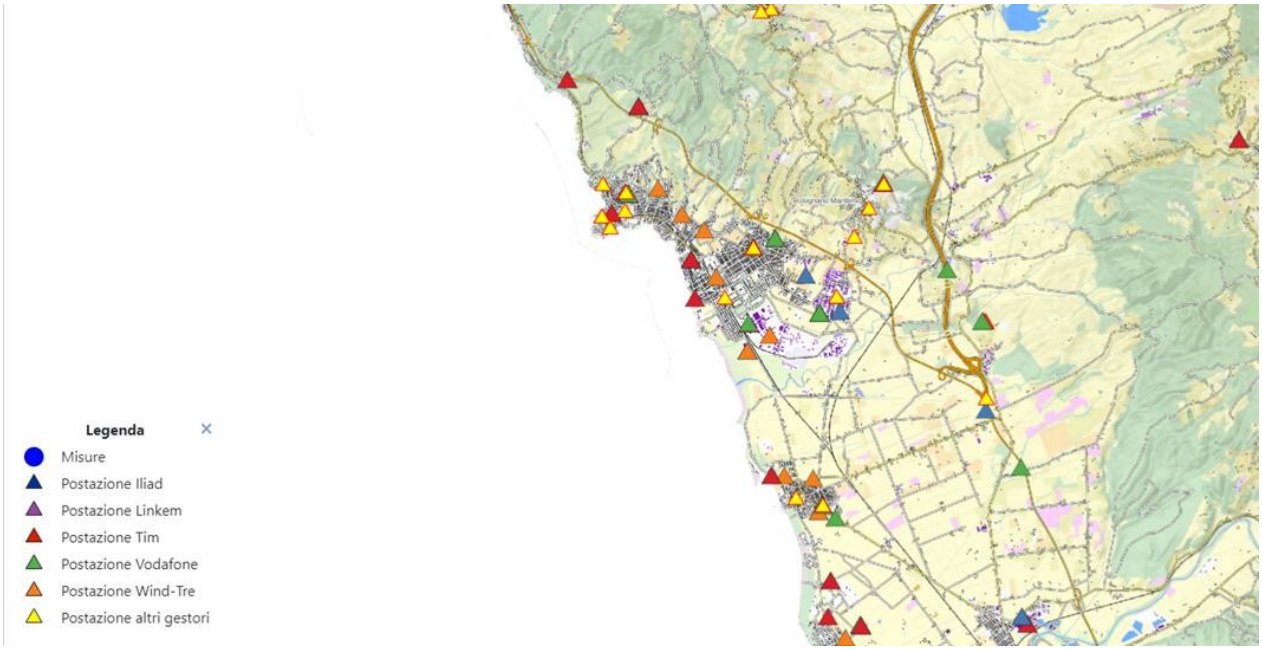
Tableau 5-30 : Liste des installations de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique dans la zone métropolitaine.

Type	Opérateur	Technologie
Radio – TV	Électrique industriel	TV numérique (DVB-T)
Radio – TV	Elemedia	Radio FM
Radio – TV	Centre de production	Radio FM
Radio – TV	Réseau du Caire	Télévision numérique (DVB-T)
Radio – TV	RAI WAY	Télévision numérique (DVB-T)
Radio – TV	Radio Valdera	Pont radio
Radio – TV	Radio Subasio	Radio FM
Radio – TV	Radio Stop 2	Pont radio, Radio FM
Radio – TV	Radio Kiss Kiss	Pont radio
Radio – TV	RDS	Radio FM
Radio – TV	Radio Diffusion Florence	Radio FM
Radio – TV	PREMIÈRE TV	Télévision numérique (DVB-T)
Radio – TV	Persidera (anciennement TIMB)	Télévision numérique (DVB-T)
Radio – TV	Nettare	Wi-Fi
Radio – TV	Nectar	Wi-Fi
Radio – TV	Nectar	Wi-Fi
Radio – TV	Nectar	Wi-Fi
Radio – TV	Nectar	Wi-Fi
Radio – TV	Nectar	Wi-Fi

Source : https://sira.arpat.toscana.it/sira/misure_rf/portale.php#map-tab, 2023

En outre, pour la zone élargie, un cadre de la carte générée par le Système d'information régional sur l'environnement de la Toscane (SIRA) a été utilisé pour les installations de téléphonie mobile et les micro-ondes (avec des fréquences comprises entre 300 MHz et 300 GHz) (Figure 5-83).

Figure 5-83 Installations de téléphonie mobile, Rosignano Marittimo



Source : https://sira.arpat.toscana.it/sira/misure_rf/portale.php#map-tab, 2023

Quant à l'environnement marin, il est également caractérisé par la présence de champs électriques et électromagnétiques d'origine naturelle et anthropique. Parmi les champs électromagnétiques naturels présents dans l'environnement marin, les plus importants sont le champ géomagnétique terrestre et les champs électriques induits par le mouvement de l'eau de mer conductrice à l'intérieur du champ géomagnétique. De plus, grâce à leur mouvement, les organismes sont capables de produire des champs bioélectriques importants mais faibles. Les bateaux et les câbles de transmission électrique et de télécommunication représentent les principales sources de champs électromagnétiques d'origine anthropique (Hutchison *et al.*, 2020).

Étant donné que l'intensité du champ magnétique diminue rapidement avec la distance, les champs électromagnétiques induits par le passage du courant dans les câbles de transmission peuvent atteindre 1 000 µV/m, mais ils sont généralement contenus efficacement à l'intérieur de l'armature des câbles eux-mêmes (Taormina *et al.*, 2018). L'intensité est encore plus faible lorsque les câbles sont enfouis dans le fond marin, comme dans la zone du projet.

Quant à l'environnement marin, il se caractérise également par la présence de champs électriques et électromagnétiques d'origine naturelle et anthropique. Les bateaux et les câbles de transmission électrique et de télécommunication représentent les principales sources de champs électromagnétiques d'origine anthropique (Hutchison *et al.*, 2020).

Les câbles électriques installés dans le milieu marin émettent un champ magnétique à 50 Hz dont l'intensité diminue très rapidement à mesure que l'on s'éloigne du câble. Ce champ magnétique induit un champ électrique de faible valeur. Par conséquent, seules les communautés biotiques situées à proximité immédiate du câble pourraient être exposées au champ magnétique.

De plus, les champs électriques augmentent en fonction de l'augmentation de la tension et peuvent atteindre 1 000 µV/m pour un câble électrique (C), mais ils sont généralement confinés efficacement à l'intérieur des câbles par l'armature. Les caractéristiques des champs électromagnétiques dépendent du type de câble (distance entre les conducteurs, équilibre de charge entre les phases dans le câble, etc.), de la puissance et du type de courant (courant continu ou alternatif).

Lorsque le câble électrique est enterré, la couche de sédiments n'élimine pas complètement le champ électromagnétique généré, mais réduit l'intensité du champ électromagnétique qui est plus importante au contact direct avec le câble (CMACS, 2003).

La force des champs magnétiques et électriques induits augmente proportionnellement au flux de courant et diminue rapidement avec la distance par rapport au câble (Normandeau Associates Inc 2011). Des courants électriques d'une intensité de 1600 A sont courants dans les câbles sous-marins. En conséquence, des champs magnétiques d'environ 3200 µT sont générés, diminuant à 320 µT à 1 m de distance, 110 µT à 4 m et atteignant des valeurs similaires à celles du champ magnétique terrestre (50 µT) dès 6 m (Bochert et Zettler, 2006).

Sur la base des données disponibles à ce jour, il n'existe aucune preuve que les champs électromagnétiques (CEM) associés à la production d'électricité marine à partir de sources renouvelables aient un impact (positif ou négatif) sur les espèces faunistiques de la zone concernée (Copping 2018). Les émissions électromagnétiques imputables au câble marin pourraient être limitées en raison des caractéristiques physiques de la disposition des conducteurs électriques à l'intérieur du corps du câble.

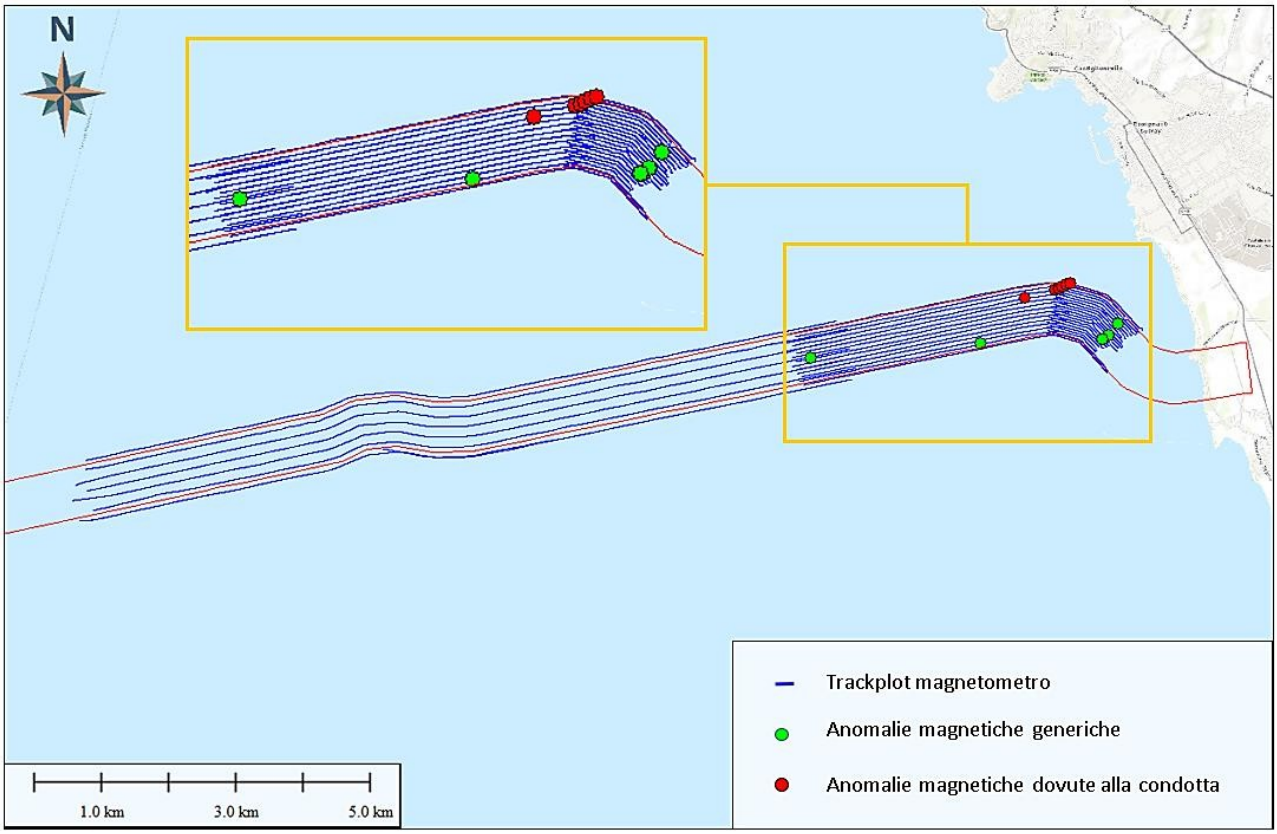
5.10.1 Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Au cours de la surveillance effectuée entre juin et juillet 2024, tant pour la zone côtière que pour la zone offshore, une série d'anomalies magnétiques ont été détectées.

En ce qui concerne la zone côtière, 13 anomalies ont été détectées, dont 12 à une profondeur inférieure à -25 m et une à environ -30 m. Les valeurs gamma sont comprises entre 44,7 µT et 3454,2 µT. Dans la zone la plus profonde, en revanche, aucune zone présentant des anomalies ponctuelles et significatives du signal magnétométrique n'a été observée, mais plutôt des perturbations diffuses.

La figure suivante donne un aperçu des anomalies magnétiques détectées.

Figure 5-84 Localisation des anomalies magnétiques dans la zone côtière



Source : Zone côtière - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

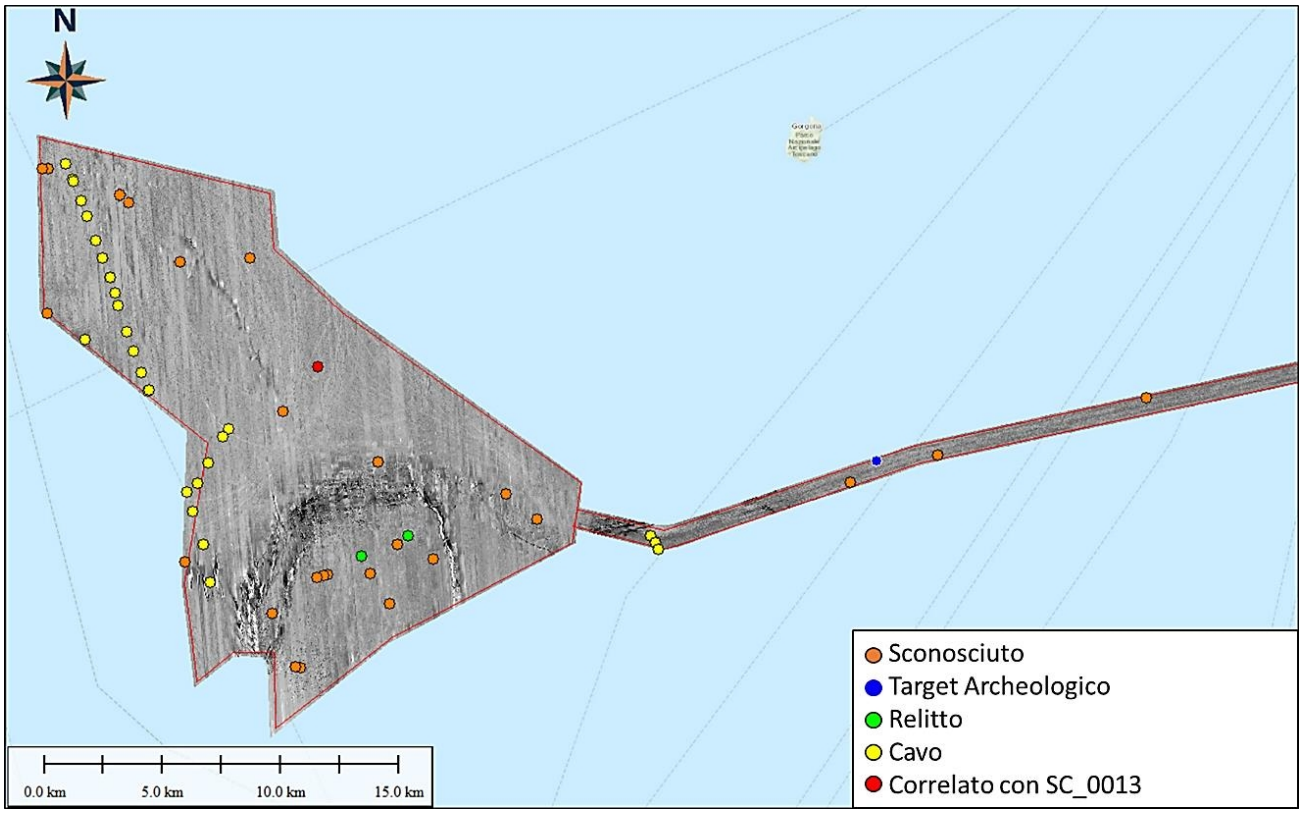
Pour la zone offshore, la répartition spatiale des contacts magnétiques est illustrée à la figure 5-85. La légende permet de distinguer les caractéristiques des anomalies ; la plupart d'entre elles sont liées à la présence de câbles ou d'épaves, mais la plupart des anomalies restent d'origine inconnue.

Un certain nombre de points restent d'origine inconnue, car on ne dispose pas de données provenant d'autres instruments (MBES, SSS et sismique). Ainsi, d'une manière générale, on pourrait supposer la présence de corps enfouis, non bien identifiés, susceptibles de produire ces anomalies, mais qui ne semblent pas constituer un obstacle à la réalisation des infrastructures (par exemple, blocs rocheux, amas de matériaux bioclastiques, etc.).

Dans la zone de l'ECC, 7 anomalies magnétiques ont été identifiées, avec des valeurs comprises entre 4,5 et 32,2 nT, cette dernière correspondant à la cible AT_OFF_SC-0053. Les cibles se trouvent à des profondeurs supérieures à -130 m. Dans la section précédente (de -100 m à -130 m), aucun contact significatif n'a été détecté. Parmi les anomalies enregistrées dans la zone de l'ECC, 4 correspondent aux données observées par SSS et MBES. Les autres ne correspondent à aucune donnée, leur origine reste donc inconnue, mais elles sont probablement liées à la présence d'objets enfouis qui ne semblent pas constituer un obstacle pour les futures opérations de mise en place des câbles.

Dans la zone de l'OWF, 49 anomalies magnétiques ont été détectées, principalement réparties au niveau des câbles identifiés. L'analyse de ces contacts magnétiques montre que les valeurs gamma sont caractérisées par une grande variabilité : la plage s'étend en effet d'un minimum de 0,7 nT à un maximum de 82,2 nT. Cinq câbles ont été détectés, mais une corrélation entre les données magnétométriques et leur présence n'a pas toujours été trouvée, probablement en raison de la présence de roches magmatiques affleurantes ou subaffleurantes dans la zone concernée, qui perturbent fortement le champ magnétique local et pourraient donc rendre difficile la reconnaissance d'une anomalie de faible ampleur telle que celle généralement générée par un câble.

Figure 5-85 Répartition des contacts MAG détectés dans le secteur offshore.



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Pour plus de détails sur les anomalies magnétiques, veuillez vous reporter au rapport « Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) » et au rapport « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) »..

5.11 Flore et faune

La zone couverte comprend la partie supérieure de la mer Tyrrhénienne, également appelée mer Ligure, avec une attention particulière pour la partie
mer de la côte toscane de la commune de Rosignano Marittimo, dans la province de Livourne.

5.11.1 Biodiversité marine

5.11.1.1 Habitats marins et communautés benthiques

La zone de la haute mer Tyrrhénienne, au large de la côte toscane, s'étend sur une profondeur variant de -250 m à -600 m.

La meilleure représentation possible de la répartition des habitats benthiques dans la zone du projet à partir des données bibliographiques est fournie par la cartographie téléchargeable sur le portail EMODnet. En superposant la zone du projet à la carte EUSeaMap 2021 (carte à grande échelle des habitats des fonds marins en Europe) selon la classification EUNIS 2007, on constate que 6 habitats sont concernés (

Figure 5-86) (pour chaque habitat, le code correspondant selon la classification établie par le RAC/SPA est indiqué) :

- **faciès de boues sableuses avec *Thenea muricata* (A6.511 - Faciès de boues sableuses avec *Thenea muricata*)**
  La biocénose est caractérisée par des boues sableuses peuplées par le mollusque *Thenea muricata* ;

- **boues sableuses profondes (A6.4 – Deep-sea muddy sand)**
  Le sédiment est constitué de sables moyens et/ou fins ou de sables légèrement vaseux. Ces habitats sont souvent soumis à une certaine action des vagues ou à des courants de marée qui limitent la teneur en limon et en argile à moins de 15 %. Cet habitat est caractérisé par une série de taxons, notamment des polychètes, des mollusques bivalves et des crustacés amphipodes ;

- **boues terrigènes (A5.39 - Biocénose méditerranéenne des boues terrigènes côtières)**
  Le sédiment est constitué de boue pure, plus ou moins argileuse, presque toujours d'origine fluviale. Les débris grossiers éventuellement déposés sont rapidement recouverts, ce qui empêche le développement d'une épifaune

- **boues bathyales (A6.51- Communautés méditerranéennes des boues bathyales)**
  La biocénose des boues bathyales se caractérise par une homéothermie constante d'environ 13 °C et par l'absence quasi totale de lumière. La granulométrie et l'épaisseur des sédiments ne sont pas homogènes. Les parois des canyons sont recouvertes d'une boue fluide, parfois d'une simple pellicule ;

- **prairies de *Posidonia oceanica* (A5.535 - Posidonia beds)**
  Les herbiers de *Posidonia oceanica* sont caractéristiques de la zone infralittorale de la Méditerranée, à des profondeurs allant de quelques dizaines de centimètres à -40 mètres. Sur un substrat dur ou mou, ces herbiers constituent l'une des principales communautés marines ;

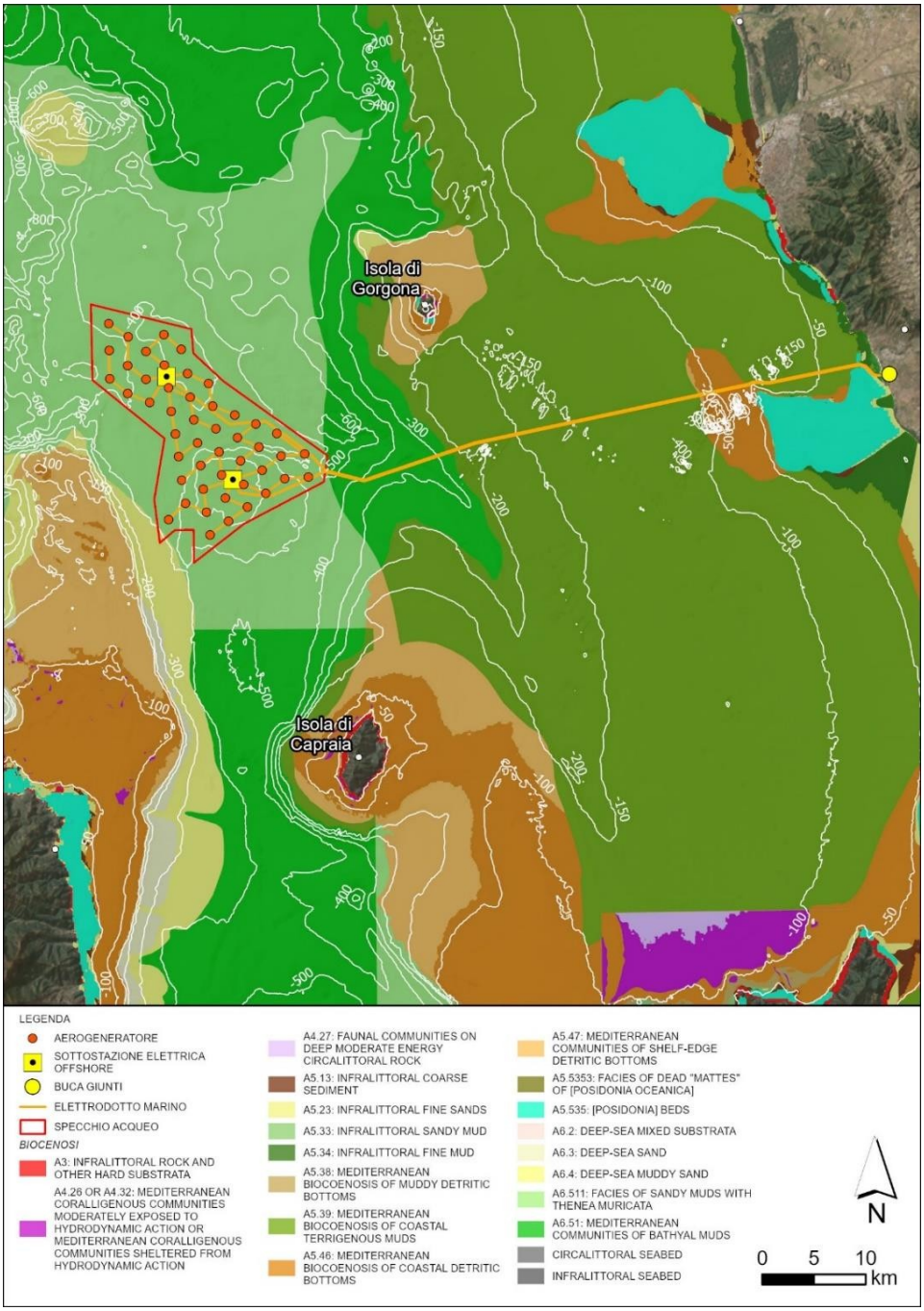
- **fond détritique côtier (A5.46 - Biocénose méditerranéenne des fonds détritiques côtiers)** Ces communautés se trouvent sur un substrat dont la nature a une origine différente et dépend en grande partie de la morphologie de la côte et des formations infralittorales voisines. Les substrats peuvent donc être constitués de graviers et de sables provenant des roches locales prédominantes, de détritus de coquillages, de détritus de bryozoaires ramifiés plus ou moins corrodés. Les interstices entre ces différents composants sont caractérisés par un pourcentage plus ou moins important de sable et de boue.

La zone du parc éolien comprend l'habitat vaseux (A6.511 : Facies of sandy muds with *Thenea muricata*) et, dans une moindre mesure, l'habitat sableux profond (A6.4 : Deep-sea muddy sand).

Les habitats concernés par le passage du conduit sont également principalement des zones boueuses (A5.39 : Biocénose méditerranéenne des boues terrigènes côtières et A6.51 : Communautés méditerranéennes des boues bathyales), et dans une moindre mesure des zones où est présente *la Posidonia oceanica* (A5.535 : Herbiers de Posidonia) et des zones détritiques (A5.46 : Biocénose méditerranéenne des fonds détritiques côtiers).

Ces données ont été confirmées par les études, qui ont mis en évidence que la zone du projet se caractérise par des fonds marins hétérogènes : dans la partie côtière, on trouve des fonds vaseux mélangés à du sable, mais aussi des affleurements rocheux, qui diversifient la structure des fonds marins, favorisant une plus grande biodiversité.

Figure 5-86 Principales biocénoses présentes dans la zone



Source : Données EMODnet, 2023 - Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Les prairies de *Posidonia oceanica* et les formations coralligènes constituent un important hotspot pour la biodiversité.

La *Posidonia oceanica* est une phanérogame marine endémique de la mer Méditerranée. Elle est présente jusqu'à environ -30/-40 mètres de profondeur, où elle trouve normalement des conditions d'éclairage suffisantes pour effectuer la photosynthèse. La présence de cette plante constitue un élément clé dans les communautés benthiques de l'archipel toscan. Elle remplit en outre de nombreuses fonctions : elle a la capacité d'oxygéner les eaux, produisant en moyenne 14 litres d'oxygène par jour et par m² ; elle constitue une nurserie et un refuge pour de nombreuses espèces de poissons, mollusques, échinodermes, crustacés, etc., leur permettant ainsi de survivre ; elle joue un rôle fondamental dans l'érosion des côtes, en créant une véritable barrière qui atténue la force des vagues. La prairie de *Posidonia oceanica* la plus importante du nord de la mer Tyrrhénienne se trouve sur les fonds marins de l'archipel toscan, près de Pianosa ; elle est également largement répandue dans la zone côtière de Gorgona, Capraia, Montecristo, Giglio et Giannutri. Dans les eaux de l'île d'Elbe, on peut également observer des prairies de *Posidonia oceanica*, dont l'état dépend de la plus ou moins grande faveur des milieux[20].

Dans la zone vaste, au nord du golfe de Baratti, plus précisément entre la zone au sud de San Vincenzo et le promontoire de Piombino, se trouve une prairie située entre -10 et -20 m de profondeur, dans une bande de fond marin parallèle à la côte (Borrello P. *et al.*, 2010). Elle se caractérise par des « tapis » assez consistants, avec un tracé irrégulier dû à l'alternance de substrats sableux et rocheux. Au niveau du promontoire de Piombino, la prairie couvre une bande étroite de fond rocheux. La limite supérieure se trouve à environ -10 m de profondeur, à l'exception du golfe de Baratti où la posidonie s'étend très près du rivage, au point que ses feuilles émergent hors de l'eau (à proximité du petit port). La prairie s'arrête à environ -20 m de profondeur, avec une limite inférieure nette et un escalier évident de « matte ». En général, la prairie est très dense, en bon état de santé et ne présente pas de zones de régression évidentes. En outre, une étude plus récente (Montefalcone *et al.*, 2020) rapporte que la zone côtière adjacente au parc éolien (Secche di Vada) possède une forte densité de *Posidonia Oceanica*, entre -4,7 m et -6,4 m, de 166 ± 155 faisceaux/m^2. Du point de vue écologique, il est également important de souligner la présence de banquettes de *Posidonia oceanica,* qui sont importantes car elles constituent un véritable habitat pour de nombreux organismes. Dans la zone d'intérêt, elles ont été identifiées sur la plage de Baratti, comme le rapporte également l'étude de l'ISPRA (Figure 5-87).

20 https://www.islepark.it/natura/mare/posidonia-oceanica (2022)

Figure 5-87 Localisation des banquettes de Posidonia o. sur le littoral toscan.



Source : Formation et gestion des banquettes de Posidonia oceanica sur les plages – ISPRA, 2010

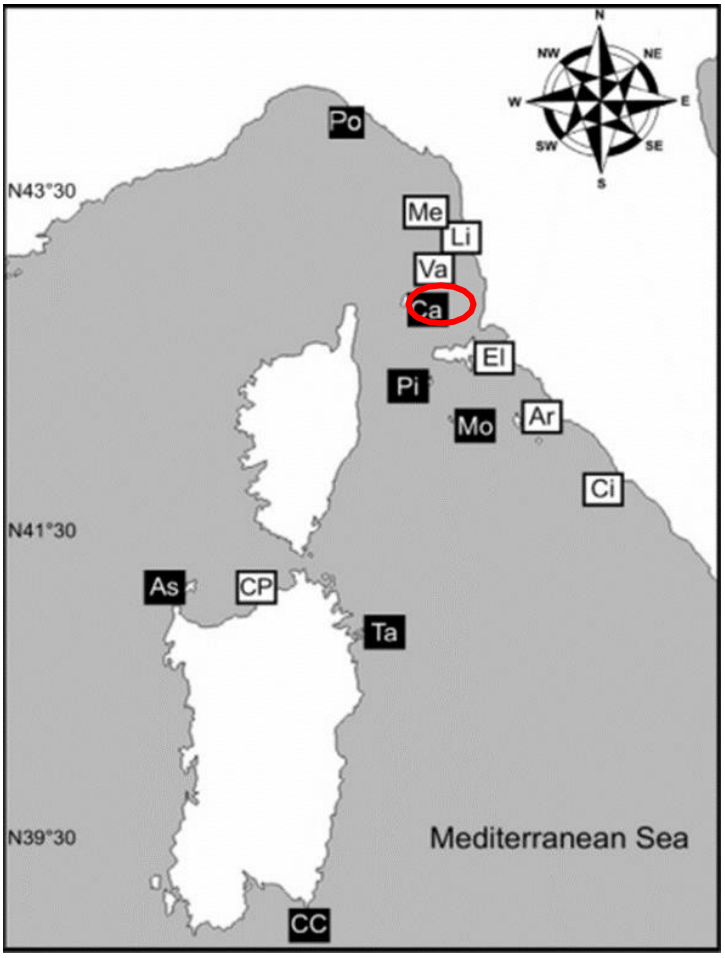
La biocénose coralligène est produite par l'activité d'organismes qui produisent des structures de carbonate de calcium et est typique des fonds rocheux de la mer Méditerranée. Les organismes constructeurs de cette structure massive sont des algues, calcaires ou non, appartenant à la fois au groupe des algues vertes et à celui des algues rouges corallinacées. Parmi les animaux constructeurs, on trouve les éponges, les madrépores, les gorgones, les bryozoaires, les bivalves et les annélides. Ils forment un agglomérat constitué des parties carbonatées des structures porteuses des organismes. Il s'agit donc d'une roche fragile avec de nombreux canaux, vacuoles et cavités, substrat optimal pour la colonisation ultérieure par de très nombreuses espèces d'organismes végétaux et animaux. Selon la pente du fond marin, différents types de coralligène se forment. Sur les parois verticales, il se forme une couche de roche biogénique d'une épaisseur supérieure à un mètre. Sur les fonds marins peu inclinés, le coralligène crée des dômes, des colonnes et des ponts pouvant atteindre deux mètres de haut qui recouvrent des zones de plusieurs centaines de mètres carrés. Les structures coralligènes ont leur propre cycle de vie : création, croissance et érosion. Après la naissance de la structure carbonatée initiale, certains animaux tels que les éponges, les bivalves, les gastéropodes, etc. creusent, créant de nouvelles cavités et enlevant une partie du matériau ; le dépôt de particules minérales et organiques, apportées par les courants ou capturées par des animaux filtreurs, exerce une opération d'accumulation qui remplit lentement les vides formés. Autour des îles de l'archipel toscan, on trouve des formes de coralligène qui, naturellement, dépendent des caractéristiques géomorphologiques des fonds marins. Sur les côtes escarpées, comme celles de l'île du Giglio

et Montecristo présentent des parois recouvertes d'une couche corallienne, tandis que l'île d'Elbe comporte des zones avec des quais coralliens s'étendant sur quelques centaines de mètres [carrés21] .

À proximité de l'Area Vasta (en rouge sur la figure 5-88), l'état de différents assemblages coralliens présents a été observé. Les localités en blanc sont des zones protégées, tandis que celles en noir sont des localités non protégées. La figure montre le niveau des différents types d'impact anthropique sur l'état des formations coralligènes, qui sont plus touchées dans les zones non protégées que dans les zones protégées, à l'exception du site de l'île d'Elbe.

21 https://www.islepark.it/natura/mare/coralligeno (2020)

Figure 5-88 Formations coralliennes en Méditerranée orientale ;



Lieux d'étude : Noir = zones marines protégées, Blanc = zones non protégées ; Po : Portofino, Ca : île de Capraia, Pi : île de Pianosa, Mo : île de Montecristo, As : île d'Asinara, Ta : île de Tavolara, CC : Capo Carbonara, Li : Livourne, Me : Meloria Shoals, Va : Vada Shoals, El : île d'Elbe, Ar : Argentario, CP : Costa Paradiso et Ci : Civitavecchia.

Source : Piazzi et al., 2016

Figure 5-89 Niveaux d'impact sur le coralligène dans les sites observés ; L = faible, I = intermédiaire, H = élevé.

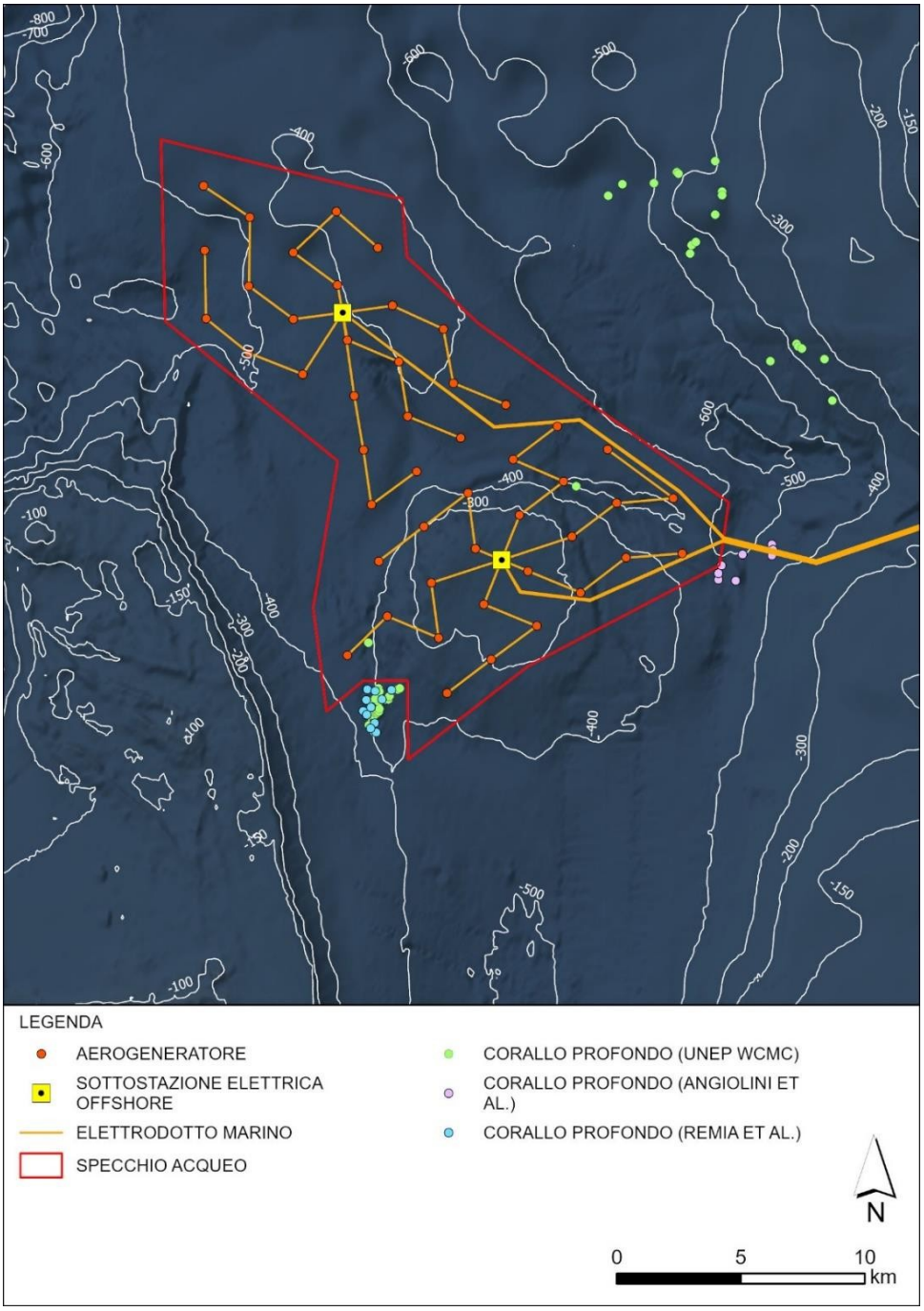
Locality	Urbanization and urban waste	Ports	Tourism	Industrial activity	Sediment load	Agriculture waste	Fishering
MPA							
Portofino	L	L	H	L	L	L	L
Capraia	L	L	H	L	L	L	L
Pianosa	L	L	L	L	L	L	L
Montecristo	L	L	L	L	L	L	L
Asinara	L	L	I	L	L	L	L
Tavolara	I	I	I	L	L	I	L
C. Carbonara	I	I	I	L	L	L	L
Unprotected							
Meloria	H	H	I	H	H	I	H
Livorno	H	H	H	H	H	I	H
Vada	H	I	I	H	H	H	H
Elba	I	I	H	L	L	I	I
Argentario	I	L	H	L	I	I	H
Costa Paradiso	I	L	I	L	L	I	I
Civitavecchia	H	H	H	H	H	H	H

Source : Piazzi et al. (2016)

De plus, des coraux profonds sont visibles à proximité du périmètre du parc éolien (Figure 5-90) et près du tracé du conduit (Figure 5-91). Afin d'éviter toute interférence avec les populations de coraux profonds, la configuration du projet a été réduite et optimisée pendant la phase de conception.

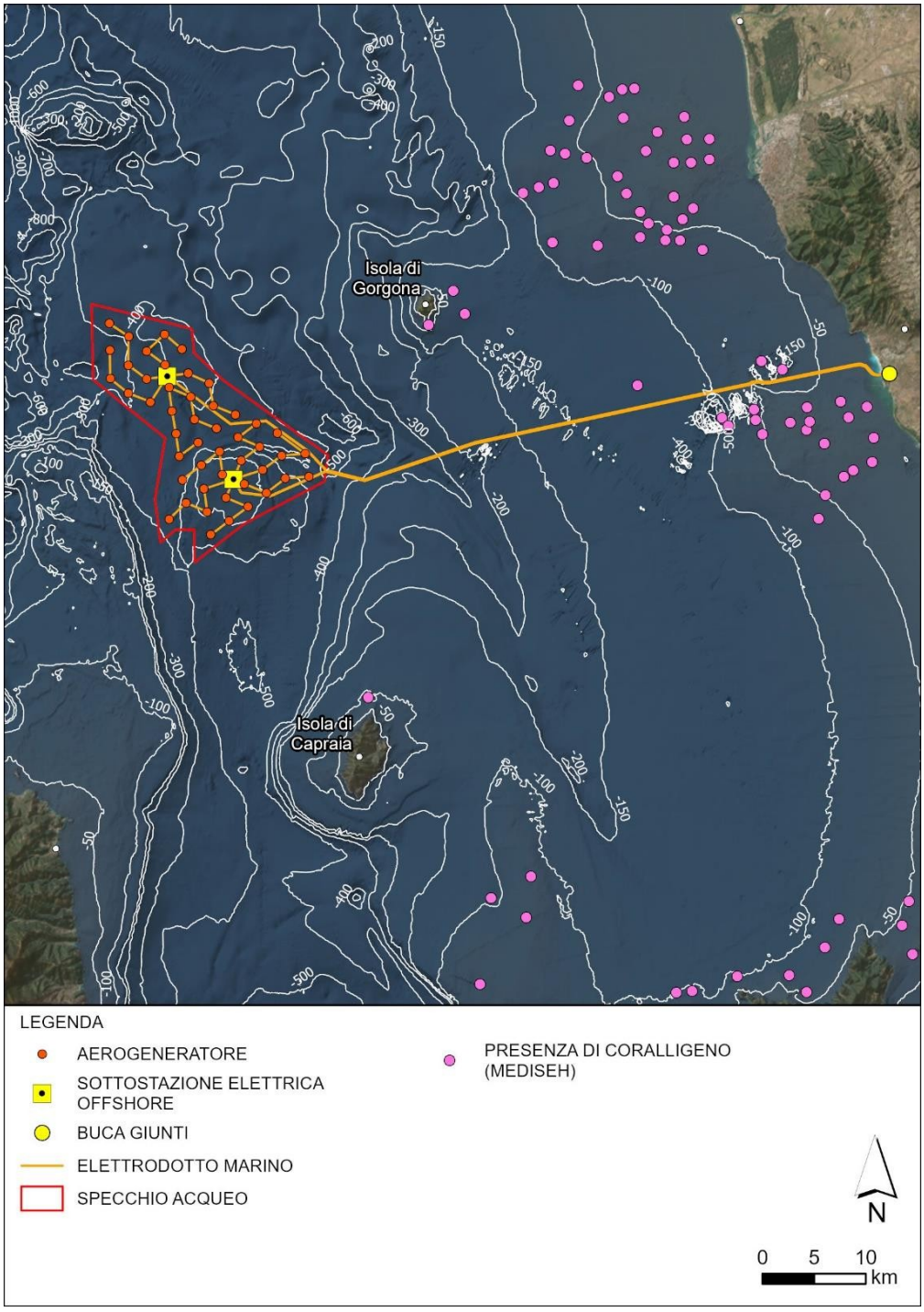
Les coraux profonds sont répartis sur le talus continental entre -350 et -410 m de profondeur, dans une zone située entre Capo Corso et les îles de Gorgona et Capraia. Les structures coralliennes présentent une distribution inégale sur un fond vaseux et se présentent sous la forme de reliefs de 3 à 4 mètres de hauteur et de quelques dizaines de mètres d'extension (Angeletti *et al.*, 2020 ; Remia *et al.*, 2005).

Figure 5-90 Coraux profonds à proximité du parc éolien



Source : Angeletti et al. (2020), Remia et. Al. (2005), WCMC (2022) – Élaboration ERM, 2024 sur la base du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Figure 5-91 Coraux profonds à proximité du conduit



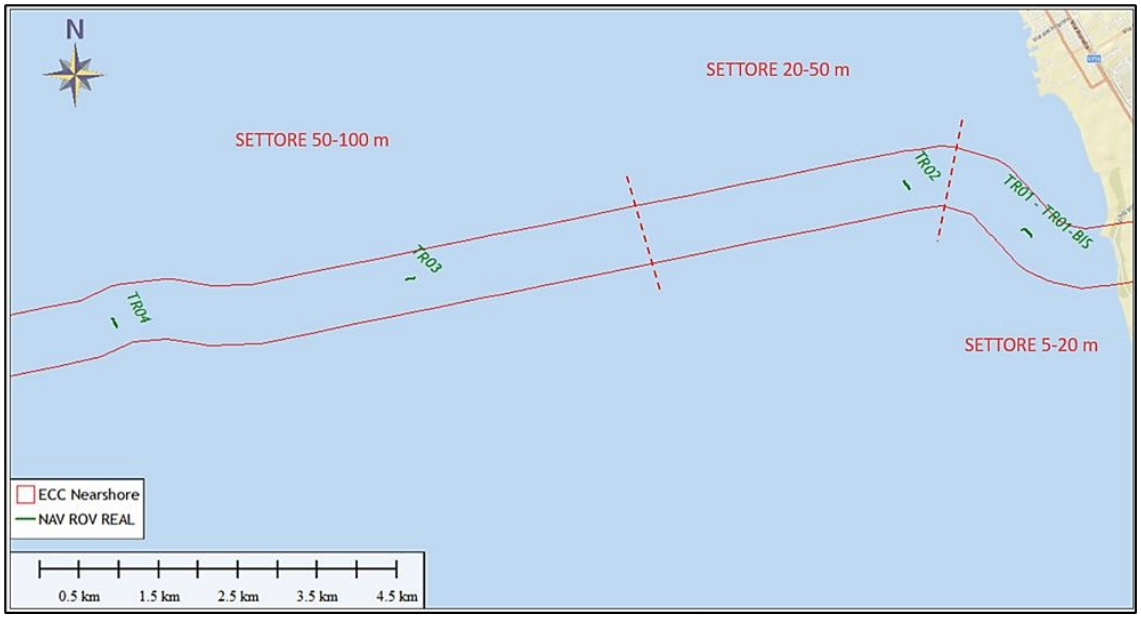
Source : MEDISEH, 2022 - Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Comme présenté au chapitre 5.5.2.1, les résultats des études géophysiques et environnementales ont montré que la zone côtière est caractérisée par une prédominance de récifs rocheux et de sables qui se développent dans la zone infralittorale. En comparant les données de terrain avec la bibliographie et les cartographies des habitats, les principaux habitats présents dans la zone côtière entourant le tracé des câbles d'exportation ont été identifiés : fonds rocheux dominés par des macroalgues photophiles (MB1.51), prairies de *Posidonia oceanica* (MB2.54), sédiments infralittoraux grossiers (MB3.5), sables infralittoraux bien assortis (MB5.5 ; MB5.52) (Aliani et al., 1995) et boues terrigènes côtières (MC6.5). Les codes alphanumériques utilisés font référence à la convention de Barcelone et aux manuels du « Specially Protected Areas Regional Activity Centre (SPA/RAC) » (SPA/RAC-UN Environment/MAP, 2019 ; Montefalcone et al., 2021).

Les observations visuelles réalisées à l'aide d'un ROV montrent que la partie la plus superficielle du littoral, à environ -10 m, se caractérise par un fond sableux, où l'on observe peu de vie, à l'exception de quelques bernard-l'ermite et de quelques spécimens de *Mullus barbatus*. Ces sables infralittoraux constituent l'habitat le plus répandu dans la région et se caractérisent par une communauté oligotrophe bien reconnue, avec un nombre relativement faible d'espèces dominantes mais une grande diversité globale. Les sables infralittoraux sont souvent associés à des prairies de *Posidonia oceanica* et *de Cymodocea nodosa* (MB.2546), et les espèces qui les dominent sont des polychètes comme *Owenia fusiformis*, des bivalves comme *Spisula subtruncata*, ainsi que des gastéropodes, des échinodermes, des amphipodes, des isopodes, décapodes, tanaïdes, foronidés et poissons (PNUE, 2021). Cependant, aucun de ces éléments biologiques n'a été identifié lors des recensements visuels effectués à l'aide de ROV.

Figure 5-92 Transects ROV zone côtière



Source : Secteur côtier - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Le long du transect 01, des vidéos ont été enregistrées à une profondeur variant entre environ -10 et -4 m, le long de l'interface entre la zone sableuse sous-côtière et la zone rocheuse affleurante et les turfs algaux. On remarque que la transition entre la zone sableuse et la zone rocheuse affleurante n'est pas nette mais plutôt progressive ; à l'intérieur de la zone sableuse, on observe des irrégularités et des taches de couleur plus foncée liées à la présence de roches subaffleurantes probablement recouvertes de quelques centimètres de sable. La partie interne de la zone rocheuse est particulièrement articulée et riche en algues denses. Le transect 1bis se caractérise quant à lui par un fond sableux.

Avec le transect 02, des vidéos ont été enregistrées à une profondeur moyenne d'environ -23 m. Le substrat le long de ce transect est en grande partie recouvert d'un lit d'algues brunes, probablement appartenant au genre Cystoseira. À des profondeurs plus importantes, environ -23 m, le substrat est recouvert de fonds rocheux dominés par des macroalgues photophiles, variant en fonction de la limpidité de l'eau et de la pente du fond. La caractéristique distinctive de cet habitat est la prédominance des macroalgues par rapport aux invertébrés. La composition algale peut varier en fonction du mouvement de l'eau et du rayonnement lumineux, incluant des espèces telles que *Cystoseira spp., Cladophora pellucida, Padina pavonica et Flabellia petiolata* (Volpi & Benvenuti, 2009).

Au-delà de 40 m de profondeur, on trouve un autre habitat qui domine la partie la plus profonde de la zone côtière pour le projet Atis, les boues terrigènes côtières. Cette biocénose est dominée par des espèces alcyonacées arborescentes et pérennes, telles que les gorgones *Spinimuricea spp.* et les alcyonidés *Alcyonium palmatum* et *Paralcyonium spinulosum*, souvent associés à des espèces Holoturoidea (PNUE, 2021). Cependant, la seule espèce de gorgone identifiée lors du transect 3, à - 62 m, est vraisemblablement *Eunicella verrucosa,* qui apparaît en plusieurs colonies tout au long du transect. Malheureusement, en raison de la forte turbidité de l'eau, les images obtenues ne permettent que d'apercevoir plusieurs autres colonies de gorgones, mais empêchent toute identification. En raison de la nature hétérogène des fonds marins (boue, sable, gravier, débris organiques), des communautés riches et souvent très diversifiées peuvent se développer dans les boues terrigènes côtières, comprenant des polychètes infaunes, des siphonculidés, des échinodermes, des bivalves et des anémones fouisseuses telles que *Cerianthus sp*.

Le transect 04, réalisé à une profondeur de -55 m, montre une communauté complexe d'invertébrés, révélant la présence de certains individus de la famille des Sabellidae et d'échinodermes de divers types *Asteroidea* et *Stylocidaris affinis*, ainsi que la présence *d'Anthias anthias*, de porifères et de bryozoaires encroûtants d'importance biologique.

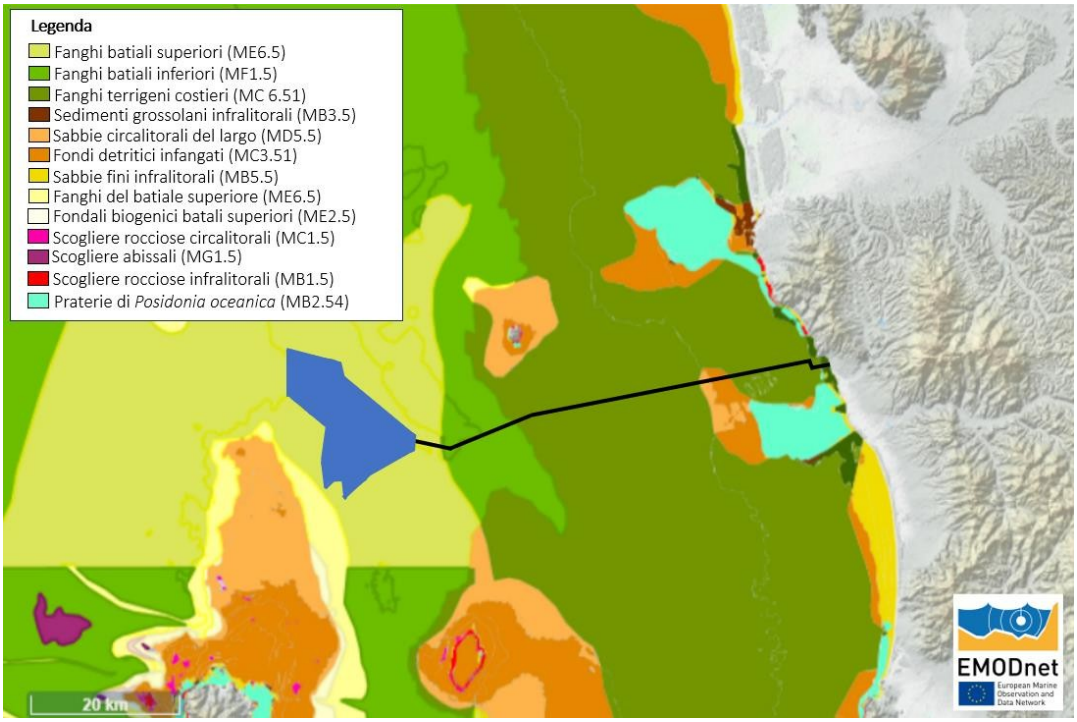
Pour plus d'informations sur les habitats identifiés, veuillez vous référer aux rapports : « Rapport sur les interférences possibles avec la flore et la faune marines à proximité de la côte (ATI-AMB-VIA-INTFLO-R11-00) » et « Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) ».

Les habitats ont été confirmés à l'aide de vidéos réalisées avec un ROV le long de 9 transects (Figure 5-92) conformément au décret ministériel du 24/01/96 et au décret législatif 152/2006 et aux lignes directrices de l'ISPRA ; en outre, des inspections ponctuelles ont été effectuées sur des cibles archéologiques spécifiques. Les inspections font état d'un fond marin principalement

sableux/limoneux, typique de l'habitat batial supérieur, caractérisé par des espèces sessiles, notamment *Isidella elongata, Funiculina quadrangularis, Parantipathes larix, Callogorgia verticillata* et Idrozoi, avec une présence notable d'octocoralliaires dans les zones archéologiques. La faune vagile comprend des crustacés, en particulier des crevettes près des vestiges archéologiques, et diverses espèces de poissons telles que *Trachurus trachurus, Pagellus spp., Conger conger et Helicolenus dactylopterus.* Le fond sableux est sporadiquement entrecoupé d'affleurements rocheux. La présence de nombreux filets de pêche abandonnés est également signalée.

Les relevés archéologiques effectués, d'un point de vue biologique, signalent la présence d'hydrozoaires et de crevettes à la surface de l'épave. En particulier, le site archéologique de l'épave de l'avion représente un hotspot de biodiversité, caractérisé par la présence de nombreuses espèces de Marepora oculata, Callogorgia verticellata, coraux noirs et autres espèces associées. Les filets de pêche emmêlés et abandonnés sont également très nombreux. Des informations complémentaires sont disponibles dans les rapports « Rapport sur les interférences possibles avec la flore et la faune marines à proximité de la côte (ATI-AMB-VIA-INTFLO-R11-00) » et « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) ».

Figure 5-93 Habitats présents dans la zone concernée par le projet



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R18-00), EMOdnet, 2024, réélaboration Université de Gênes

Outre la caractérisation de l'habitat à l'aide de SSS, MBES et vidéos réalisées avec ROV, des échantillonnages de sédiments ont été effectués afin de caractériser les communautés macro-benthiques. Dans la zone côtière, le prélèvement des matériaux a été effectué à l'aide d'une benne Van Veen dans 10 stations et les échantillons ont été prélevés à la fois pour la caractérisation de la communauté macro-bentique (3 réplicats par

chaque station) et pour les analyses chimiques, écotoxicologiques et microbiologiques (avec une réplique pour chaque station).

Les observations ont permis d'identifier les taxons suivants, présentés dans le tableau 5-31 : la communauté macrozoobentique est dominée par la classe des *Polychaeta*, qui représente 36 % de la diversité totale, avec des représentants des familles *Lumbrineridae, Spionidae, Eunicidae, Glyceridae, Capitellidae, Paraonidae, Onuphidae, Syllidae, Sternapsidae, Nephtyidae, Polynoidae, Maldanidae, Orbinidae, Nereididae, Phyllodocidae, Goniadidae, Aphroditidae*, suivis par *les Amphipoda* (22 %) et les *Bivalvia* (20 %). La station la plus abondante et la plus diversifiée est la station ST2, tandis que la moins diversifiée est la station ST10, la plus éloignée de la côte.

Tableau 5-31 Taxons observés dans les analyses de la communauté macrozoobenthosique dans les stations échantillonnées près du littoral

	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10
Nematoda	7,69	11,54	3,85	23,08	7,69	7,69	15,38	30,77	46,15	0,00
Phoronida	5,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostracoda	35,90	38,46	26,92	7,69	69,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amphipodes	282,05	719,23	430,77	23,08	453,85	15,38	7,69	7,69	23,08	7,69
Isopodes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00
Tanaidacea	220,51	446,15	180,77	76,92	0,00	30,77	7,69	0,00	7,69	0,00
Cumacea	5,13	3,85	3,85	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	7,69	7,69
Decapoda	7,69	3,85	3,85	0,00	0,00	7,69	15,38	0,00	23,08	7,69
Copépodes	0,00	0,00	0,00	46,15	15,38	23,08	69,23	0,00	23,08	0,00
Sipunculidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	15,38	38,46
Bivalves	71,79	400,00	461,54	169,23	546,15	61,54	38,46	0,00	69,23	0,00
Gastropodes	10,26	11,54	15,38	30,77	23,08	7,69	15,38	0,00	7,69	0,00
Magelonidae	56,41	42,31	23,08	15,38	92,31	100,00	76,92	15,38	69,23	15,38
Maldanidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nephtyidae	100,00	69,23	88,46	38,46	0,00	53,85	0,00	7,69	23,08	0,00
Paraonidae	2,56	23,08	0,00	7,69	23,08	30,77	138,46	61,54	200,00	7,69
Onuphidae	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Orbinidae	28,21	73,08	30,77	0,00	92,31	15,38	0,00	0,00	0,00	0,00
Polycheta ind.	12,82	23,08	26,92	15,38	53,85	38,46	15,38	38,46	15,38	23,08
Glyceridae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	7,69
Goniadidae	0,00	7,69	0,00	0,00	15,38	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69
Eunicidae	2,56	11,54	0,00	0,00	0,00	15,38	7,69	7,69	30,77	15,38
Capitellidae	0,00	0,00	3,85	46,15	0,00	0,00	7,69	23,08	0,00	0,00
Spionidae	33,33	38,46	57,69	53,85	169,23	38,46	7,69	23,08	46,15	0,00
Lumbrineridae	25,64	15,38	19,23	15,38	30,77	53,85	84,62	38,46	107,69	61,54
Phyllodicidae	2,56	3,85	7,69	0,00	15,38	0,00	0,00	15,38	7,69	0,00
Syllidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,38	0,00

	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10
Sigalionidae	2,56	3,85	11,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cirratulidae	0,00	3,85	3,85	0,00	30,77	0,00	0,00	7,69	0,00	30,77
Owenidae	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sternaspidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,77	0,00	0,00	0,00	0,00
Cossuridae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Pilargidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	0,00
Nereididae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	7,69	7,69	0,00
Polynoidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	7,69	0,00
Terebellidae s.l.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	7,69
Ophiuroïdes	0,00	0,00	3,85	0,00	38,46	0,00	7,69	7,69	76,92	7,69
Nemertea	0,00	11,54	15,38	0,00	7,69	7,69	7,69	0,00	15,38	0,00
Scaphopoda	0,00	3,85	0,00	0,00	61,54	7,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Platelminta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	0,00

Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (MES-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Dans le secteur offshore, l'échantillonnage des organismes appartenant à la communauté du macrozoobenthos a été effectué à l'aide d'un box-corer. Pour chaque station, trois réplications ont été effectuées (c'est-à-dire trois descentes du carottier) ; chacune d'entre elles a été tamisée à l'aide de tamis spéciaux d'une maille de 500 µm (limite inférieure de la taille du macrobenthos) ; après l'opération, le contenu a été conservé dans des bocaux d'un litre contenant de l'éthanol dans des proportions de 1:3.

Les observations ont permis d'identifier les taxons indiqués dans le tableau 5-32. La communauté macrozoobentique est dominée par la classe des *Polychaeta*, qui représente 56 % de la diversité totale, avec des représentants des familles *Lumbrineridae*, *Spionidae*, Eunicidae, Glyceridae, Capitellidae, *Paraonidae*, *Onuphidae*, *Syllidae*, *Sternapsidae*, *Nephtyidae*, *Polynoidae*, *Maldanidae*, *Orbinidae*, *Nereididae*, *Phyllodocidae*, *Goniadidae*, *Aphroditidae*, suivis par *les Nematoda* (47 % de la diversité totale) qui atteignent un pic de 24 ind./m^2 à la station ST12. En général, la station ST12 présente une plus grande diversité de taxons.

Tableau 5-32 Taxons observés dans les analyses de la communauté macrozoobenthosique dans les stations échantillonnées

	ST11	ST12	ST13	ST14	ST15
Nematoda	2,67	24,00	0,67	0,67	1,33
Amphipodes	4,00	2,67	1,00	0,33	1,33
Isopodes	1,33	0,00	0,00	0,00	1,33
Tanaidacea	1,33	1,33	0,00	0,00	0,00
Decapoda	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Sipunculidae	1,33	2,67	0,00	0,67	1,33
Bivalves	1,33	4,00	0,00	0,33	1,33
Maldanidae	0,00	1,33	1,00	0,00	0,00
Nephtyidae	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00

	ST11	ST12	ST13	ST14	ST15
Paraonidae	1,33	1,33	0,33	0,00	1,33
Onuphidae	4,00	5,33	3,33	1,67	1,33
Orbinidae	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Polychaeta	1,33	6,67	0,33	0,00	0,00
Glyceridae	1,33	6,67	0,00	0,00	0,00
Eunicidae	1,33	2,67	0,00	0,00	0,00
Capitellidae	0,00	2,67	0,00	0,33	1,33
Spionidae	0,00	6,67	0,67	0,00	0,00
Lumbrineridae	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00
Phyllodicidae	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00
Syllidae	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33
Ophiuroïdes	1,33	2,67	0,00	0,67	1,33
Nemertea	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Ensuite, la perturbation des communautés macrozoobentoniques a été classée à l'aide des indices AMBI et M-AMBI. L'indice AMBI exprime le degré de perturbation écologique en calculant la proportion entre les espèces sensibles, tolérantes et opportunistes présentes dans les échantillons. Il existe 5 niveaux possibles : absence de perturbation, perturbation légère, perturbation modérée, perturbation forte, perturbation extrême.

En ce qui concerne la section littorale, les résultats indiquent que toutes les stations sont classées comme « modérément perturbées » : cela signifie que la perturbation des organismes est homogène dans la zone considérée, mais n'atteint pas des niveaux plus extrêmes. Le calcul de l'indice M-AMBI a révélé un RQE (rapport de qualité écologique) « élevé » dans toutes les stations, à l'exception de la station ST4, où il est classé comme « bon ». Ainsi, la qualité écologique générale de la zone est excellente, avec seulement un léger écart. Les résultats de la section offshore indiquent que toutes les stations sont classées comme « légèrement perturbées », tandis que la station ST12 est « modérément perturbée ». Malgré cela, le calcul de l'indice M-AMBI a révélé un RQE « élevé » dans les stations ST11 et ST12, et « bon » dans les autres stations.

Enfin, au cours de la campagne de surveillance environnementale, une analyse de l'ADN environnemental (eDNA) a été effectuée sur 4 stations côtières (stations ST1, ST3, ST7 et ST9, Figure 5-54) et 4 stations offshore (stations ST11, ST12, ST14 et ST15 dans la Figure 5-55) afin de dresser une liste des espèces présentes dans la zone du projet. L'ADN environnemental de l'eau a été prélevé en filtrant 10 l d'eau (2 aliquotes de 5 l pour chaque station).

Tous les échantillons ont été prélevés, réfrigérés à bord, puis transportés au laboratoire conformément à la législation nationale (DM 24/01/96 et D.Lgs 152/2006) et aux directives ISPRA.

Les deux bases de données relatives au 18S et à la cytochrome oxydase I (COI) permettent d'obtenir deux descripteurs différents des communautés : grâce au 18S, il a été possible de classer les stations en fonction des espèces d'eucaryotes présentes, tandis qu'avec le gène mitochondrial, il a été possible de caractériser plus spécifiquement les stations en fonction des communautés ichtyologiques (réf. Par. 5.11.1.5).

Pour les stations côtières, les données de métabarcoding relatives au 18S dans la matrice eau montrent un niveau élevé de biodiversité dans toutes les stations avec une diversité alpha (indice de Shannon) élevée dans toutes les stations. L'analyse avec le marqueur 18S a permis d'identifier un total compris entre 53 et 66 espèces eucaryotes (la station ST9 présentant le plus grand nombre d'espèces répertoriées) qui ont été regroupées en 9 règnes contenant des espèces (appartenant à différents phyla, classes, ordres) principalement issues du phyto-/zooplancton.

Les alignements avec la base de données SILVA ont permis d'identifier des espèces animales appartenant principalement aux phyla Mollusca et Arthropoda. Une espèce non indigène (NIS) a également été identifiée, limitée à la station ST1 : l'arthropode *Pseudodiaptomus marinus* (phylum : Arthropoda ; classe : Maxillopoda ; ordre : Calanoida).

L'échantillon ST3, en ce qui concerne le marqueur 18s pour les communautés eucaryotes, n'a pas pu être amplifié et n'a donc pas été séquencé.

Certains indices de diversité alpha ont également été calculés, notamment l'indice de Shannon (qui représente le nombre total de taxons dans les échantillons et leur pourcentage) et l'indice de Simpson (qui caractérise la diversité et l'uniformité de la répartition des espèces au sein d'une communauté). Pour le marqueur 18S, l'indice de Simpson était supérieur à 6 dans toutes les stations, tandis que l'indice de Simpson était toujours supérieur à 0,9.

En ce qui concerne les stations offshore, les données de métabarcoding relatives au 18S dans la matrice eau montrent un niveau élevé de biodiversité dans toutes les stations avec une diversité alpha (indice de Shannon) élevée dans toutes les stations. L'analyse avec le marqueur 18S a permis d'identifier un total compris entre 16 et 36 espèces eucaryotes (la station ST11 présentant le plus grand nombre d'espèces répertoriées) qui ont été regroupées en 7 règnes contenant des espèces (appartenant à différents phylums, classes, ordres) principalement issues du phytoplancton et du zooplancton.

Les alignements avec la base de données SILVA ont permis d'identifier des espèces animales appartenant principalement aux phyla Annelida, Arthropoda et Echinodermata. Aucune espèce non indigène (NIS) n'a été identifiée dans la liste des espèces.

Pour le marqueur 18S, tous les indices de diversité alpha se sont révélés très élevés, indiquant un niveau élevé de diversité des espèces.

En conclusion, dans la zone côtière, la classe *Polychaeta* représente 36 % de la diversité totale, tandis que dans la zone offshore, cette même classe représente 56 % de la diversité totale. Les données de métabarcoding relatives au 18S dans la matrice eau montrent un niveau élevé de biodiversité dans toutes les stations avec une diversité alpha (indice de Shannon) élevée dans toutes les stations. Une seule espèce non indigène a été identifiée, limitée

à la station ST1 : l'arthropode *Pseudodiaptomus marinus* (phylum : Arthropoda ; classe : Maxillopoda ; ordre : Calanoida).

Les relevés biologiques effectués dans la zone côtière et offshore ont mis en évidence un fond principalement sableux/limoneux, typique de l'habitat des boues batiales. Le fond sableux est sporadiquement entrecoupé d'affleurements rocheux. On signale également la présence de nombreux filets de pêche abandonnés. Dans la zone côtière, de vastes zones de *beachrock* reliques ont également été identifiées.

D'après le calcul de l'indice AMBI, les stations côtières sont classées comme « modérément perturbées », tout comme la station offshore ST15, tandis que les autres stations offshore sont classées comme « légèrement perturbées ». Le calcul de l'indice M-AMBI a mis en évidence un RQE (rapport de qualité écologique) « élevé » dans toutes les stations côtières, à l'exception de la station ST4, où le RQE est « bon ». Dans la section offshore, le RQE entre dans la catégorie « élevé » dans les stations ST11 et ST12, tandis qu'il entre dans la catégorie « bon » pour les autres.

Enfin, l'analyse de l'ADN environnemental sur les échantillons d'eau a révélé des niveaux élevés de biodiversité dans toutes les stations, avec de légères différences.

Pour plus de détails, veuillez vous référer au rapport « Secteur côtier - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) » et au rapport « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) ».

5.11.1.2 Plancton

Le plancton est l'ensemble des organismes aquatiques qui vivent en flottant dans la colonne d'eau et qui ne peuvent pas donner une direction directe à leur mouvement. Le plancton peut être divisé en phytoplancton (organismes végétaux) et zooplancton (organismes animaux), et en fonction de leur taille en :

- le femtoplancton (0,02 - 0,2 µm), constitué de virus et de bactéries ;
- picoplancton (0,2 - 2 µm), comprenant les bactéries, les cyanobactéries et les prochlorophytes ;
- nanoplancton (2 à 10 µm), comprenant les phytoflagellés, les choanoflagellés, les dinoflagellés et les ciliés ;
- microplancton (10 – 200 µm), comprenant les diatomées, les tintinnidés, les dinoflagellés, les radiolaires, les ciliés, les larves et les œufs de métazoaires ;
- le mésoplancton (0,2 à 20 mm), constitué de crustacés tels que les copépodes, les euphasiacés et les cladocères ;
- le macroplancton (2 à 20 cm), composé de méduses ;
- le mégaplancton (20– 200 cm) comprend les méduses et les colonies de tuniciers.

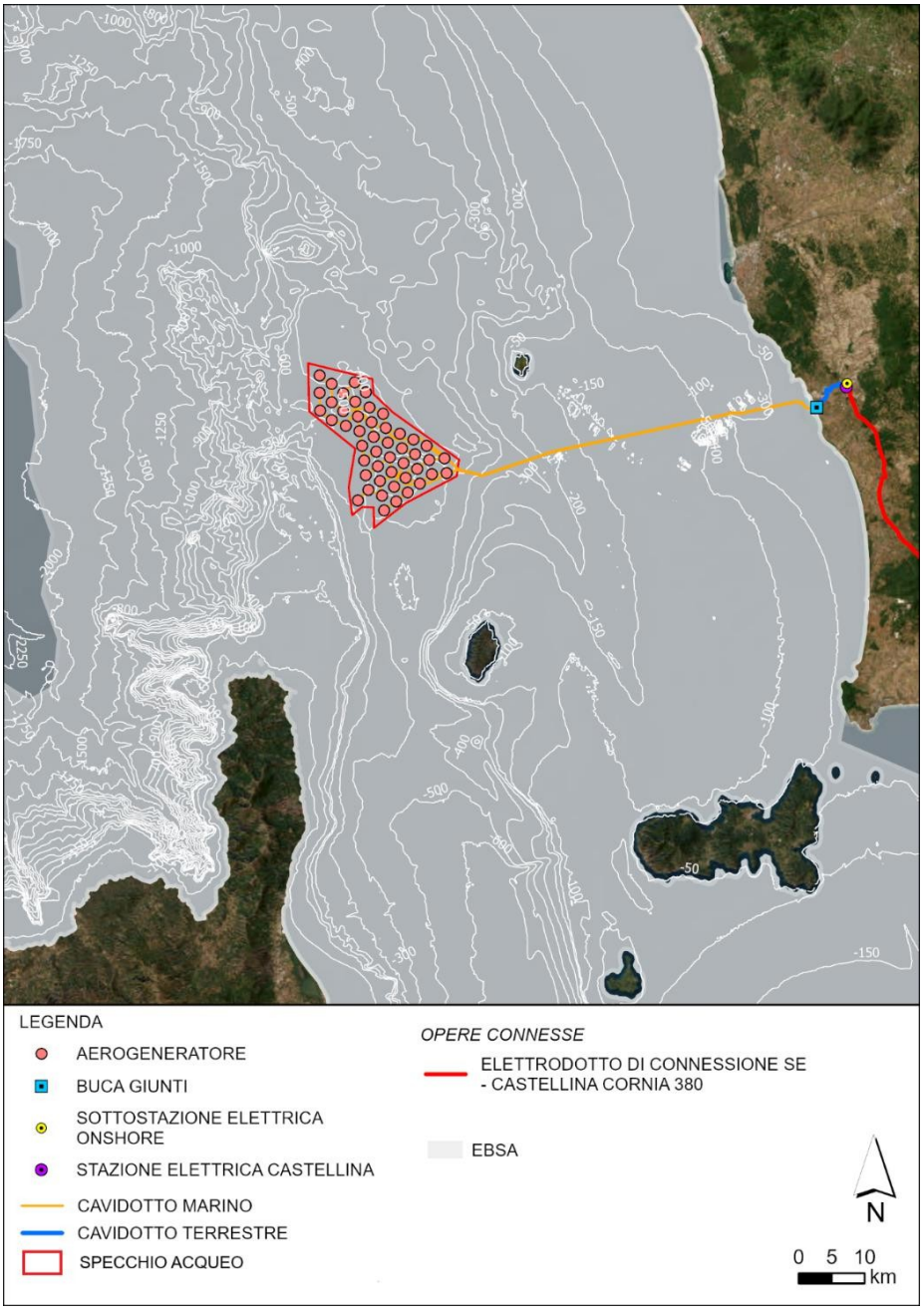
La mer Tyrrhénienne a une superficie de 203 000 km^2et sa zone centre-sud est caractérisée par une plaine abyssale (-43 000 m de profondeur). La configuration hydrographique identifie une couche supérieure d'eau d'origine atlantique (Modified Atlantic Water, eau atlantique modifiée) dans les 200 m les plus élevés. Une couche sous-jacente (-200/-700 m) est occupée par l'eau intermédiaire levantine (LIW), tandis que l'eau profonde de la Méditerranée occidentale (WMDW) caractérise la colonne d'eau de -700 m jusqu'au fond marin (Hopkins, 1988 ; Astraldi et Gasparini, 1994 ; Sparnocchia *et al.*, 1999). La couche superficielle se caractérise par une grande variabilité saisonnière des courants qui induisent un mélange guidé par le vent en hiver

et une forte stratification en été. Ces deux conditions déterminent les régimes trophiques saisonniers, avec une oligo-mésotrophie principalement au printemps et une oligotrophie en été (Decembrini *et al.*, 2008).

La caractérisation environnementale de la zone élargie la place au sein de deux zones EBSA[22] (c'est-à-dire Ecologically or Biologically Significant Areas) (Figure 5-94) : « Écosystèmes benthiques du nord-ouest de la Méditerranée » et « Écosystèmes pélagiques du nord-ouest de la Méditerranée ». La première zone se trouve au large des côtes de l'Italie, de Monaco, de la France et de l'Espagne, la seconde s'étend du sud des îles Baléares à la mer Ligure, incluant le golfe du Lion et une partie de la mer Tyrrhénienne. Dans le premier cas, nous trouvons une zone caractérisée par une grande variété d'habitats et une biodiversité importante, vulnérables et peu résilients. Dans le second cas, la zone se caractérise par un ensemble de caractéristiques géomorphologiques et océanographiques qui lui permettent d'abriter différentes espèces de mammifères marins. En outre, la deuxième EBSA comprend également le sanctuaire Pelagos, plusieurs SPAMI et IBA. Pour plus de détails sur l'EBSA, voir le paragraphe 5.12.3.3.

22 https://www.cbd.int/ebsa/ (2024)

Figure 5-94 Localisation des EBSA avec un accent particulier sur la mer Tyrrhénienne



Source : EBSA, 2024

5.11.1.3 *Phytoplancton*

Le phytoplancton est composé d'une fraction de taxons végétaux unicellulaires qui peuplent la colonne d'eau. Leurs pigments photosynthétiques sont capables de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique grâce à la photosynthèse chlorophyllienne, c'est pourquoi on les appelle également organismes autotrophes. Cependant, certaines espèces sont également capables d'utiliser des composés organiques dissous dans la colonne d'eau comme source d'énergie et sont alors définies comme des organismes mixotrophes ou autotrophes facultatifs. Le plancton végétal est principalement composé d'espèces d'organismes unicellulaires qui constituent les principaux producteurs primaires des écosystèmes aquatiques. Étant à la base des chaînes trophiques marines, ils garantissent un flux constant d'énergie entre les différents niveaux. Plus de 90 % de la production primaire annuelle dans le milieu marin est assurée par les organismes microphytoplanctoniques, qui jouent un rôle concret dans le recyclage de l'oxygène, des nutriments et surtout du carbone, tant au niveau mondial qu'écosystémique. Grâce au processus de photosynthèse, ils génèrent environ 50 % de l'oxygène terrestre total (D'Alelio, 2020) et représentent les principaux producteurs des écosystèmes marins. Les espèces phytoplanctoniques, en plus d'être unicellulaires, ont des cycles de vie courts et, pour ces raisons, réagissent rapidement aux changements des paramètres chimiques, physiques et biologiques de l'environnement.

Le long des côtes toscanes, où se trouve l'Area Vasta, la présence de phytoplancton est mesurée à travers sa biomasse, en fonction de la quantité de chlorophylle mesurée en surface et prise en compte dans la composition de l'indice TRIX (état trophique). La chlorophylle a est un indicateur primaire de la biomasse phytoplanctonique et est sensible aux variations des niveaux trophiques déterminés par les apports en nutriments (par exemple N et P). La disponibilité de ces nutriments, sous leur forme minérale dissoute, produit une réponse de l'écosystème en termes d'augmentation de la production primaire. Le rôle fondamental du paramètre chlorophylle a consiste à documenter cette augmentation. Plus les niveaux de chlorophylle a sont élevés, plus la biomasse phytoplanctonique sera importante. Dans ce cas, il convient de se référer aux rapports de qualité écologique (RQE) mais aussi aux valeurs absolues, exprimées en mg/m^3 de concentration de chlorophylle a. Les eaux côtières de la Toscane ont été divisées en 16 masses d'eau, homogènes entre elles en termes de caractéristiques morphologiques, hydrologiques et bathymétriques. Chacune d'entre elles a été classée en fonction des pressions environnementales présentes et a donc fait l'objet d'une surveillance opérationnelle ou d'un contrôle. Pour chaque masse d'eau, 19 stations[23] ont été mises en place.

Une quantité élevée de phytoplancton entraîne des « proliférations d'algues », qui consistent précisément en une augmentation de la biomasse ; cet événement perturbe considérablement l'écosystème, avec la production d'un excédent de matière organique qui peut servir de substrat à la croissance de la communauté microbienne et à la consommation de nutriments au détriment d'autres espèces, provoquant des déséquilibres dans l'ensemble de la communauté aquatique. À l'inverse, une faible quantité de phytoplancton a des répercussions inverses, à savoir moins de biomasse et moins de production de

23https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/acque-marine-e-costiere/qualita-delle-acque-marino-costiere/stato-ecologico/fitoplancton/fitoplancton#dati (2019)

nutriments nécessaires pour maintenir un niveau élevé de biodiversité. Un bon état écologique implique une composition et une abondance équilibrées du phytoplancton, aussi proches que possible des conditions naturelles.

Figure 5-95 EQB relatifs à l'indice de biomasse phytoplanctonique (chlorophylle a) et classe de qualité écologique correspondante - Année 2019

Corpo idrico	Stazione	Chl *a* (mg/m³)	RQE	Chl *a* (mg/m³)	RQE	Stato
Costa Versilia	Marina di Carrara	0.7	1.00	0.7	1.00	E
Costa del Serchio	Nettuno	1.0	0.89	1.0	0.89	E
Costa Pisana	Fiume Morto	2.0	0.45	2.0	0.45	S
Costa Livornese	Antignano	0.3	1.00	0.3	1.00	E
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0.7	1.00	0.7	1.00	E
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	0.7	1.00	0.7	1.00	E
Costa Piombino	Salivoli	0.5	1.00	0.5	1.00	E
Costa Follonica	Carbonifera	0.3	1.00	0.3	1.00	E
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0.5	1.00	0.5	1.00	E
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0.5	1.00	0.5	1.00	E
Costa Uccellina	Cala di Forno	0.6	1.00	0.6	1.00	E
Costa Albegna	Foce Albegna	0.6	1.00	0.6	1.00	E
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	0.1	1.00	0.1	1.00	E
Costa Burano	Ansedonia	0.3	1.00	0.3	1.00	E
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0.1	1.00	0.30	1.00	E
	Elba Sud	0.5	1.00			
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0.1	1.00	0.10	1.00	E
	Capraia	0.0	1.00			
	Montecristo	0.1	1.00			

Source : ARPAT, 2019

En analysant l'historique de la densité phytoplanctonique (1997-2004), les valeurs moyennes de densité atteignent leur pic en juin, avec 292 878 cellules/L, et leur minimum en automne-hiver. Toujours au cours de la même période, en examinant les masses d'eau, on constate que les stations situées dans les zones les plus septentrionales (côte de la Versilia, côte du Serchio, côte de Pise) présentent une concentration plus élevée de phytoplancton, comme le confirment également les dernières mesures.

Dans les eaux du littoral toscan (jusqu'à 500 m du rivage), la densité cellulaire peut varier au cours de l'année de 10^3 à 10^5 cellules/L, selon la saison et la disponibilité trophique du système. Dans les stations proches des embouchures des fleuves, ou en tout cas influencées par leur présence (fleuves Arno, Serchio et Nettuno), on observe des concentrations plus élevées (10^5 -10^6 cellules/L) et, à la fin du printemps, des proliférations de forte densité (jusqu'à $7*10^6$ cellules/L). La distribution spatio-temporelle de la communauté phytoplanctonique côtière montre, dans tous les points examinés, que les concentrations élevées sont essentiellement dues à la présence de phytoflagellés (seuls ou avec des diatomées) et atteignent leur maximum à la fin du printemps-début de l'été, probablement en raison de la concomitance de conditions favorables en termes de température et d'ensoleillement. Les diatomées sont plus abondantes en avril-mai, en raison d'une plus grande disponibilité en nutriments, tandis que les dinoflagellés, toujours assez rares, atteignent leur maximum en été. La distribution spatiale est divisée entre une zone au nord et une zone au sud de Livourne. La côte de la Versilia, avec le fleuve Serchio, et celle de Pise, qui sont influencées par d'importants apports fluviaux, ont présenté au fil des ans des concentrations algales supérieures à un million de cellules/L, avec des proliférations de *Skelenotema costatum et d'Asterionellopsis glacialis*, espèces favorisées par l'eutrophisation de l'environnement (Région Toscane - ARPAT, 2009).

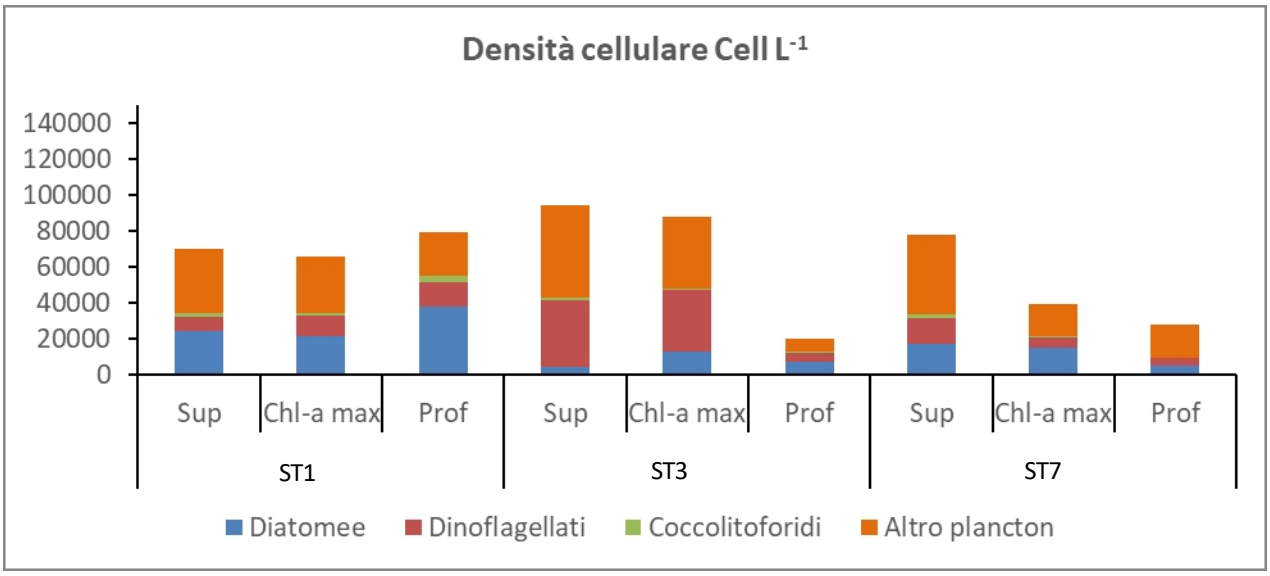
Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Pour le comptage et l'identification des organismes appartenant au phytoplancton présents dans les échantillons, 250 ml d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille Niskin lors des campagnes de surveillance environnementale menées dans la zone côtière et offshore, entre juin et juillet 2024. Les échantillons ont été fixés avec du formaldéhyde (37 %) neutralisé avec du tétraborate de sodium (concentration finale 0,74 %), conservés dans des flacons sombres, puis observés au microscope optique après sédimentation, selon les méthodologies standard (Zingone *et al.*, 2010). À partir du volume initial de 250 ml, convenablement mélangé, un sous-échantillon de 10 ml a été mis en sédimentation, puis observé au microscope optique inversé Zeiss IM35 (grossissement 400×). On a ensuite procédé à l'observation de la zone de sédimentation par champs visuels, en comptant jusqu'à un nombre de cellules jugé représentatif (Zingone *et al.*, 2010). Pour la détermination taxonomique, on a utilisé les textes indiqués dans Zingone *et al.* (2010). L'indice de diversité de Shannon (H') a été calculé pour chaque échantillon en utilisant les taxons déterminés au niveau de l'espèce ou du genre.

À partir des observations, des taxons (à différents niveaux de détermination) appartenant aux diatomées, aux dinoflagellés et aux coccolithophores ont été identifiés. Des nanoflagellés appartenant à d'autres classes telles que *Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae, Cyanophyceae, Raphidopyceae, Katablepharidophyceae, Litostomatea* et d'autres indéterminés et/ou de classification systématique incertaine, appelés Flagellés non identifiés et autres, ont également été identifiés.

Les densités cellulaires totales observées dans les trois stations d'échantillonnage côtières sont résumées dans la figure 5-96. Les valeurs de densité cellulaire ont varié entre un minimum de 19 951 cellules L^{-1} en profondeur à la station ST3 et un maximum de 94 358 cellules L^{-1} en surface à la station ST3. Les stations ST1 et ST3 présentent une densité cellulaire globalement plus élevée que la station ST7.

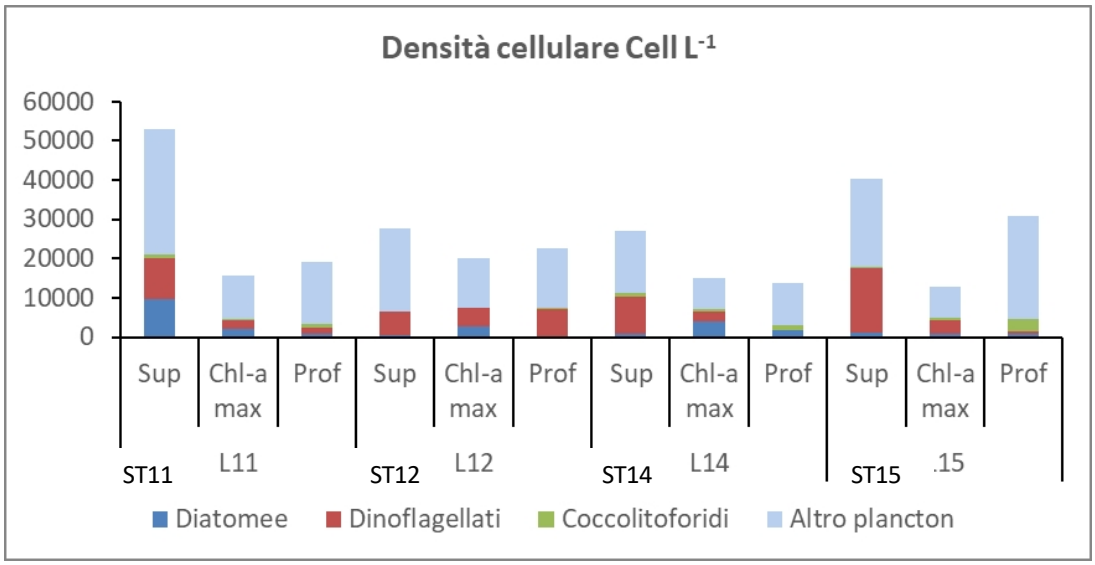
Figure 5-96 Densités cellulaires totales (cellules $^{L-1}$) réparties entre les principales classes de populations phytoplanctoniques dans les trois stations côtières étudiées.



Source : Secteur Nearshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Les densités cellulaires relevées dans les quatre stations d'échantillonnage offshore sont résumées dans la figure 5-97. Les valeurs de densité cellulaire ont montré une variation comprise entre un minimum de 12 938 cellules L^{-1} à la profondeur intermédiaire de la station ST15 (conforme à la profondeur de la station d'échantillonnage, soit environ -430 m) et un maximum de 52 912 cellules L^{-1} (à la profondeur superficielle) à la station ST11, soit la station la moins profonde échantillonnée (-136 m).

Figure 5-97 Densité cellulaire totale (cellules $^{L-1}$).
Répartie entre les principales classes de populations phytoplanctoniques dans les trois stations étudiées



Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En conclusion, dans la zone côtière, les valeurs de densité cellulaire ont varié entre un minimum de 19 951 cellules L^{-1} en profondeur à la station ST3 et un maximum de 94 358 cellules L^{-1} en surface à la station ST3. Les valeurs de densité cellulaire dans la zone offshore ont quant à elles varié entre un minimum de 12 938 cellules L-1 à la profondeur intermédiaire de la station ST15 et un maximum de 52 912 cellules L^{-1} à la profondeur de surface de la station ST11.

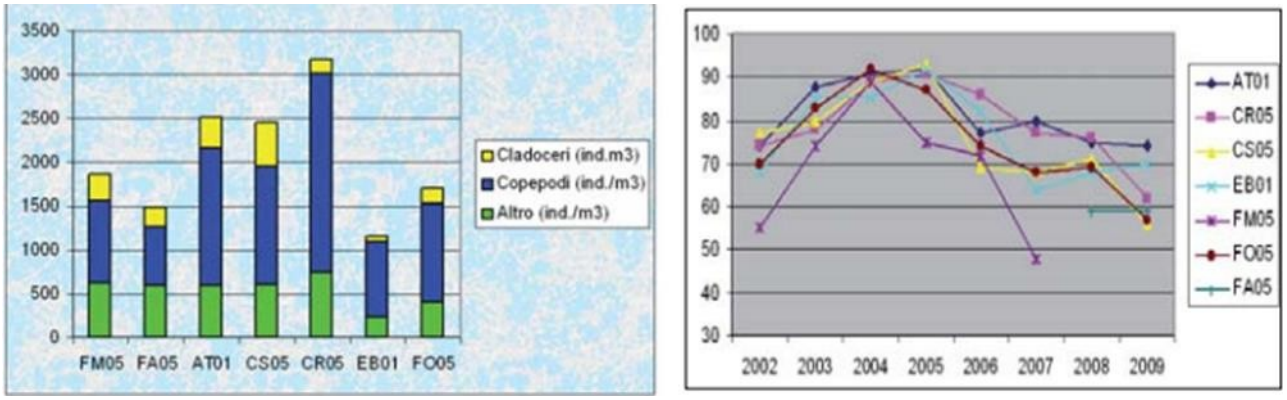
Pour plus de détails, veuillez vous reporter à l'annexe « Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) » et à l'annexe « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) ».

5.11.1.4 Zooplancton

Le zooplancton est l'ensemble des organismes animaux qui composent le plancton. Il est constitué d'une grande variété de phylums zoologiques et se caractérise par une grande biodiversité. Les organismes unicellulaires hétérotrophes qui composent le zooplancton sont les protozoaires ciliés et flagellés, les foraminifères, les radiolaires, tandis que les organismes multicellulaires qui composent le zooplancton sont de nombreux phyla zoologiques tels que les crustacés, les mollusques, les échinodermes, les cnidaires, les tuniciers et les poissons, dont certains sont uniquement marins comme les chétognathes et les cténophores. Le zooplancton représente un maillon clé dans le transfert d'énergie du compartiment autotrophe du phytoplancton vers les carnivores, qui occupent les niveaux supérieurs des chaînes trophiques. La régénération de l'azote par l'excrétion du zooplancton contribue à soutenir la production de bactéries et de phytoplancton. Les microbes colonisent les boulettes fécales zooplanctoniques et les carcasses d'organismes zooplanctoniques, ce qui en fait des sources riches en carbone organique pour les détritivores. Le zooplancton soutient donc également la communauté microbienne avec des boulettes fécales, des carcasses, etc., qui descendent lentement vers le fond marin, soutenant ainsi différentes communautés benthiques. Le zooplancton joue également un rôle fondamental dans la production de matière organique particulaire et dissoute transférée aux décomposeurs, qui à leur tour libèrent des nutriments assimilables par les microalgues et les bactéries. Le zooplancton contribue donc activement aux cycles du carbone, du phosphore et de l'azote. Compte tenu du rôle écologique fondamental que joue le zooplancton dans les écosystèmes marins, il est utilisé dans l'évaluation de l'état de la qualité environnementale (Weber *et al.* 2010) et considéré comme un indicateur des changements de l'écosystème (Hooff et Peterson, 2006 ; Valdés *et al.* 2004, Valdés *et al.* 1998).

En ce qui concerne le zooplancton le long des côtes de la Toscane, où se trouve l'Area Vasta, entre 2002 et 2009, environ 350 espèces de zooplancton ont été enregistrées.

Figure 5-98 Données moyennes de concentration du zooplancton par station surveillée (à gauche) et évolution temporelle du zooplancton au cours des années d'échantillonnage (à droite). FM = embouchure du Morto, FA = embouchure de l'Arno, AT = Antignano, CS = Castagneto, CR = Carbonifera, EB = Elba, FO = embouchure de l'Ombrone.



Source : ARPAT – Région Toscane, 2009

Toutes les stations ont enregistré un pic en 2004 ou 2005, mais la concentration des individus a ensuite diminué de manière assez marquée en 2006. La situation semble rester assez stable en 2007 et 2008. En poursuivant ce type d'activité dans les années à venir, il sera possible d'obtenir des séries chronologiques qui pourraient permettre de mieux comprendre les fluctuations de l'abondance et de la diversité du mésozooplancton des eaux côtières, ainsi que de mettre en évidence d'éventuelles variations qui pourraient se produire, par exemple, à la suite des effets du changement climatique. En outre, une étude systématique approfondie permet d'obtenir des informations importantes sur les variations de la composition des espèces ou sur la présence d'espèces non observées auparavant : par exemple, *Parvocalanus crassirostris*, observé sporadiquement dans les stations du nord en novembre-décembre, ou *Metacalanus acutioperculum*, également sporadique de septembre à novembre, *Bestiolina sp*. trouvé uniquement à Antignano et Fiume Morto en septembre 2003, *Distioculus minor* et *Pseudodiaptomus marinus*, toutes espèces non encore répertoriées dans les listes de contrôle des mers toscanes (Région Toscane - ARPAT, 2009).

Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Au cours de la campagne de surveillance de l'état géophysique et environnemental menée entre juillet et juin pour les zones côtières offshore, l'analyse des eaux a été effectuée à l'aide d'un échantillonneur Niskin. L'échantillonnage du zooplancton a été effectué dans 3 stations côtières : ST1, ST3 et ST7, tandis que pour la zone offshore, il a été effectué dans 4 stations : ST11, ST12, ST14 et ST15.

Le zooplancton a été prélevé en descendant un filet à mailles de 200 µm le long de la colonne d'eau jusqu'au fond ; celui-ci est équipé d'un débitmètre analogique permettant de calculer le volume d'eau filtré et de normaliser le nombre d'organismes zooplanctoniques trouvés.

Pour la zone littorale, les taxons suivants ont été identifiés, comme indiqué dans le tableau 5-33 La communauté zooplanctonique est dominée par les cladocères, les copépodes calanoïdes, les larves d'ophiuroïdes et les radiolaires, qui représentent respectivement 77 %, 10 %, 8 % et 4 % de l'ensemble de la communauté.

Tableau 5-33 Taxons relevés dans les analyses de la communauté zooplanctonique sur les stations considérées, exprimés en nombre d'individus/m3.

	ST1	ST3	ST7
Copépodes calanoïdes	**106,12**	**15,46**	**31,89**
Copépodites	0,00	0,00	0,99
Copépodes cyclopoïdes	2,72	0,91	0,99
Cladocères	**957,82**	**109,94**	**109,07**
Appendicularia	15,42	0,79	0,87
Amphipodes	0,00	0,00	0,00
Radiolaires	**40,82**	**9,50**	**11,17**
Ascidiacé	0,00	0,00	0,00
Astéroïdes	0,00	0,00	0,00
Bivalves	0,00	0,12	0,00
Bryozoaires	0,00	0,00	0,00
Chaetognatha	0,00	0,43	1,74
Cirripedia - Cipris/Nauplio	0,00	0,00	0,00
Cnidaria - Ephyra	0,00	0,00	0,00
Cnidaria - Médusoïde	0,00	0,00	0,00
Ctenophora	0,00	0,00	0,00
Decapoda	0,00	0,00	0,00
Euphausiacea	0,00	0,00	0,00
Larves d'Euphausiacea	0,91	0,00	0,00
Gastropodes	0,00	0,06	0,25
Holothuroïdes	0,00	0,00	0,00
Isopoda	0,00	0,00	0,00
Larve de crustacé décapode	0,00	0,30	0,50
Malacostraca	0,00	0,00	0,00
Mysidacés	0,00	0,00	0,00
Ophiuroïdes	0,00	0,00	0,00
Larves d'Ophiuroidea	**101,59**	**9,19**	**5,34**
Ostracodes	0,00	0,00	0,00
Larves de poissons	0,00	0,00	0,00
Œufs de poissons	0,91	0,24	0,50
Polychaeta	0,00	0,00	0,00
Pteropoda	0,00	0,00	0,00
Scaphopodes	0,00	0,12	0,12
Siphonophores	0,00	0,00	0,00
Sacs ovigères	0,00	0,00	0,00
Tunicata	0,00	0,00	0,00

Source : Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

Pour la zone offshore, en revanche, les taxons suivants ont été identifiés, comme indiqué dans le tableau 5-34. La communauté zooplanctonique est dominée par les copépodes calanoïdes, qui représentent 13 % de l'ensemble de la communauté. Les stations ST14 et ST15, plus profondes et plus éloignées de la côte, sont les moins abondantes.

Tableau 5-34 Taxons relevés dans les analyses de la communauté zooplanctonique sur les stations considérées, exprimés en nombre d'individus/m3.

	ST11	ST12	ST14	ST15
Copépodes calanoïdes	**52,49**	**47,15**	**17,00**	**11,29**
Copépodites	0,00	0,00	0,00	0,00
Copépodes cyclopoïdes	2,98	6,95	2,98	0,74
Cladocères	9,18	19,36	5,21	1,36
Appendicularia	0,74	2,48	0,74	0,12
Amphipodes	0,25	0,37	0,00	0,00
Radiolaires	1,74	7,57	2,48	2,73
Ascidiacea	0,00	0,00	0,00	0,00
Astéroïdes	0,00	0,00	0,00	0,00
Bivalves	0,00	0,12	0,00	0,00
Bryozoaires	0,00	0,00	0,00	0,00
Chaetognatha	0,50	3,97	0,74	0,25
Cirripedia - Cipris/Nauplio	0,00	0,00	0,00	0,00
Cnidaria - Ephyra	0,00	0,00	0,00	0
Cnidaria - Médusoïde	0,00	0,00	0,00	0,12
Ctenophora	0,00	0,00	0,00	0,00
Decapoda	0,00	0,00	0,00	0,00
Euphausiacea	0,00	0,00	0,00	0,00
Larves d'Euphausiacea	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastropodes	0,00	0,74	0,12	0,00
Holothuroïdes	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	0,00	0,00	0,00	0,00
Larve de crustacé décapode	1,24	0,50	0,00	0,25
Malacostraca	0,00	0,00	0,00	0,00
Mysidacés	0,00	0,00	0,00	0,00
Ophiuroïdes	0,00	0,00	0,00	0,00
Larves d'Ophiuroidea	5,96	7,69	0,62	0,37
Ostracodes	1,61	0,00	0,00	0,12
Larves de poissons	0,00	0,00	0,00	0,00
Œufs de poissons	0,00	0,37	1,12	0,37
Polychaeta	0,00	0,12	0,12	0,00
Pteropoda	0,00	0,00	0,00	0,00
Scaphopodes	0,00	0,12	0,00	0,62
Siphonophora	0,12	3,23	2,48	0,00
Sacs ovigères	0,00	0,00	0,00	0,00
Tunicata	0,37	0,62	1,24	0,00

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

En conclusion, dans la zone côtière, lors de la campagne de surveillance de l'état géophysique et environnemental, il a été mis en évidence que la communauté zooplanctonique est dominée par les cladocères, les copépodes calanoïdes, les larves d'ophiuroïdes et les radiolaires, qui représentent respectivement 77 %, 10 %, 8 % et 4 % de l'ensemble de la communauté. Dans la zone offshore, en revanche, la communauté zooplanctonique est dominée par les copépodes calanoïdes, qui représentent 13 % de l'ensemble de la communauté.

Pour plus de détails, veuillez vous reporter à l'annexe « Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) » et à l'annexe « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) ».

5.11.1.5 Ictyofaune

Les données secondaires relatives à la composante ichtyofaune se sont concentrées sur la sous-zone géographique (GSA) 09, où se trouve la quasi-totalité de l'empreinte du projet. Des documents relatifs à la littérature scientifique et grise la plus récente (travaux publiés, littérature grise, bases de données, plans de gestion nationaux et locaux et toutes les informations connues et récupérables) ont été consultés.

La Commission générale des pêches pour la Méditerranée (CGPM) a divisé la mer Méditerranée en sous-zones géographiques (GSA), définies sur la base d'aspects juridiques, géographiques et environnementaux. La zone Vasta se trouve principalement dans la GSA 09 « Mer Ligure et Tyrrhénienne centre-nord » et, dans une moindre mesure, dans la partie sud-ouest de la zone relevant de la GSA 08 « Corse ».

La pêche dans la GSA 09 se caractérise par la présence de bateaux appartenant aux segments de la petite pêche et de la pêche polyvalente et, malgré la présence de flottes historiquement dédiées à la pêche au chalut et à la pêche à la senne, leur poids sur l'économie halieutique locale et nationale s'avère plutôt limité. Avec la GSA 10, la GSA 09 est en effet la zone où la petite pêche a le plus d'impact, en termes numériques, sur l'ensemble de la flotte (72 % du total, contre 66 % au niveau national). Confirmant le caractère artisanal du secteur, les bateaux toscans et liguriens sont en moyenne nettement plus petits que ceux de la flotte nationale (7,5 tonnes contre 13).

Le plan de gestion de la GSA 09 propose de nouvelles zones interdites à la pêche, qui s'ajoutent aux zones de protection biologique (ZTB) existantes. Les nouvelles zones ont été identifiées à l'intérieur des zones de reproduction indiquées dans le plan et les plans précédents de la GSA 09, dans le but d'appliquer la réglementation de la pêche dans ces zones non seulement aux engins de pêche de fond tels que les chaluts, mais aussi à tous les engins opérant sur le fond. La proposition de création de nouvelles ZTB découle des évaluations de l'état d'exploitation des stocks, qui ont mis en évidence la nécessité de mettre en œuvre des mesures de réduction de la mortalité par pêche basées sur la réglementation spatiale de l'activité de pêche. De plus amples informations sont fournies au paragraphe 5.15.4.

Environ 300 espèces ont été enregistrées grâce aux projets de pêche menés dans la zone Vasta par l'ARPAT et la Région Toscane en 2009, entre le plan abyssal et le plan pélagique.

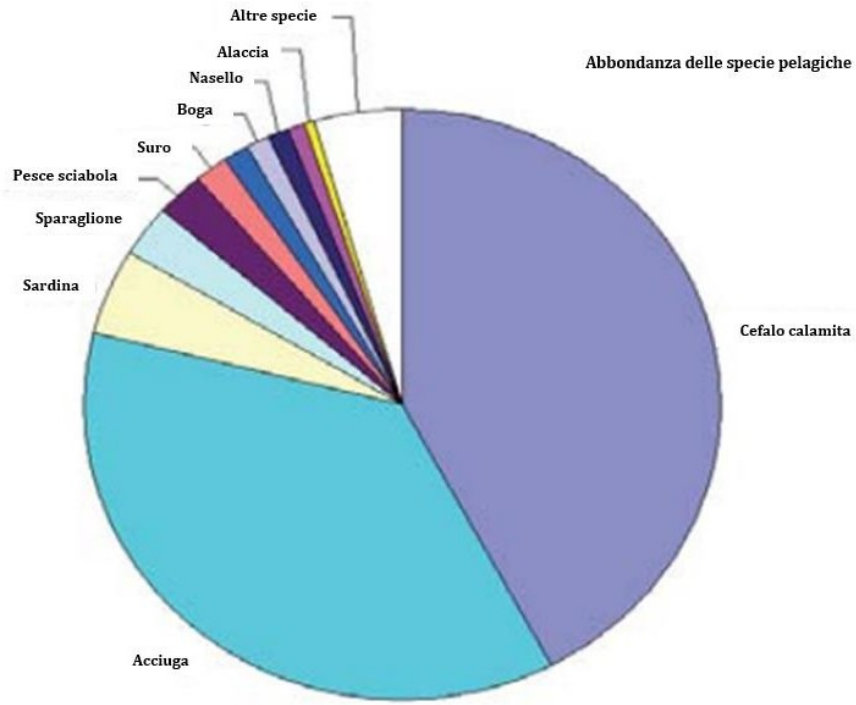
Au total, 60 espèces ont été capturées dans le cadre de la campagne abyssale. Parmi celles-ci, une dizaine peuvent être considérées comme caractéristiques de l'environnement abyssal. Au total, avec l'apport des captures

Au cours de la campagne abyssale, environ 20 espèces ont été ajoutées, qui ne figuraient pas dans les listes faunistiques des projets précédents. Il convient d'approfondir la question des poissons osseux appartenant aux espèces *Mora moro* et *Lepidion lepidion*, car ces espèces figuraient dans les listes faunistiques des projets de pêche scientifique démersale, mais les quantités capturées ont été, en plus de vingt ans de recherche, négligeables (pas plus de deux ou trois individus au total). Avec le projet abyssal, en revanche, ces espèces ont été capturées dans toutes les criques en quantités plus importantes (141 individus de *L. lepidion* pour un total d'environ 5 kg, 46 individus de *M. moro* pour un total d'environ 20 kg). Les individus capturés représentent différentes classes de taille et d'âge, ce qui démontre que ces espèces sont représentatives de l'environnement pélagique et ont des populations structurées à grande profondeur. La capture de la crevette rouge (*Aristeus antennatus*) à grande profondeur a également montré des caractéristiques « nouvelles » par rapport aux captures habituelles effectuées dans le cadre d'autres projets (Serena F. *et al.*, 2008). En effet, à grande profondeur (cette espèce a été principalement capturée entre -900 et -1200 mètres dans le cadre du projet abyssal), ce sont principalement des jeunes et des mâles de crevette rouge qui ont été capturés.

Les espèces les plus abondantes capturées dans le cadre du projet sont, dans l'ordre : *Lepidion lepidion, Cymbulia peronii, Alepocephalus rostratus et Galeus melastomus.*

En ce qui concerne le projet pélagique, les espèces qui constituent le poisson bleu, entendu comme catégorie commerciale, ont tendance à se regrouper et à effectuer des migrations saisonnières, passant toute leur vie dans le milieu pélagique. L'anchois (*Engraulis encrasicholus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*) sont les espèces traditionnellement les plus connues, pêchées en plus grande quantité et donc les plus commercialisées. La sardine est peut-être l'une des espèces commerciales les plus importantes de la Méditerranée. Le maquereau (*Scomber scombrus),* le chinchard (*Trachurus sp*.), la bogue (*Boops boops*), la sardinelle (*Sardinella aurita*) et le tassergal (*Spicara smaris*) sont également habituellement classés comme poissons bleus (Serena F. *et al.*, 2008). La figure 5-99 donne un aperçu de l'abondance des espèces pélagiques recensées.

Figure 5-99 Abondance des espèces pélagiques débarquées dans le port de Viareggio.



Source : Serena F. et al., 2008

De plus, grâce au travail mené dans le cadre de plusieurs projets conjoints entre l'ARPAT et la région Toscane entre 2007 et 2021[24], il a été possible de récupérer des données sur la présence de poissons cartilagineux dans la zone. 240 animaux appartenant à 15 espèces ont été identifiés (Figure 5-100). Les signalements concernent des observations, des captures accidentelles (principalement liées à des filets maillants et des lignes de pêche), rarement des échouages. Les animaux capturés sont souvent vivants et sont immédiatement relâchés ; tandis que les animaux morts sont récupérés, échantillonnés et font l'objet d'une étude approfondie sur la biologie de l'espèce ; dans ces cas, il est possible d'enregistrer le sexe, la maturité sexuelle, la longueur et le poids, données qui nous permettent de déterminer si les individus sont jeunes.

24 https://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2022/088-22/il-monitoraggio-della-biodiversita-della-fauna-ittica-in-toscana-un-focus-sugli-squali/?searchterm=None, (2021)

Figure 5-100 Détection des grands poissons cartilagineux

Specie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTALE
Verdesca *(Prionace glauca)*	1	1		2		6	12	9	13	17	1	13	7	7	**89**
Manta *(Mobula mobular)*	3	1	2	1		2	1	18	4			6	1		**39**
Trigone *(Pteroplatytrygon violacea)*											23				**23**
Squalo volpe *(Alopias vulpinus)*	1	2	2	2	1	1	1		2	2			7		**22**
Capopiatto *(Hexanchus griseus)*	1	4	3			2	1		5	1	1	1	3		**22**
Mako *(Isurus oxyrinchus)*				1				2	3	4		4	5	2	**21**
Squalo grigio *(Carcharhinus plumbeus)*			1								1		1	9	**12**
Squalo elefante *(Cetorhinus maximus)*	1						2								**4**
Squalo bruno *(Carcharhinus obscurus)*												1	1		**2**
Squalo volpe occhio grosso *(Alopias superciliosus)*									1						**1**
Squalo bianco *(Carcharodon carcharias)*				1											**1**
Razza bianca *(Rostroraja alba)*							1								**1**
Canesca *(Galeorhinus)*			1												**1**
Squadro *(Squatina squatina)*	1														**1**
Vaccarella *(Pteromylaeus bovinus)*													1		**1**
Totale complessivo	**8**	**8**	**9**	**7**	**1**	**11**	**18**	**29**	**28**	**24**	**26**	**25**	**26**	**18**	**240**

Source : ARPAT – Région Toscane, 2021

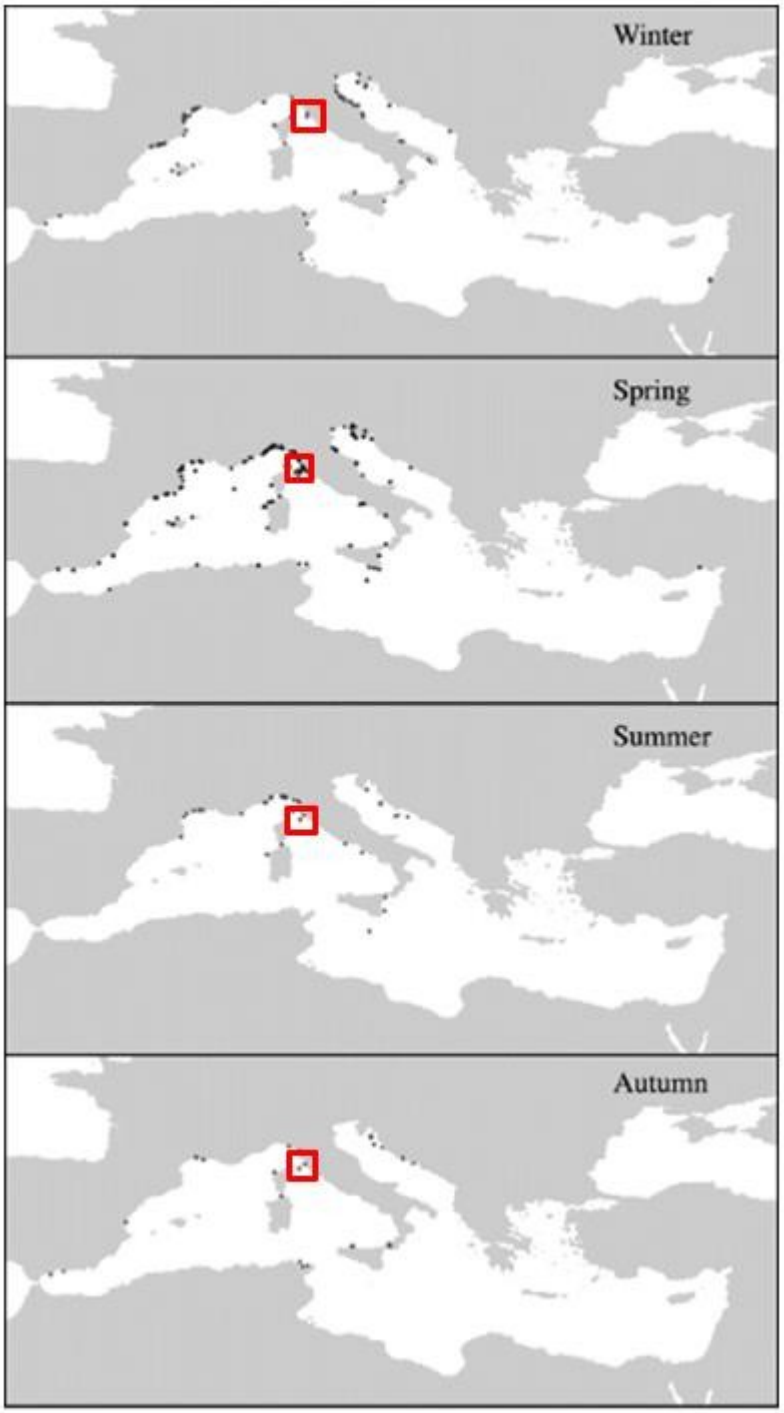
Les plus fréquents sont le requin bleu (*Prionace glauca*) (38 %), la raie manta (*Mobula mobular*) (17 %), la raie violette (*Pteroplatytrygon violacea*) (10 %), le requin renard (*Alopias vulpinus*) (9 %), le requin à tête plate (*Hexanchus griseus*) (9 %), le mako (*Isurus oxyrinchus*) (9 %), le requin gris (*Carcharhinus plumbeus)* (5 %), le requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*) (2 %) et le requin brun (*Carcharhinus obscurus*) (1 %).

La plupart des spécimens enregistrés ces dernières années en Toscane étaient de très jeunes poissons cartilagineux ; depuis 2017, par exemple, 36 requins sur 119 enregistrés au total (30 %) étaient nés récemment, principalement des requins bleus, des requins mako et des requins renards. Un grand nombre de captures et d'observations de requins bleus de petite taille (environ 70 cm de longueur moyenne) ont eu lieu principalement aux Secche della Meloria à Livourne, aux Secche di Vada et dans une zone très limitée de la commune de Pise (entre Calambrone et Tirrenia) ; la taille à la naissance de cette espèce est comprise entre 35 et 45 cm, tandis que les adultes atteignent environ 4 m. Une autre découverte peu habituelle est celle du requin brun, une espèce de poisson cartilagineux rare et peu signalée dans les eaux de la zone en question, puisqu'il s'agit également d'un spécimen nouveau-né d'une longueur totale de 59 cm (contre 4 m pour l'adulte) et pesant moins de 1,2 kg. En outre, en 2020, 4 petits requins renards, d'un peu plus d'un mètre de long et pesant entre 4 et 6 kg (contre 4 à 6 m pour les adultes) ont été capturés ; en 2021, pas moins de 8 petits requins gris, tous repérés dans les eaux du Gombo (Pise), avaient une longueur moyenne d'environ 60 cm. Enfin, les cas d'observation et de capture à Livourne de 3 spécimens (un mako et 2 requins verts), rapportés par la presse locale, concernaient de jeunes spécimens.

En ce qui concerne le requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*), une étude menée (Mancusi *et al.* 2005) a mis en évidence la présence de cette espèce, à travers des observations et des captures accidentelles, surtout au

au printemps, en concomitance avec la distribution saisonnière du zooplancton dans la zone de l'Area Vasta (Figure 5-101).

Figure 5-101 Répartition géographique des découvertes de C. maximus par saison en mer Méditerranée.



Source : Mancusi et al., 2005

En outre, la biologie des principales espèces ciblées par les efforts de pêche commerciale dans la GSA 09 a également été prise en compte, analysée par rapport aux données du programme MEDITS, qui mène des enquêtes sur la pêche au chalut en incluant le plus grand nombre possible de zones où cette pêche est pratiquée. Voici un résumé des tendances et des distributions identifiées :

- Merlu (*Merluccius merluccius*) : réparti dans une vaste zone, entre -10 et -700 m de profondeur (Biagi *et al.*, 2002 ; Colloca *et al.*, 2003). Il s'agit d'une espèce démersale dont la distribution bathymétrique et la présence dans la colonne d'eau varient au cours de la croissance et en fonction des besoins trophiques et reproductifs. Dans la GSA 9, les plus grandes abondances se trouvent entre -100 et -400 m de profondeur. Le merlu est une espèce prédatrice, carnivore, qui se nourrit d'une grande variété d'espèces, à différents niveaux de la colonne d'eau ;

- Rouget de vase (*Mullus barbatus*) : il vit sur des fonds vaseux, sableux ou détritiques. Le rouget de vase est réparti sur le plateau continental, même s'il peut être trouvé exceptionnellement jusqu'à 300 m de profondeur ; dans la GSA, les plus grandes abondances se trouvent entre -10 et -100 m de profondeur. La distribution bathymétrique de l'espèce se caractérise par un recrutement estival strictement côtier et par la dispersion ultérieure des spécimens, avec la croissance, vers des profondeurs plus importantes (Voliani *et al.*, 1991 ; Abella *et al.*, 1996). Le rouget de vase se nourrit principalement de petits invertébrés benthiques ;

- Rouget de roche (*Mullus surmuletus*) : espèce à large distribution bathymétrique, qui se concentre le long du littoral mais qui peut exceptionnellement atteindre -500 m. Les individus les plus grands se trouvent à des profondeurs plus importantes, tandis que ceux de plus petite taille préfèrent les zones côtières. L'espèce préfère les substrats hétérogènes, caractérisés par l'alternance de fonds vaseux et rocheux, y compris coralligènes. L'espèce est souvent associée aux prairies de Posidonia ;

- Langoustine (*Nephrops norvegicus*) : espèce benthique, répartie sur des fonds meubles principalement vaseux, constitués de boue compacte mélangée à du limon et de l'argile. L'espèce est capable de s'enfouir ; le temps nécessaire pour sortir de son terrier dépend de facteurs biologiques et environnementaux (cycle de reproduction, fréquence de mue, intensité lumineuse). Dans la GSA 09, la langoustine est présente entre -150 et -800 m de profondeur, même si les plus grandes abondances se trouvent entre -350 et -500 m ;

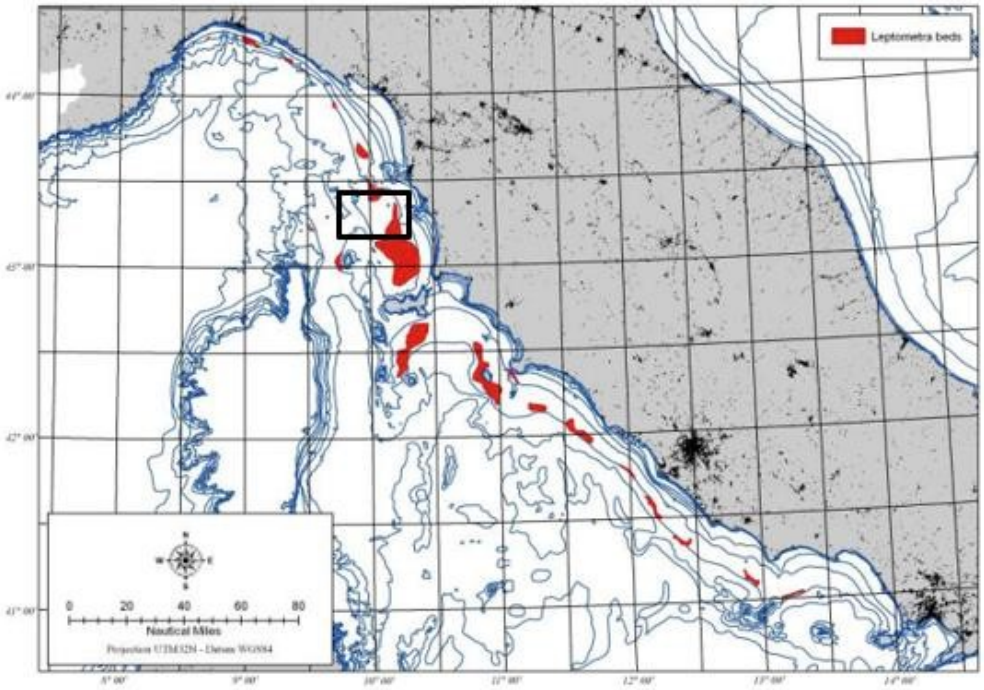
- Crevette rose ou blanche (*Parapenaeus longirostris*) : espèce qui présente une large distribution bathymétrique, étant présente entre -50 et -650 m de profondeur, mais avec une plus grande abondance entre
  -150 et -400 m, sur des fonds meubles vaseux ou sableux-vaseux (Ardizzone et Corsi, 1997 ; Biagi *et al.*, 2002). Les concentrations les plus importantes se trouvent dans la partie tyrrhénienne de la GSA (sud de la Toscane et Latium).

Zones de nurserie

Les zones de nurserie sont des zones de croissance des juvéniles au cours de leur première année de vie. En outre, ces zones concentrent non seulement les juvéniles d'une population, mais elles recrutent également des individus provenant de différentes populations. C'est pourquoi les zones de nurserie et les zones de recrutement peuvent se chevaucher. Les zones de frai, en revanche, sont les zones où les organismes ont tendance à se reproduire.

On observe une forte concentration de juvéniles dans la GSA 09, due à la présence d'habitats particuliers caractérisés par des niveaux élevés de productivité et de richesse spécifique. En effet, le rôle des fonds crinoïdes, constitués de l'espèce *Leptometra phalangium* (Colloca *et al.*, 2004, 2006a ; Reale *et al.*, 2005) pour le recrutement de nombreuses espèces démersales : il s'agit d'une faciès de la biocénose du Détritique du Largo, qui se développe au niveau du bord supérieur de la pente (-100/-200 m). Dans la GSA 09, les fonds à crinoïdes sont répartis entre environ -120 et -180 m, occupant une superficie d'environ 1 500 km², soit 14 % de la superficie totale entre les bathymétriques de -100 et -200 m (Figure 5-102). Cet habitat se caractérise par une grande diversité biologique et des valeurs élevées de production secondaire ; on a également constaté une plus grande abondance de la communauté halieutique par rapport à celle des fonds adjacents. On observe une forte densité de juvéniles d'espèces démersales et bentopélagiques, parmi lesquelles se distingue le merlu, l'espèce la plus importante sur le plan commercial pour la GSA 09. Les fonds crinoïdes constituent donc des EFH (« essential fish habitats ») pour des espèces telles que le merlu, le merlan, le calmar et la crevette rose (Colloca *et al.*, 2006b).

Figure 5-102 Fonds marins présentant des faciès à L. Phalangium dans la GSA 09



Source : Colloca et al., 2006b

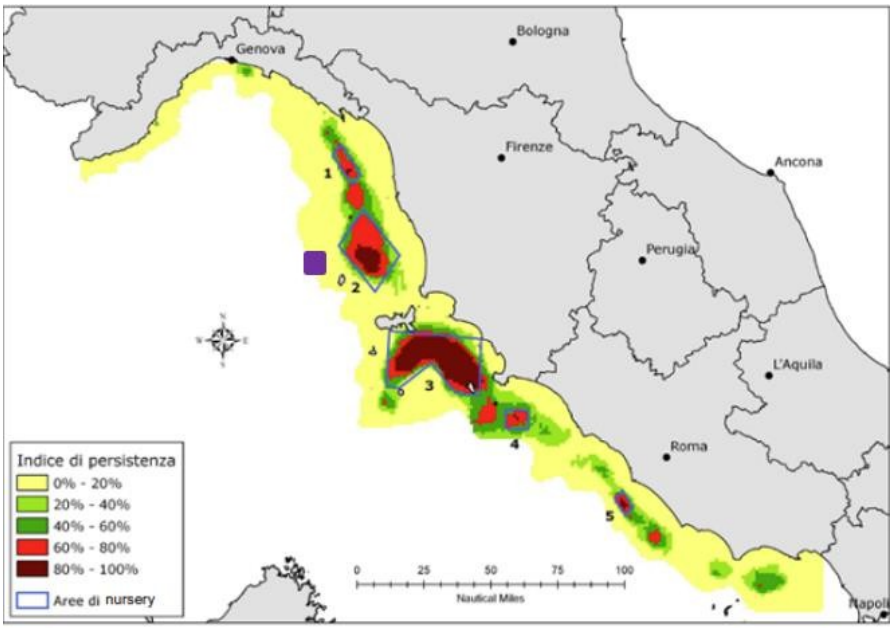
Les principales zones de concentration des juvéniles de merlu de la GSA 09 se trouvent au nord-est de Capraia et au large de Livourne (mer Ligure sud-orientale), entre l'île d'Elbe et l'île du Giglio, au sud de l'Argentario (Tyrrhénienne septentrionale) et le long du bord du plateau continental du Latium (Tyrrhénienne centrale).

Les nurseries les plus importantes de rouget de vase dans la GSA 09 sont situées à des profondeurs inférieures à -50 m, le long de la côte nord de la Toscane, entre l'embouchure du Magra et le promontoire de Piombino et, de manière moins marquée, du golfe de Follonica au promontoire de l'Argentario.

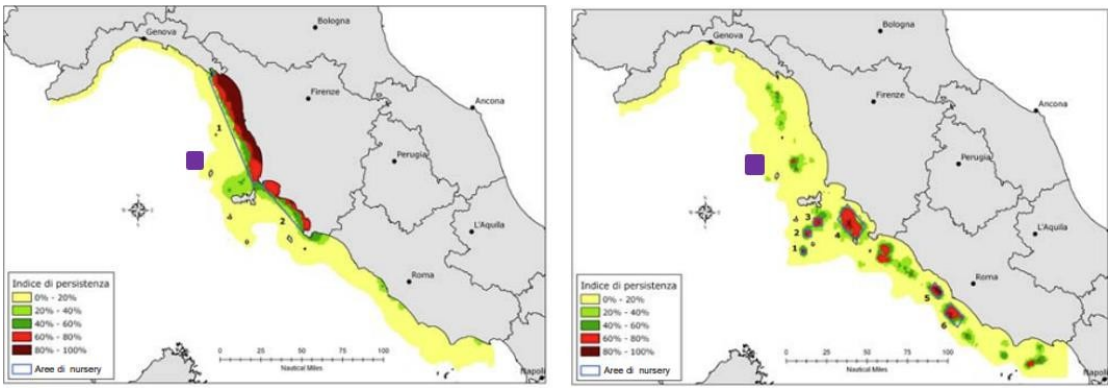
La crevette blanche est une autre espèce d'une grande importance commerciale dans la GSA 09, en particulier pour les marines du sud de la Toscane et du Latium ; les zones où la concentration de recrues est la plus forte se trouvent au sud de l'île d'Elbe, entre -80 et -200 m de profondeur, entre le promontoire de Piombino et celui de l'Argentario et au large des côtes du Latium.

La plus forte concentration de jeunes langoustines a été observée au large de Carrare et au nord de l'île de Capraia, dans le sud-est de la mer Ligure.

Figure 5-103 Zones de nurserie pour (a) M. merluccius (b) M. barbatus et (c) P. longilostris



(a)

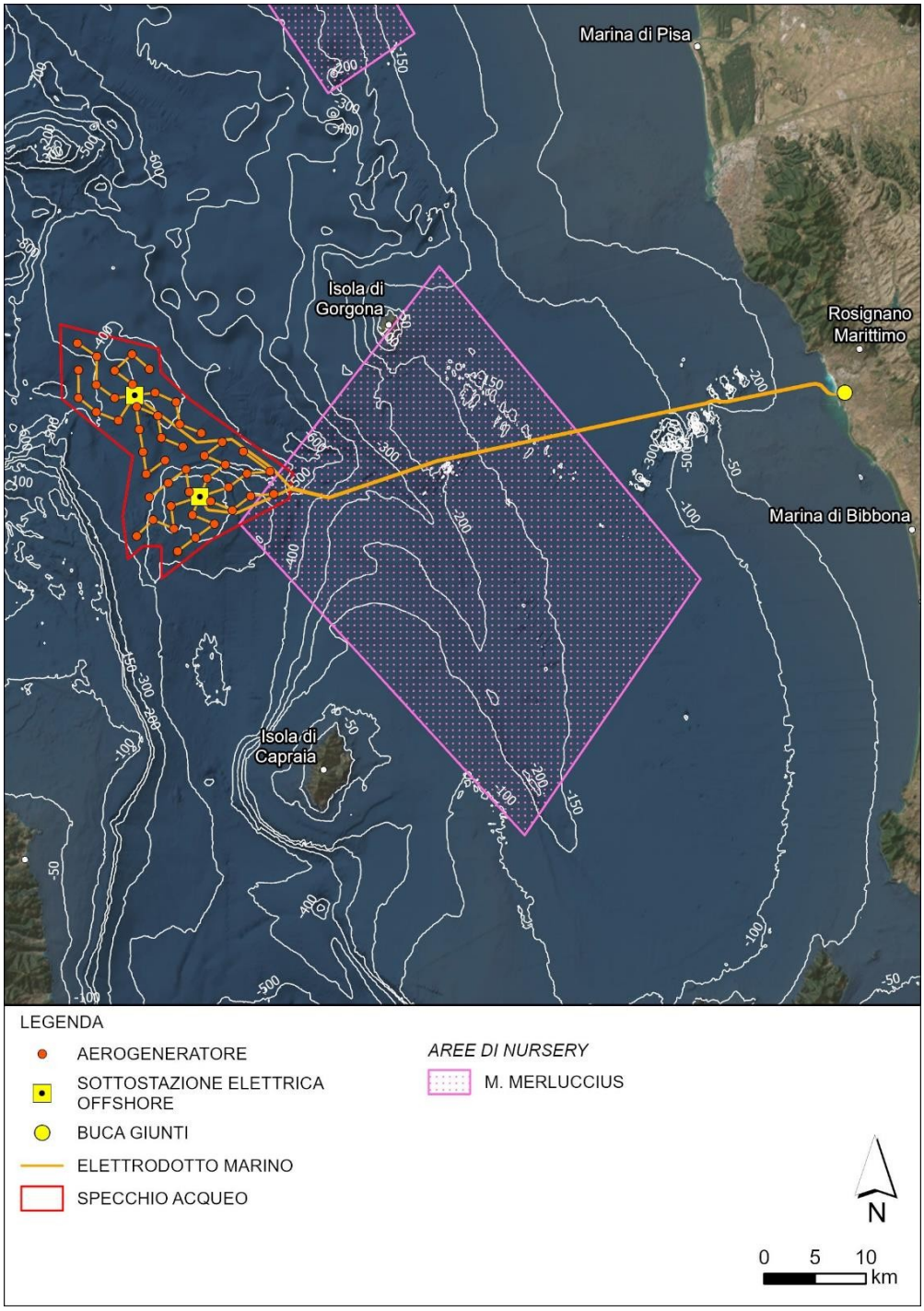


(b) *(c)*

Source : MEDISEH, 2013 ; la zone du parc éolien est indiquée en violet.

Au vu des données disponibles, le parc éolien semble être situé dans des zones de nurserie pour le merlu (Figure 5-104).

Figure 5-104 Zones de nurserie pour les principales espèces cibles de la pêche dans la GSA 09



Source : Données du plan GSA 09 - Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

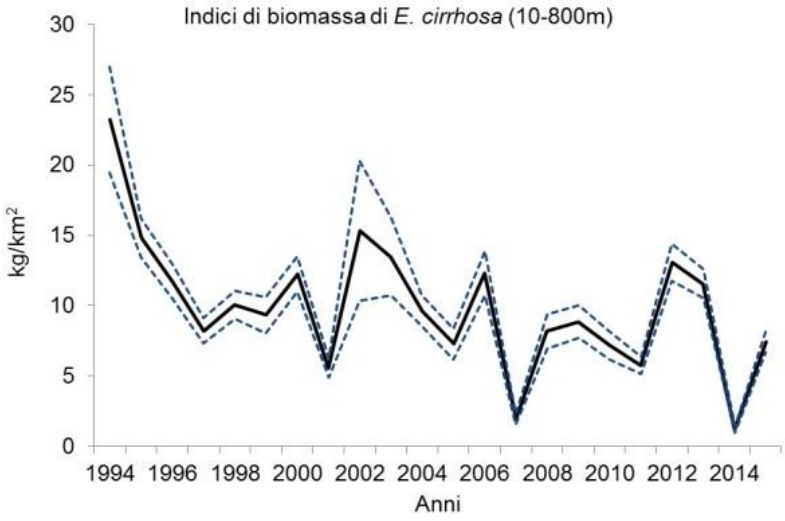
Indices de biomasse des espèces associées aux stocks cibles de la GSA 09

Les espèces associées aux stocks cibles sont identifiées en tenant compte des espèces qui représentent 75 % du volume total des débarquements liés aux systèmes de pêche au chalut et aux filets maillants dans la GSA 09 ; pour cette zone, il s'agit du poulpe moscardino (*Eledone cirrhosa*), du calmar (*Illex coindetii*), de la crevette rouge (*Aristaeomorpha foliacea*), de la crevette violette (*Aristeus antennatus*), de la squille (*Squilla mantis*), de la seiche (*Sepia officinalis*) et de la crevette rose (*Melicertus kerathurus*).

Vous trouverez ci-dessous un bref commentaire sur l'évolution des indices de biomasse, à l'exception de ceux de *S. mantis*, *S. officinalis* et *M. keraturus*, car ces espèces ont affiché des taux de capture très faibles et irréguliers dans les campagnes MEDITS, en raison de leur faible capturabilité avec l'engin utilisé dans les campagnes MEDITS.

L'indice de biomasse pour le poulpe moscardino (*E. cirrhosa*), bien qu'il présente des fluctuations interannuelles importantes, montre une tendance générale à la baisse au fil du temps : au cours des trois premières années de la série historique (1994-1996), les valeurs de l'indice de biomasse ont été particulièrement élevées, tandis que dans les années suivantes, elles ont diminué et sont restées plus ou moins stables (figure 5-105).

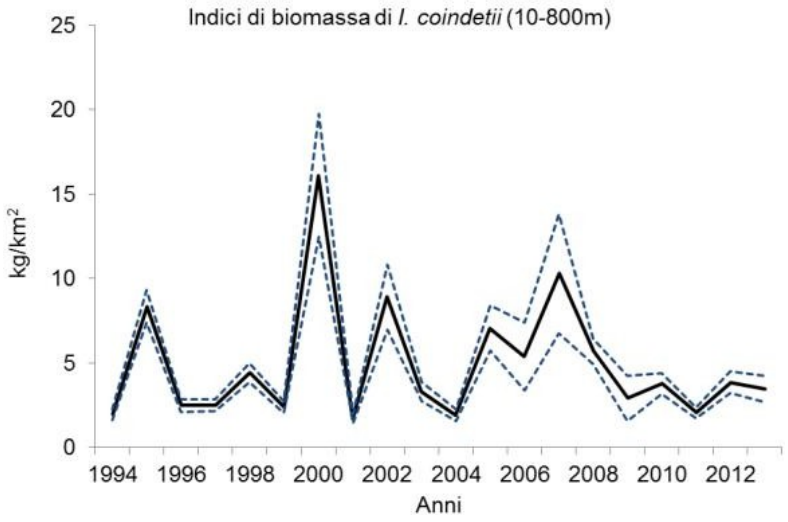
Figure 5-105 Indice de biomasse du poulpe moscardino (E. cirrhosa) dans la GSA 09. Données MEDITS pour la période 1994-2015



Source : MIPAAFT, 2019 (MATTM, 2014)

L'indice de biomasse du calmar commun (*I. coindetii*) affiche une tendance temporelle globalement stable, mais avec des fluctuations importantes au cours de la période considérée (figure 5-106).

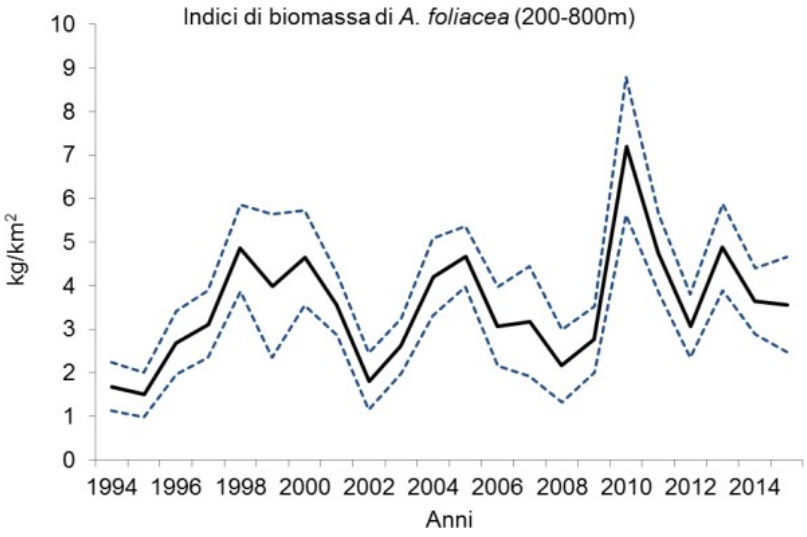
Figure 5-106 Indice de biomasse du calmar commun (I. coindetii) dans la GSA 9. Données MEDITS pour la période 1994-2015



Source : MIPAAFT, 2019 (MATTM, 2014)

En ce qui concerne la crevette rouge (*A. foliacea*), l'indice de biomasse est caractérisé par une évolution cyclique avec des pics en 1998-2000, 2004-2005, 2011 et 2013. La tendance temporelle est globalement stable (Figure 5-107).

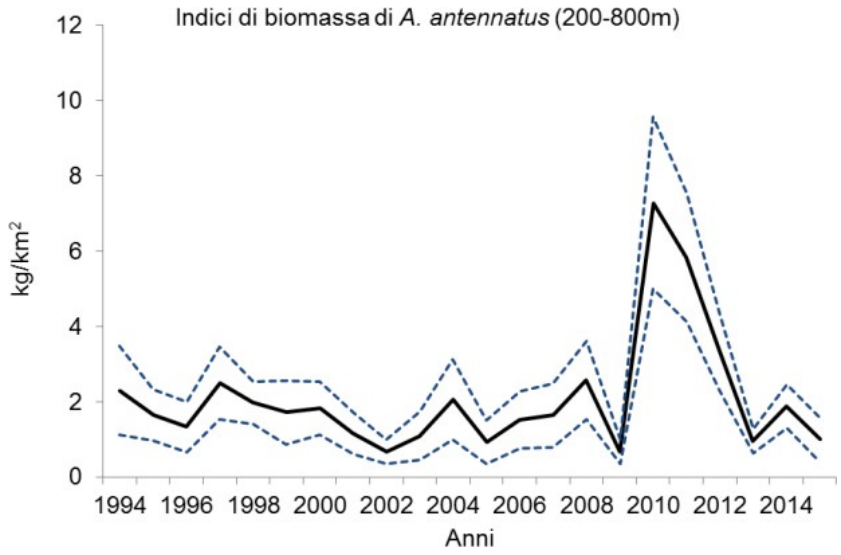
Figure 5-107 Indice de biomasse de la crevette rouge (A. foliacea) dans la GSA 9. Données MEDITS pour la période 1994-2015



Source : MIPAAFT, 2019 (MATTM, 2014)

La crevette violette (*A. antennatus*) se caractérise par un indice de biomasse qui est resté faible et relativement stable, à l'exception d'un pic enregistré entre 2010 et 2012. Dans la GSA 09, cette espèce présente une concentration maximale dans la mer Ligure, mais une concentration plus faible dans le nord et le centre de la mer Tyrrhénienne (figure 5-108).

Figure 5-108 Indice de biomasse de la crevette violette (A. antennatus) dans la GSA 9. Données MEDITS pour la période 1994-2015



Source : MIPAAFT, 2019 (MATTM, 2014)

Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Au cours de la campagne de surveillance environnementale menée en juillet (zone côtière) et juin (zone offshore) 2024, une analyse de l'ADN environnemental (eDNA) a été effectuée sur 4 stations côtières (stations ST1, ST3, ST7, ST9) et 4 stations offshore (stations ST11, ST12, ST14 et ST15) afin d'établir une liste des espèces de communautés halieutiques présentes dans la zone du projet. L'ADN environnemental de l'eau a été prélevé en filtrant 10 l d'eau (2 échantillons de 5 l pour chaque station).

Tous les échantillons ont été prélevés, réfrigérés à bord, puis transportés au laboratoire conformément à la législation nationale (DM 24/01/96 et D.Lgs 152/2006) et aux directives ISPRA.

L'analyse des stations côtières (figure 5-54) montre que le marqueur mitochondrial a permis d'identifier 43 ordres d'actinopères et un nombre d'espèces de poissons répertoriées compris entre 97 et 324, principalement représentées dans les ordres Blenniformes, Gobiformes, Characiformes, Perciformes, Anguilliformes et Pleuronettiformes. La station qui a mis en évidence le plus grand nombre d'espèces répertoriées est la ST9. Dix ordres de poissons cartilagineux (Chondrichthyes) contenant entre 10 et 28 espèces (LW7 étant le nombre le plus élevé) ont également été identifiés. Les ordres de Chondrichthyes les plus représentés étaient ceux des Charchariniformes et des Rajiformes.

En observant les résultats relatifs au COI, on a détecté de l'ADN appartenant à des espèces de poissons typiques des zones méditerranéennes, ainsi que de l'ADN d'espèces normalement absentes de la Méditerranée (NIS, Non Indigenous Species) qui auraient pu pénétrer directement par le canal de Suez (migrations Leissepsiennes) et le détroit de Gibraltar ou indirectement, par exemple, par les eaux de ballast des navires.

Le tableau 5-35 répertorie les espèces validées comme présentes en mer Méditerranée, qu'elles soient indigènes ou non indigènes (NIS), pour les deux classes d'intérêt que sont les Actinopteri et les Chondrichthyes. Les espèces validées comme présentes en mer Méditerranée, qu'elles soient indigènes ou non indigènes (ESP) pour les deux classes d'intérêt que sont les Actinopteri et les Chondrichthyes, résume et met en évidence les espèces validées comme présentes en mer Méditerranée, qu'elles soient indigènes ou non indigènes (ESP) pour les deux classes d'intérêt que sont les Actinopteri et les Chondrichthyes. Parmi les Actinopteri (poissons osseux), il a été possible d'identifier, dans toutes les stations, un total de 35 espèces présentes en mer Méditerranée, dont 9 validées comme non indigènes (NIS) par les principales bases de données contenant des listes de NIS. Parmi les espèces indigènes, des espèces d'importance commerciale pour la pêche professionnelle et artisanale ont été identifiées, telles que le rouget de vase (*Mullus barbatus*), le thon listao (*Katsuwomis pelamis*), le thon rouge (*Euthynnus alletteratus*) et le bar (*Dicentrarchus labrax*). La station LW9 est celle qui a enregistré la plus grande richesse en espèces avec 25 des 35 espèces présentes en Méditerranée, dont 7 espèces considérées comme NIS.

Cinq espèces de *chondrichthyens* (poissons cartilagineux) appartenant à trois ordres différents sont également mises en évidence : le requin tigre (*Galeocerdo cuvier*) et le requin léopard (*Scyliorhinus stellaris*) appartenant aux Carcharhiniformes ; la raie pastenague (*Raja miraletus*) et la raie ondulée (*Raja undulata*) appartenant aux Rajiformes ; le requin blanc (*Carcharodon carcharias*) appartenant aux Lamniformes. Il convient de souligner que la présence du requin tigre a été documentée de manière sporadique au fil du temps en mer Méditerranée. Les espèces identifiées, à l'exception de la raie pastenague (*Raja miraletus*), figurent sur la liste rouge de l'UICN qui classe les espèces en fonction de leur risque d'extinction. En particulier, dans la région méditerranéenne, le requin léopard et la raie ondulée sont considérés comme des espèces « quasi menacées » au niveau méditerranéen, tandis que le requin blanc est considéré comme « en danger critique d'extinction ».

Le marqueur COI, ciblant les communautés halieutiques, a mis en évidence des valeurs de l'indice de Shannon et de Simpson différentes selon les échantillons analysés : très élevées dans les échantillons ST7 et ST9, intermédiaires dans l'échantillon ST1 et faibles dans l'échantillon ST3.

Tableau 5-35 Liste des espèces identifiées dans la zone côtière présentes en Méditerranée par station et position taxonomique.

	Classe: ACTINOPTERI	o_Ordine; f_Famiglia	LW1	LW3	LW7	LW9
1	**Pempheris rhomboidea**	o__Acropomatiformes;f__Pempheridae				**X NIS**
2	Atherina boyeri	o__Atheriniformes;f__Atherinidae			X	X
3	Aulopus filamentosus	o__Aulopiformes;f__Aulopidae			X	X
4	Gouania willdenowi	o__Blenniiformes;f__Gobiesocidae	X		X	X
5	Tripterygion tripteronotum	o__Blenniiformes;f__Tripterygiidae			X	X
6	Gadus morhua	o__Gadiformes;f__Gadidae				X
7	Trisopterus minutus	o__Gadiformes;f__Gadidae	X	X	X	X
8	**Ctenogobius boleosoma**	o__Gobiiformes;f__Gobiidae	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**
9	Lebetus guilleti	o__Gobiiformes;f__Gobiidae			X	X
10	**Trypauchen vagina**	o__Gobiiformes;f__Gobiidae	**X NIS**			**X NIS**
11	Sargocentron praslin	o__Holocentriformes;f__Holocentridae				X
12	Apogon imberbis	o__Kurtiformes;f__Apogonidae	X	X	X	X
13	Chelon ramada	o__Mugiliformes;f__Mugilidae	X		X	X
14	Gonichthys cocco	o__Myctophiformes;f__Myctophidae	X		X	X
15	**Epinephelus fasciatus**	o__Perciformes;f__Serranidae			**X NIS**	
16	Serranus hepatus	o__Perciformes;f__Serranidae	X			
17	Microchirus variegatus	o__Pleuronectiformes;f__Soleidae	X		X	X
18	Monochirus hispidus	o__Pleuronectiformes;f__Soleidae			X	
19	Solea aegyptiaca	o__Pleuronectiformes;f__Soleidae	X		X	X
20	Solea senegalensis	o__Pleuronectiformes;f__Soleidae	X			
21	Euthynnus alletteratus	o__Scombriformes;f__Scombridae				X
22	Katsuwonus pelamis	o__Scombriformes;f__Scombridae	X		X	X
23	**Pampus argenteus**	o__Scombriformes;f__Stromateidae	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**
24	Tetragonurus cuvieri	o__Scombriformes;f__Tetragonuridae			X	
25	Pagellus acarne	o__Spariformes;f__Sparidae	X			
26	**Rhabdosargus haffara**	o__Spariformes;f__Sparidae	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**
27	Mullus barbatus	o__Syngnathiformes;f__Mullidae	X		X	
28	Diodon hystrix	o__Tetraodontiformes;f__Diodontidae	X	X	X	
29	Mola mola	o__Tetraodontiformes;f__Molidae			X	X
30	**Stephanolepis diaspros**	o__Tetraodontiformes;f__Monacanthid			**X NIS**	
31	Dicentrarchus labrax	o__Unclassified;f__Moronidae	X		X	X
32	Chromis chromis	o__Unclassified;f__Pomacentridae	X			
33	Pomacentrus cf. microspilus KT-2 21	o__Unclassified;f__Pomacentridae	X			X
34	**Pomacentrus wardi**	o__Unclassified;f__Pomacentridae		**X NIS**		**X NIS**
35	**Sphyraena chrysotaenia**	o__Unclassified;f__Sphyraenidae			**X NIS**	**X NIS**

	Classe: CHONDRICHTHYES	o_Ordine; f_Famiglia	LW1	LW3	LW7	LW9	Lista Rossa IUCN
1	Galeocerdo cuvier	o__Carcharhiniformes;f__Carcharhinida	X				NT Globale; DD- Europa
2	Scyliorhinus stellaris	o__Carcharhiniformes;f__Scyliorhinidae	X	X	X	X	VU Globale; NT Mediterr.
3	Carcharodon carcharias	o__Lamniformes;f__Alopiidae			X		CR Mediterraneaneo
4	Raja miraletus	o__Rajiformes;f__Rajidae	X	X	X	X	LC
5	Raja undulata	o__Rajiformes;f__Rajidae				X	NT Mediterraneaneo

NIS : espèces non indigènes. En gris : espèces communes à toutes les stations.

Les espèces sont classées par station. La dernière colonne à droite indique le niveau de menace d'extinction dérivé de la liste rouge de l'UICN (VU : vulnérable ; NT : quasi menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes), ainsi que l'échelle régionale (mondiale, Europe, Méditerranée).

Source : Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00)

En ce qui concerne les stations offshore (Figure 5-55), le marqueur mitochondrial a permis d'identifier 43 ordres d'Actinoperi différents et un nombre d'espèces de poissons répertoriées compris entre 152 et 258, principalement représentées dans les ordres Blenniformes, Characiformes, Perciformes, Anguilliformes et Pleuronettiformes. La station ST15 a présenté le plus grand nombre d'espèces répertoriées.

Huit ordres de poissons cartilagineux (Chondrichthyes) ont également été identifiés, comprenant entre 12 et 18 espèces (ST15 étant le nombre le plus élevé). Les ordres de Chondrichthyes les plus représentés étaient les Charcariniformes et les Rajiformes.

En observant les résultats relatifs aux communautés halieutiques, on a détecté de l'ADN appartenant à des espèces halieutiques indigènes des zones méditerranéennes, ainsi que de l'ADN d'espèces exotiques (NIS, Non Indigenous Species) signalées comme présentes en Méditerranée par la base de données AQUANIS et d'autres bases de données (par exemple SIBM). La présence d'ADN d'espèces exotiques pourrait être due soit à la présence réelle de ces espèces, soit à la présence exclusive d'ADN arrivé dans la zone du projet de manière indirecte, par exemple via les eaux de ballast des navires.

Le tableau 5-36 résume et met en évidence, parmi les espèces répertoriées, celles qui sont réellement présentes et signalées en Méditerranée (indigènes ou introduites, mais présentes dans tous les cas), réparties par station. Au total, 35 espèces d'Actinopteri et 4 espèces de Condrichthyes ont été identifiées dans toutes les stations et signalées en Méditerranée. Parmi les Actinopteri, certaines espèces présentant un grand intérêt commercial ont été identifiées, telles que l'anchois (*Engraulis encrasicolus*), le thon listao (*Katsuwomis pelamis*), le thon rouge (*Euthynnus alletteratus*) et le poisson-chinchard (*Atherina boyeri*). Outre ces espèces considérées comme indigènes, l'ADN de 9 espèces exotiques (NIS) a été séquencé : *Pempheris rhomboidea* (Acropomatiformes, peu signalée en Méditerranée), le gobie *Ctenogobius boleosoma* (largement présent), le gobie de vase *Trypauchen vagina* (de migration Leissepsienne, peu signalé), le mérou rayé *Epinephelus fasciatus* (migration Leissepsienne, peu signalé), le pampus *Pampus argenteus* (peu signalé) et le poisson-sergent *Abudefduf vaigiensis* (migration Leissepsienne, largement présent). La présence de ces espèces a été validée par la base de données AQUANIS.

Tableau 5-36 Liste des espèces identifiées dans la zone offshore présentes en Méditerranée par station et position taxonomique.

Classe: ACTINOPTERI	o_Ordine; f_Famiglia	LW11	LW12	LW15	
Pempheris rhomboidea	o__Acropomatiformes;f__Pempheridae			**X NIS**	
Argentina sphyraena	o__Argentiniformes;f__Argentinidae		X		
Atherina boyeri	o__Atheriniformes;f__Atherinidae	X	X		
Belone belone	o__Beloniformes;f__Belonidae			X	
Clinitrachus argentatus	o__Blenniiformes;f__Clinidae	X			
Gouania willdenowi	o__Blenniiformes;f__Gobiesocidae	X	X		
Tripterygion tripteronotum	o__Blenniiformes;f__Tripterygiidae			X	
Sprattus sprattus	o__Clupeiformes;f__Clupeidae		X		
Engraulis encrasicolus	o__Clupeiformes;f__Engraulidae	X			
Trisopterus minutus	o__Gadiformes;f__Gadidae	X	X	X	
Bathygobius soporator	o__Gobiiformes;f__Gobiidae	X			
Ctenogobius boleosoma	o__Gobiiformes;f__Gobiidae	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**	
Trypauchen vagina	o__Gobiiformes;f__Gobiidae	**X NIS**	**X NIS**	**X NIS**	
Apogon imberbis	o__Kurtiformes;f__Apogonidae	X	X	X	
Chelon ramada	o__Mugiliformes;f__Mugilidae			X	
Mugil cephalus	o__Mugiliformes;f__Mugilidae			X	
Gonichthys cocco	o__Myctophiformes;f__Myctophidae			X	
Epinephelus fasciatus	o__Perciformes;f__Serranidae	**X NIS**	**X NIS**		
Serranus hepatus	o__Perciformes;f__Serranidae		X	X	
Serranus scriba	o__Perciformes;f__Serranidae	X			
Microchirus variegatus	o__Pleuronectiformes;f__Soleidae			X	
Solea aegyptiaca	o__Pleuronectiformes;f__Soleidae	X		X	
Euthynnus alletteratus	o__Scombriformes;f__Scombridae	X			
Katsuwonus pelamis	o__Scombriformes;f__Scombridae			X	
Pampus argenteus	o__Scombriformes;f__Stromateidae			**X NIS**	
Boops boops	o__Spariformes;f__Sparidae		X		
Maurolicus muelleri	o__Stomiiformes;f__Sternoptychidae		X		
Callionymus maculatus	o__Syngnathiformes;f__Callionymidae	X			
Syngnathus abaster	o__Syngnathiformes;f__Syngnathidae			X	
Diodon hystrix	o__Tetraodontiformes;f__Diodontidae			X	
Mola mola	o__Tetraodontiformes;f__Molidae			X	
Abudefduf vaigiensis	o__Unclassified;f__Pomacentridae		**X NIS**		
Zenopsis conchifer	o__Zeiformes;f__Zeidae			X	
Classe: CHONDRICHTHYES					Lista Rossa IUCN
Galeocerdo cuvier	o__Carcharhiniformes;f__Carcharhinidae	X			NT Globale; DD Europa
Scyliorhinus stellaris	o__Carcharhiniformes;f__Scyliorhinidae	X	X	X	VU Globale; NT Mediterr.
Raja miraletus	o__Rajiformes;f__Rajidae	X		X	LC
Raja undulata	o__Rajiformes;f__Rajidae	X			NT Mediterraneo

NIS : espèces non indigènes. En gris : espèces communes à toutes les stations.
Les espèces sont classées par station. La dernière colonne à droite indique le niveau de menace d'extinction dérivé de la liste rouge de l'UICN (VU : vulnérable ; NT : quasi menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes), ainsi que l'échelle régionale (mondiale, Europe, Méditerranée).

Source : Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00)

Le taxon Condrichthyes (poissons cartilagineux) dans la mer Méditerranée compte environ 80 espèces au total et est considéré comme un groupe taxonomique menacé en raison de la surpêche et des prises accessoires, du changement climatique et de la pollution. Selon l'UICN, les 4 espèces de Condrichthyes identifiées sont classées comme suit : *Galeocerdo cuvier* (requin tigre) « quasi menacé » au niveau mondial et « données insuffisantes » en Europe ; *Scyliorhinus stellaris* (roussette) « vulnérable » à l'échelle mondiale et « quasi menacé » en Méditerranée ; *Raja miraletus* (raie à quatre yeux) « préoccupation mineure » ; *Raja undulata* (raie ondulée) « quasi menacé » en Méditerranée.

Pour le marqueur COI, les indices de diversité alpha, en particulier l'indice de Shannon, se sont tous révélés très élevés, indiquant un niveau élevé de diversité des espèces.

Pour plus de détails sur l'ADN environnemental, veuillez vous référer au rapport « Secteur littoral - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILNRS-R18-00) » et au rapport « Secteur offshore - Relevé géophysique et environnemental (ATI-AMB-VIA-RILOFF-R17-00) ».

En conclusion, dans la zone côtière, les analyses de l'ADN environnemental (ADN environnemental) ont identifié 41 ordres différents d'Actinopteri avec un nombre d'espèces de poissons répertoriées compris entre 97 et 324, et 9 ordres de Chondrichthyes, auxquels a été attribuée une quantité d'espèces comprise entre 10 et 28. De l'ADN appartenant à des espèces normalement absentes de la Méditerranée a également été détecté, celles-ci ayant potentiellement pénétré par le canal de Suez ou indirectement par les eaux de ballast des navires. Parmi les espèces exotiques identifiées figure celle appartenant aux Scombriformes *Pampus argenteus,* d'origine subtropicale.

Dans la zone offshore, 43 ordres différents d'Actinoperi ont été identifiés, avec un nombre d'espèces compris entre 152 et 258, et 8 ordres de Chondrichtyes, avec un nombre d'espèces compris entre 12 et 18. Dans cette zone également, des espèces exotiques (NIS) ont été identifiées, probablement arrivées dans la zone du projet de manière directe, via le canal de Suez (migrations lessepsiennes) et le détroit de Gibraltar, ou de manière indirecte, via les eaux de ballast des navires.

De plus, le taxon Condrichthyes de la mer Méditerranée est également considéré comme un groupe taxonomique menacé en raison de la surpêche, des prises accessoires, du changement climatique et de la pollution.

5.11.1.6 Reptiles

La mer Méditerranée abrite 3 des 7 espèces de tortues marines connues dans le monde, qui sont les seuls reptiles marins à fréquenter le bassin.

Tortues marines

Les espèces de tortues marines présentes en mer Méditerranée sont les suivantes : *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea* et *Caretta caretta*.

Caretta caretta

Figure 5-109 Caretta caretta



Source : artescienza.org, 2024

C'est l'espèce de loin la plus répandue en mer Méditerranée ; elle se déplace du bassin oriental de la Méditerranée vers les eaux de la mer Tyrrhénienne et de l'Adriatique pendant la saison d'alimentation et d'hivernage. La Méditerranée abrite à la fois une population locale de *Caretta caretta* et des individus provenant des populations des deux côtés de l'océan Atlantique (Clusa *et al.*, 2014).

Elle peut s'éloigner très loin des côtes et descendre à une profondeur considérable, même plus de 100 m, mais elle se promène généralement près des côtes rocheuses, des lagunes, des grandes criques et des embouchures des fleuves. Dans l'archipel toscan, on peut l'observer occasionnellement. C'est la plus petite des tortues de la Méditerranée, elle peut atteindre 110 cm de long, avec un poids allant de 100 à 180 kg, et on estime qu'elle peut vivre entre 13 et 30 ans.

La carapace brun-rougeâtre des jeunes présente une carène dorsale dentelée, tandis que le plastron est de couleur jaunâtre. La tête est recouverte d'écailles et deux paires d'écailles préfrontales sont également présentes entre les yeux. Une caractéristique distinctive entre le mâle et la femelle réside dans la queue, nettement plus longue chez le mâle.

D'après les données disponibles, il semble que dans la Méditerranée, la *Caretta caretta* puisse nicher lorsqu'elle atteint environ 60 cm de longueur, une taille qui peut être atteinte après plus de 10 ans. La ponte a généralement lieu la nuit et libère entre 40 et 190 œufs blancs, sphériques, d'une consistance similaire à celle du cuir. La taille des œufs dépend de celle de la mère, mais leur diamètre moyen est d'environ 4 cm pour un poids moyen d'environ 35 g. La période de ponte en Méditerranée s'étend

de la fin du printemps au début de l'automne et comprend probablement entre 1 et 3 pontes par saison. En Méditerranée, les sites de ponte se trouvent principalement à l'est et comprennent les côtes de la Grèce, de la Turquie, de Chypre et de la Libye.

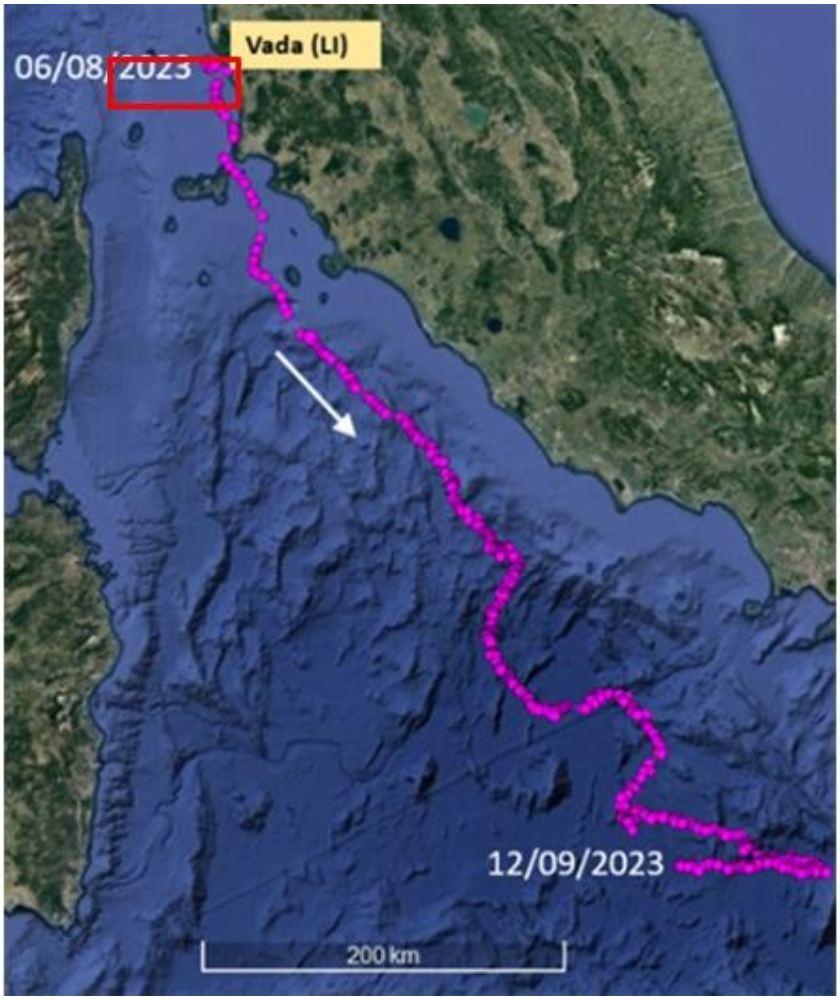
Son régime alimentaire comprend à la fois des organismes benthiques et des animaux planctoniques tels que certaines méduses et certains organismes de consistance gélatineuse qui forment des colonies de plusieurs mètres de long, comme les salpes. Il se nourrit également de poissons tels que les hippocampes et les poissons-aiguilles qui fréquentent les prairies de *Posidonia oceanica*.

En se concentrant sur la zone élargie et en analysant les données relatives aux carcasses de tortues ou aux individus en difficulté recueillis dans l'archipel toscan et sur la côte toscane depuis 1990, on constate une augmentation moyenne d'environ 2 individus par an, pour atteindre 50 découvertes par an. Deux nidifications ont eu lieu sur l'île d'Elbe : en 2017 à Marina di Campo et en 2018 à Capoliveri, avec respectivement 98 et 67 petits. La nidification de 2017 a été la première enregistrée en Toscane et l'une des plus septentrionales de la Méditerranée.

En outre, il a été possible de recueillir des informations sur les routes migratoires des tortues marines d'intérêt et l'emplacement des nids le long des côtes de l'archipel toscan, dans des zones qui font partie de l'Area Vasta. Une étude menée sur les migrations de *Caretta caretta* montre que l'espèce effectue des migrations sur de longues distances entre les bassins de la Méditerranée occidentale et orientale en suivant les courants superficiels (Bentivegna *et al.*, 2002, 2007). Au cours de l'année 2023, 24 nids ont été recensés en Toscane, dont 9 sur les îles de l'archipel (Elbe et Giglio) et 8 sur la côte entre Pise, Livourne, Piombino et Grosseto, selon les données de l'ARPAT. L'application de balises satellites a permis d'évaluer le parcours d'un individu de *Caretta caretta* après la nidification (Figure 5-110)[25].

25 https://www.arpat.toscana.it/notizie/2023/nidi-tartarughe-marine-2023/estate-2023-record-per-i-nidi-di-tartarughe-marine-caretta-caretta-in-toscana, (2023)

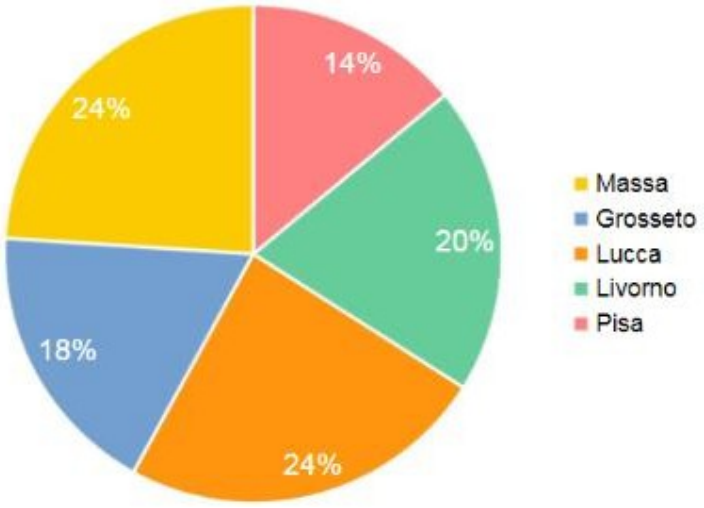
Figure 5-110 Parcours d'un spécimen Caretta caretta après la ponte.



Source : ARPAT, 2023

Entre 2012 et 2022, les découvertes de *Caretta caretta* en Toscane ont été recensées. En 2022, 50 individus ont été retrouvés au cours de l'année, dont 20 % dans la province de Livourne (Figure 5-111), située dans la zone couverte par le projet. Comme le montre le tableau 5-37, la plupart des individus retrouvés (25) s'étaient échoués sur les plages, comme la plupart des individus retrouvés au cours de la période 2012-2022.

Figure 5-111 Fréquence par province des échouages retrouvés en Toscane en 2022



Source : ARPAT, 2022

Tableau 5-37 Observations d'exemplaires de tortues Caretta Caretta en Toscane. Années 2012-2022

Modalità di ritrovamento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Totale complessivo
Avvistamento	2	1	1	3	4	1	1	0	1	9	6	**29**
Cattura	4	6	16	6	12	8	9	10	5	7	6	**89**
Ritrovamento in mare	12	5	13	4	6	7	5	0	7	19	6	**84**
Spiaggiamento	20	33	31	28	34	34	30	23	27	33	25	**318**
Collisione	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	**5**
Indeterminato	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
Nidificazione	0	0	0	0	0	0	3	5	5	6	3	**22**
Tentativo nidificazione	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	**9**
Totale complessivo per anno	**39**	**47**	**61**	**44**	**56**	**50**	**49**	**38**	**47**	**77**	**50**	**558**

Source : ARPAT, 2022

Chelonia mydas

Figure 5-112 Chelonia mydas



Source : artescienza.org, 2024

Relativement rare en mer Méditerranée, elle peut être observée presque exclusivement dans le bassin oriental, avec des zones de reproduction principales le long des côtes méridionales de la Turquie, de la Syrie et de Chypre (Kasparek *et al.*, 2001). L'espèce fréquente les eaux italiennes, probablement poussée par la recherche de nourriture, uniquement pendant les saisons les plus chaudes (Bentivegna *et al.*, 2011) (Figure 5-113). La première observation de cette espèce en Toscane remonte à 1997, lorsqu'un spécimen a été capturé accidentellement dans les eaux des Secche della Meloria, à Livourne, par un palangre. Par la suite, 5 spécimens morts ont été enregistrés, 4 entre 2001 et 2004, le dernier en 2014[26] .

26 https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/acque-marine-e-costiere/biodiversita-marina/tartarughe-marine, (2016)

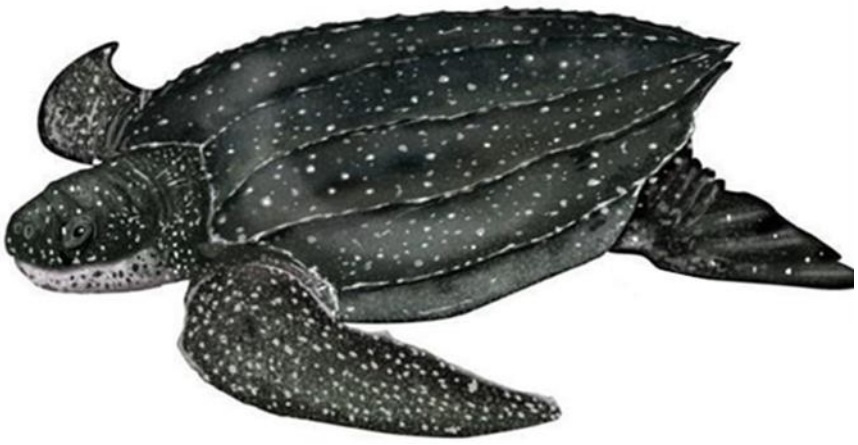
Figure 5-113 Carte indiquant l'emplacement des échouages/observations de tortues vertes dans les eaux italiennes. Les symboles noirs indiquent les endroits où les tortues mortes se sont échouées, les symboles gris les endroits où les tortues ont été trouvées vivantes.



Source : Bentivegna et al., 2007

Dermochelys coriacea

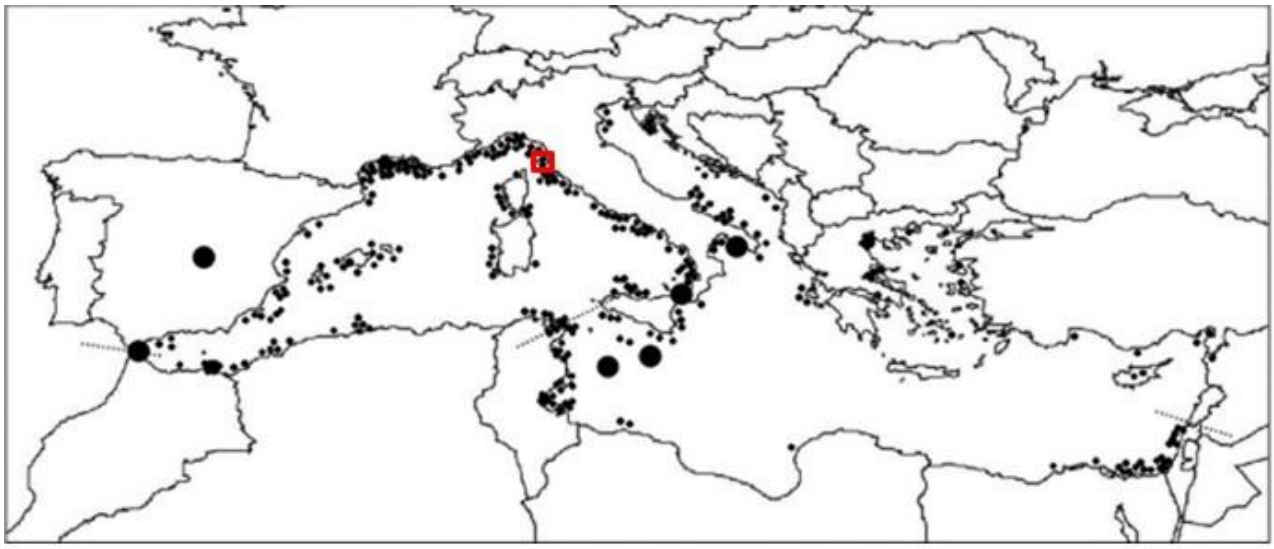
Figure 5-114 Dermochelys coriacea



Source : NOAA Fisheries, 2024

Cette espèce fréquente différentes zones (à l'exception des zones polaires), présentant ainsi la plus large aire de répartition parmi les tortues marines. Les individus méditerranéens font partie de la population nord-atlantique et pénètrent dans le bassin par le détroit de Gibraltar (Caracappa *et al.*, 2017 ; Karaa *et al.*, 2013). Il s'agit d'individus adultes, mâles et femelles, mais aucun site de nidification n'a été identifié.

Figure 5-115 Répartition géographique des signalements de Dermochelys coriacea en Méditerranée. La taille des cercles représente le nombre d'enregistrements.



Source : Casale et al., 2003.

Si l'on ne tient compte que des spécimens capturés au filet, la plupart (84,4 % ; n = 32) ont été capturés sur la côte ouest (mer Tyrrhénienne). Bien qu'il ne soit pas possible d'exclure que cette différence soit due à des efforts de pêche différents, ce modèle est conforme à un fort gradient ouest-est, la plupart des enregistrements dans le bassin occidental s'expliquant par l'origine atlantique des spécimens (Casale *et al.*, 2003). Depuis 1990, seuls 9 spécimens de tortues luth ont été enregistrés en Toscane - 7 morts et 2 vivants
, le dernier en 2011[27].

Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

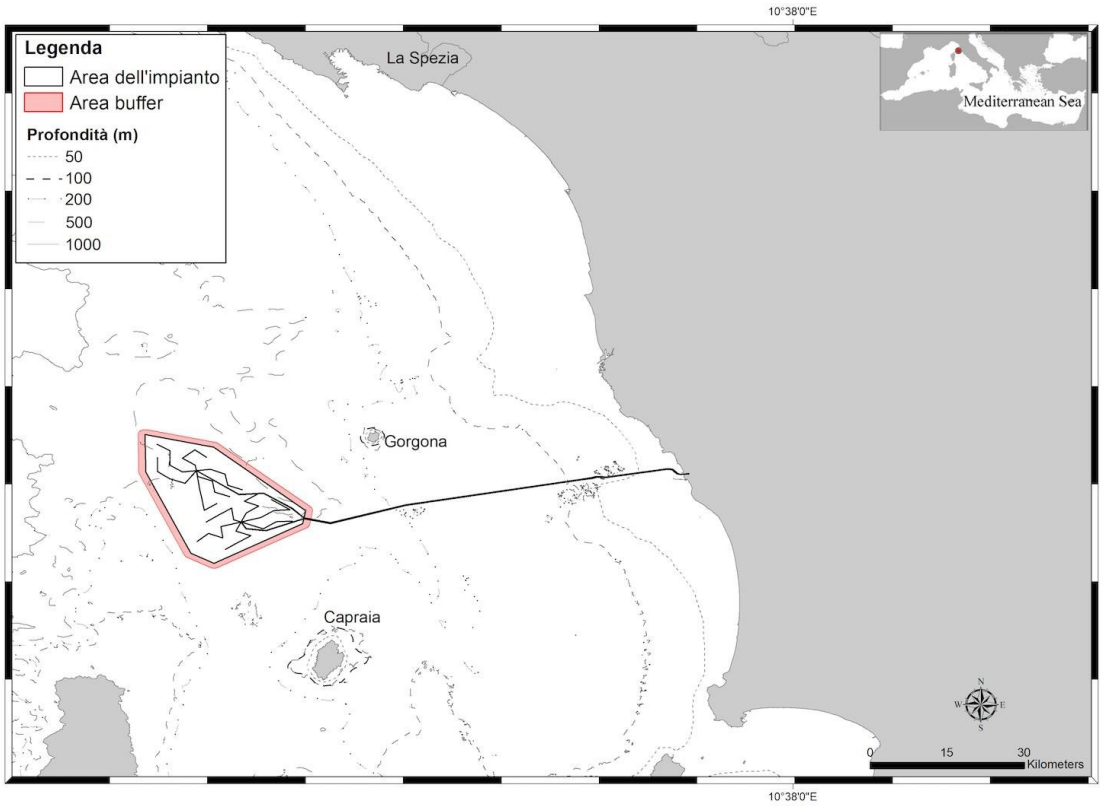
Afin de documenter la présence de tortues marines dans la zone du projet, un plan de surveillance ante-operam d'une durée d'un an a été programmé, avec des campagnes saisonnières de 7 transects chacune, pour un total de 28 transects, afin d'obtenir une étude complète de la superficie du parc. Les campagnes de surveillance, composées chacune de 7 transects, ont eu lieu dans les zones suivantes

27 https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/acque-marine-e-costiere/biodiversita-marina/tartarughe-marine, (2016)

saisons : saison hivernale (6-7 et 18-19 mars 2024), saison printanière (4-7 juin 2024), saison estivale (16-19 juillet 2024) et saison automnale (14-18 octobre 2024).

La surface maritime concernée par l'étude correspondait au périmètre de la concession fourni par le client, élargi d'une zone tampon de 1 km, pour une superficie totale d'environ 402 km^2(Figure 5-116).

Figure 5-116 Zone faisant l'objet de l'étude



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Le suivi des tortues marines a été réalisé par échantillonnage visuel effectué par des opérateurs certifiés ACCOBAMS, selon l'approche du Conventional Distance Sampling (CDS, Buckland *et al.*, 2001, 2004), qui permet d'estimer la densité ou l'abondance d'une espèce dans une zone grâce à la réalisation de transects linéaires ou ponctuels dans lesquels sont enregistrées les distances perpendiculaires par rapport aux animaux observés, le nombre d'individus et l'effort de recherche soutenu (km ou NM).

Parmi les méthodes répertoriées dans le CDS, celle du « zig-zag line transect sampling » a été adoptée. Elle prévoit l'utilisation de transects linéaires qui parcourent la zone d'étude en suivant un parcours en zigzag, d'une longueur fixée pour ces campagnes à environ 20 NM.

Au cours de l'activité de surveillance menée au cours des 4 saisons, avec un effort d'échantillonnage total de 557,4 NM, aucun spécimen de tortue marine *Caretta Caretta* n'a été observé.

5.11.1.7 *Avifaune et routes migratoires*

Tendue comme un pont naturel entre l'Europe et l'Afrique, l'Italie constitue dans son ensemble une voie de migration de première importance pour un large éventail d'espèces et d'immenses contingents de migrateurs. La Toscane, comme beaucoup d'autres régions, est une région de transit pendant la migration, mais aussi une zone propice à la nidification et à la croissance des petits. L'Italie est traversée par la migration deux fois par an, au printemps, lorsque les populations animales quittent leurs quartiers d'hivernage en Afrique et rejoignent l'Europe pour nicher, et en automne, lorsqu'elles quittent l'Europe pour passer l'hiver sur les côtes sud de la mer Méditerranée ou au sud du Sahara. La migration peut donc être définie comme un mouvement récurrent et périodique dans des directions alternées.

Afin d'évaluer les principales routes migratoires qui caractérisent le contexte italien, l'ISPRA a mené dans le passé plusieurs campagnes de surveillance dont les résultats ont été publiés dans l'« Atlas de la migration des oiseaux en Italie. Passeriformes et non passeriformes. Spina F. Volponi S., 2008 ». En outre, afin d'évaluer les principales routes migratoires qui caractérisent la Toscane, en collaboration avec le Centre ornithologique toscan, elle a rédigé le rapport « Sensibilité de l'avifaune aux installations éoliennes en Toscane » (Région Toscane, 2013).

L'archipel toscan occupe une position stratégique pour les longues migrations de la saison de reproduction ou d'hivernage de nombreuses espèces d'oiseaux. La grande variété des milieux côtiers (falaises à pic sur la mer, récifs broussailleux, dunes de sable et pinacles rocheux émergeant de la mer) permet d'observer de nombreuses espèces d'oiseaux. Vers la fin de l'hiver, il est possible d'observer des oiseaux pélagiques, tels que le puffin yelkouan (*Puffinus yelkouan*) et le puffin majeur (*Calonectris diomedea*), qui fréquentent les îles de l'archipel en été. Ces deux espèces nichent, en groupes plus ou moins importants, dans les cavités naturelles des falaises de certaines îles toscanes. On note également la présence du cormoran (*Phalacrocorax carbo*) et du cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*), avec un nombre important de couples nicheurs dans tout l'archipel. Une autre espèce surveillée est le fou de Bassan (*Morus bassanus*), que l'on peut observer occasionnellement depuis les côtes des îles tout au long de l'hiver. La population de goélands royaux (*Larus michahellis*) est stable, avec de nombreuses colonies présentes sur les îles de l'archipel, tandis que la population de goélands d'Audouin (*Ichthyaetus audouinii*) est présente ici avec un noyau de couples nicheurs d'importance stratégique pour la conservation de l'espèce au niveau mondial. En hiver, des oiseaux provenant du nord, tels que le plongeon imbrin (*Gavia immer),* qui niche en Scandinavie, ou le harle beavert (*Mergus serratus*), sont observés le long des côtes de l'île d'Elbe, dans les petits ports et près des plages[28]. Une espèce particulièrement intéressante en raison de sa forte présence dans la zone d'étude est le goéland brun (*Larus melanocephalus*). Les

28 https://www.islepark.it/natura/mare/uccelli-marini (2023)

Les individus recensés sont entre 1 300 et 1 500, qui ont tendance à suivre une direction migratoire vers le sud[29].

Selon le document rédigé par la région Toscane, les groupes d'espèces les plus sensibles à l'impact des éoliennes sont les grues, les cigognes et certains rapaces diurnes, appartenant principalement à la famille des Accipitriformes. Toutes ces espèces se caractérisent par une grande envergure et ont en commun la caractéristique d'exploiter pendant la migration les courants ascendants qui se créent dans certaines situations géographiques pour prendre de l'altitude, puis de glisser en passant d'un courant ascendant à l'autre. Une autre caractéristique importante des oiseaux qui migrent en exploitant le vol plané est leur grégarisme.

La définition des routes et surtout des zones de concentration n'est toutefois pas facile et nécessite une grande quantité de données collectées à l'aide de méthodologies ciblées, qui ne sont actuellement disponibles en Toscane que pour certains sites. En outre, les connaissances sont encore plus rares pour les espèces les plus rares et donc les plus intéressantes du point de vue de la conservation. Compte tenu des caractéristiques communes des groupes d'espèces considérés, il est toutefois raisonnable de supposer que leur flux à travers le territoire toscan suit globalement les mêmes dynamiques spatiales. Toutefois, compte tenu de l'existence de certaines différences dans les itinéraires empruntés et dans le nombre d'oiseaux concernés, la migration post-reproductive (figure 5-118) et la migration pré-reproductive (figure 5-117) ont été traitées séparément.

29 https://www.liguriabirding.net/easyUp/file/Progetto%20MORUS%20-bollettino3-2010.pdf (2010)

Figure 5-117 Schématisation des principales routes de migration pré-reproductive des rapaces à travers la Toscane



Remarques : Dans le quadrant rouge Zone étendue.

Source : Région Toscane, 2013

Figure 5-118 Schématisation des principales routes de migration des rapaces post-reproductifs à travers la Toscane



Remarques : dans le quadrant rouge, zone

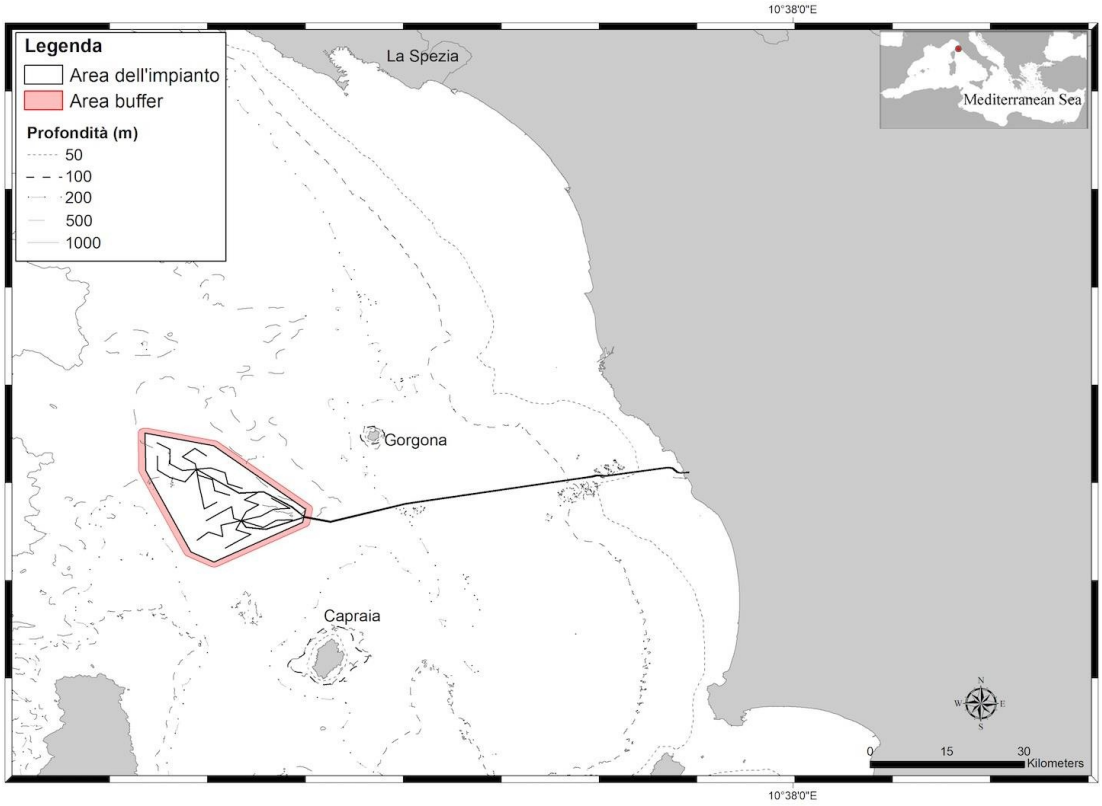
étendue Source : Région Toscane, 2013

<u>Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental</u>

Afin de documenter la présence d'espèces d'oiseaux marins, un plan de surveillance *pré-opérationnel* d'une durée d'un an a été mis en place, avec des campagnes saisonnières de 7 transects chacune, pour un total de 28 transects, afin d'obtenir une étude complète de la superficie du parc. Les campagnes de surveillance ont eu lieu au cours des saisons suivantes : saison hivernale (6-7 et 18-19 mars 2024), saison printanière (4-7 juin 2024), saison estivale (16-19 juillet 2024) et saison automnale (14-18
octobre 2024).

La surface maritime couverte par l'étude correspondait au périmètre de la concession fourni par le client, prolongé d'une zone tampon de 1 km, pour une superficie totale d'environ 402 km^2(Figure 5-119).

Figure 5-119 Zone faisant l'objet de l'étude



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

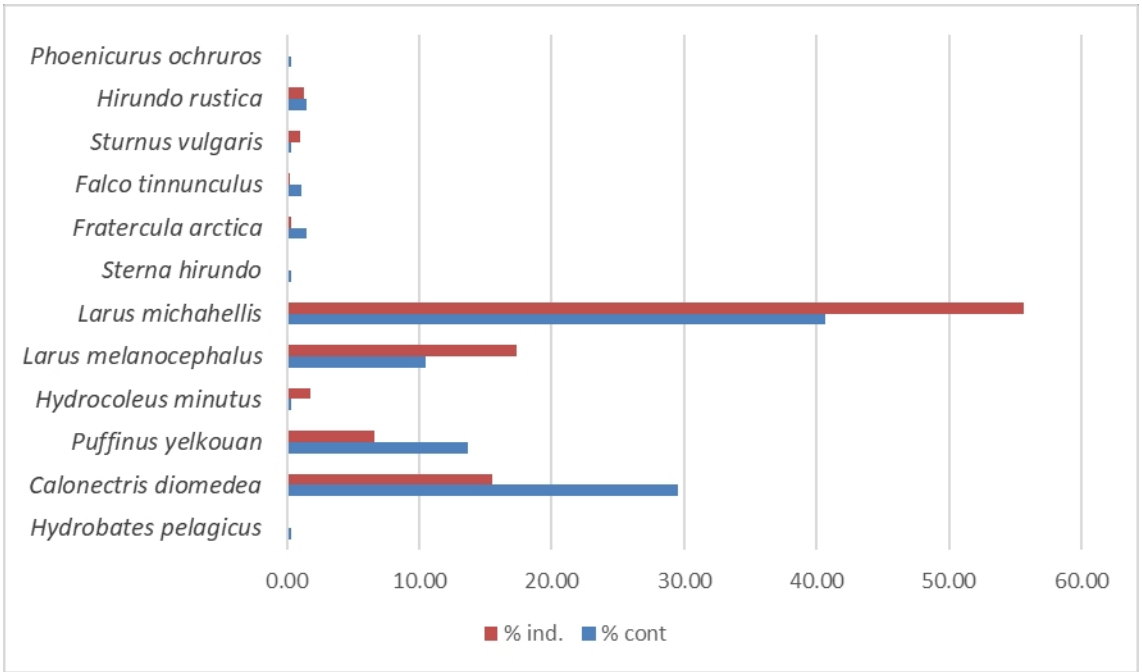
Le suivi est principalement consacré aux oiseaux marins nicheurs en Méditerranée (pétrel à bec grêle, pétrel méditerranéen, pétrel tempête) et aux principales espèces d'oiseaux marins hivernants (sternes, laridés hauturiers, skuas), afin d'estimer leur densité (nombre d'individus/km^2) sur des transects linéaires standardisés (line transect), selon les principes de l'échantillonnage à distance. Seuls les oiseaux en vol ou posés sur l'eau, situés à l'intérieur d'une bande imaginaire de 300 m de large et perpendiculaire à la direction de navigation, sont pris en compte et comptés.

Au cours des saisons de surveillance, 278 contacts ont été effectués et 1 125 oiseaux appartenant à 12 espèces ont été observés, dont quatre non marines :

- 3 espèces de Procellariiformes : le pétrel tempête (*Hydrobates pelagicus*), le grand puffin (*Calonectris diomedea*) et le petit puffin (*Puffinus yelkouan*) ;
- 5 espèces de Charadriiformes : la mouette pygmée (*Hydrocoleus minutus*), la mouette rieuse (*Larus melanocephalus),* la mouette royale (*Larus michahellis*), la sterne pierregarin (*Sterna hirundo)* et le macareux moine (*Fratercula arctica*) ;
- 1 Falconiforme : le Faucon crécerelle (*Falco tinninculus) ;*
- 3 espèces de passereaux : l'hirondelle *rustique* (*Hirundo rustica*), l'étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*) et le rougequeue noir (*Phoenicurus ochruros*).

La figure 5-120 présente toutes les espèces observées avec le pourcentage de contacts et le nombre d'individus observés.

Figure 5-120 Pourcentage d'individus observés et nombre de contacts effectués au cours des 4 saisons de surveillance.

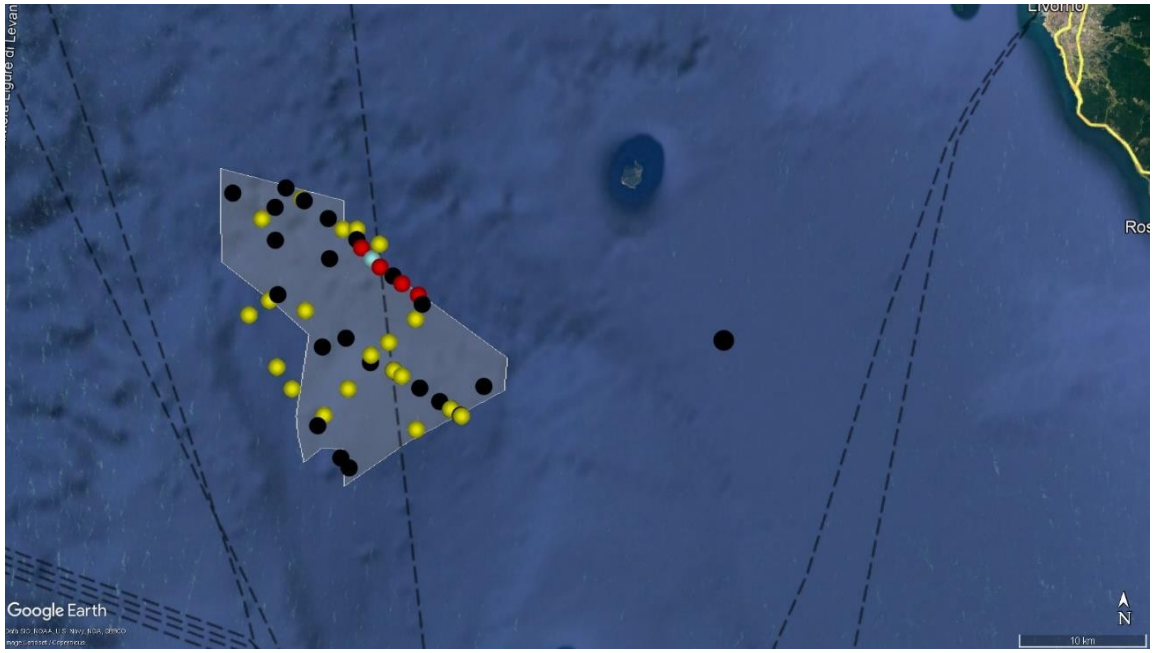


Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

L'espèce qui présente le plus grand nombre de contacts et d'individus observés est le goéland royal, avec respectivement 40,6 % et 55,6 %, tandis que parmi les espèces considérées comme cibles pour la surveillance, l'importance de la zone étudiée pour le grand puffin (29,5 % des contacts), la sterne pierregarin (13,7 %) et la mouette coralline (10,4 %). Enfin, l'observation hivernale de 4 individus de macareux moine et d'un pétrel tempête au printemps, deux espèces pélagiques d'intérêt pour la conservation et donc difficilement observables avec d'autres types de méthodologies, s'est avérée intéressante.

Au cours du suivi hivernal, 85 observations ont été effectuées, portant sur 463 individus appartenant à 5 espèces différentes : le petit puffin, le goéland brun, le goéland corallin, le goéland royal et le macareux moine (Figure 5-121).

Figure 5-121 Localisation des contacts des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance hivernale.



Remarque : jaune = sterne naine ; rouge = macareux moine ; bleu clair = sterne pierregarin ; noir = sterne coralline

Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

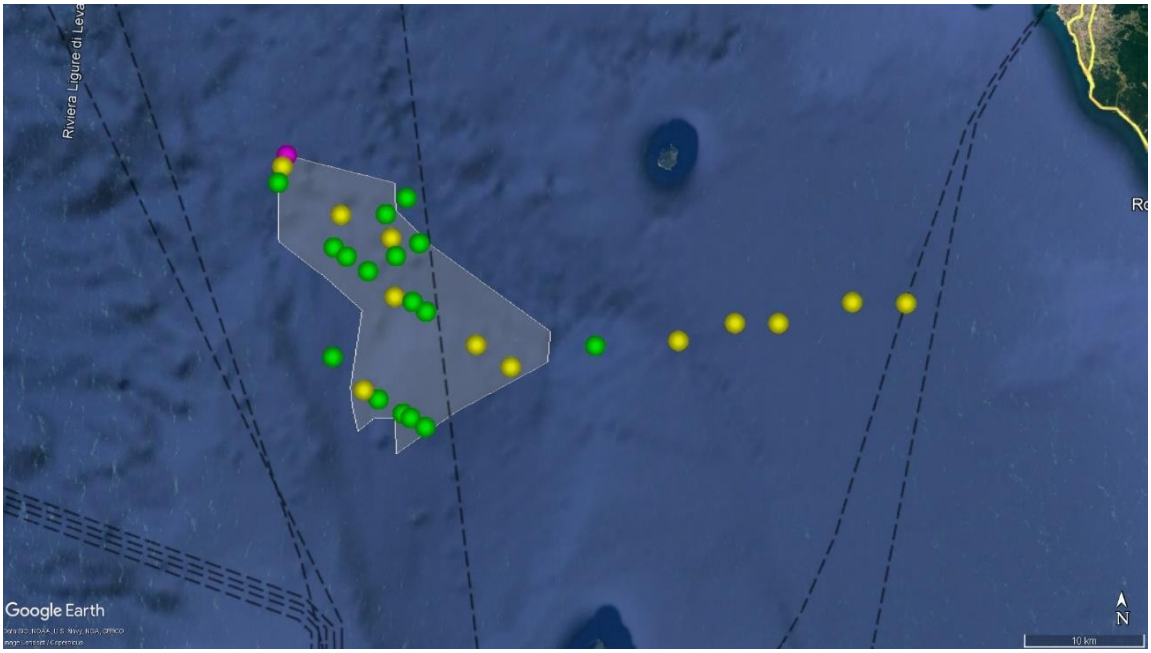
Figure 5-122 Exemples d'images de Fratercula arctica (à gauche) et d'Hydrocoleus minutus (à droite) observés lors de la campagne de surveillance hivernale du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Au cours de la campagne printanière, 51 observations ont été effectuées, concernant 134 individus appartenant à 5 espèces, dont une non marine : la sterne pierregarin, la sterne caugek, la sterne naine, le goéland royal et l'hirondelle (Figure 5-123).

Figure 5-123 Localisation des contacts des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance printanière.



Remarque : jaune = puffin cendré ; vert = puffin majeur ; violet = pétrel tempête Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

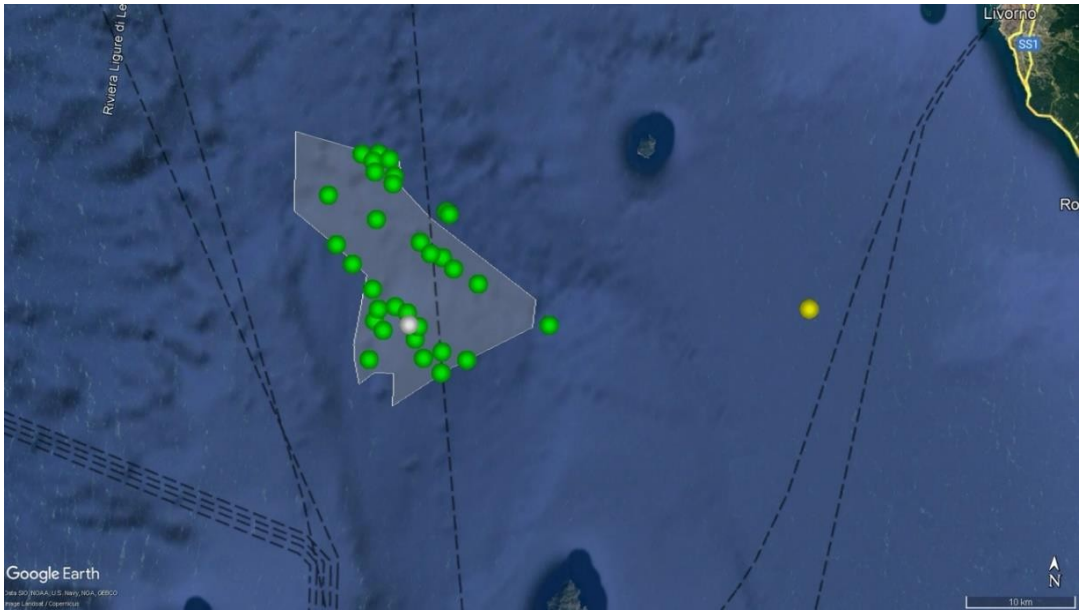
Figure 5-124 Exemples d'images de Calonectris diomedea (à gauche) et de Puffinus yelkouan (à droite) observés lors de la campagne de surveillance printanière du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Au cours de la campagne de surveillance estivale, 74 observations ont été effectuées, concernant 370 individus appartenant à 4 espèces marines : le grand pétrel, le petit pétrel, le goéland royal et la sterne pierregarin. Cependant, les données ne peuvent être considérées comme pertinentes que pour deux espèces, le petit pétrel et la sterne pierregarin étant peu représentés.

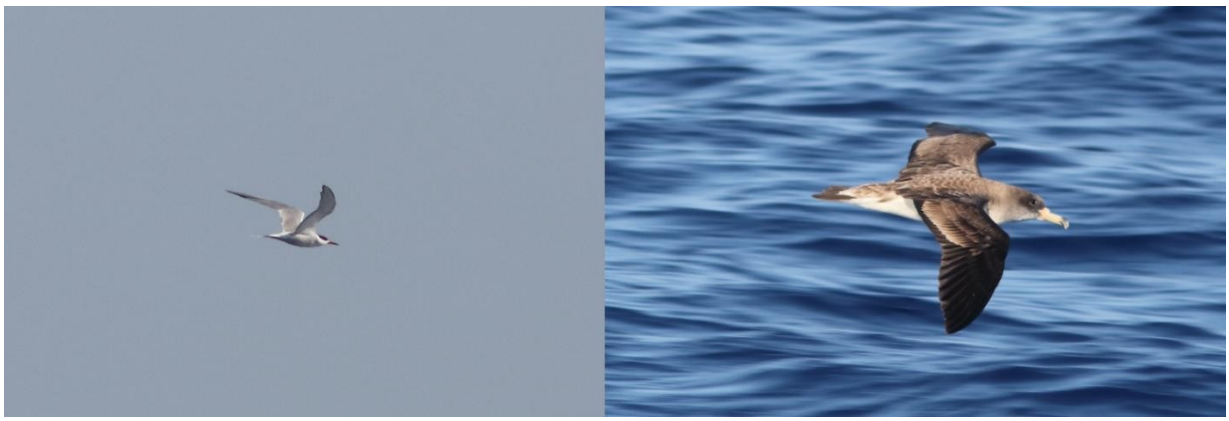
Figure 5-125 Localisation des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance estivale.



Remarque : jaune = sterne pierregarin ; vert = sterne caugek ; blanc = sterne commune.

Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

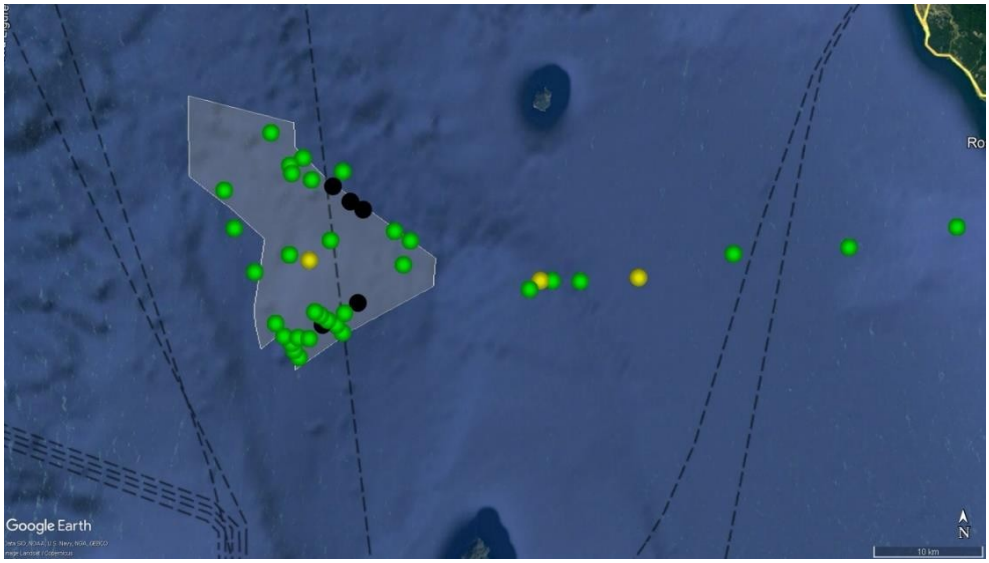
Figure 5-126 Exemples d'images de Sterna hirundo (à gauche) et de Calonectris diomedea (à droite) observées lors de la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Enfin, au cours de la campagne automnale, 68 observations ont été effectuées concernant 158 individus appartenant à 8 espèces, dont 4 marines. Le grand pétrel, le petit pétrel, la mouette coralline et la mouette royale. Quatre espèces non liées au milieu marin ont également été observées en migration : le faucon crécerelle, l'étourneau, l'hirondelle et le rougequeue à front blanc.

Figure 5-127 Localisation des espèces cibles dans la zone du projet pendant la campagne de surveillance automnale.



Remarque : jaune = berta mineure ; vert = berta majeure ; noir = mouette coralline.

Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Figure 5-128 Images illustrant les observations de Falco tinnunculus (à gauche) et de Larus michahellis (à droite) effectuées lors de la campagne automnale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

En conclusion, le nombre d'individus observés lors de la campagne de surveillance hivernale (463) est plus important que celui observé lors des autres campagnes (134 au printemps, 370 en été et 158 en automne). Parmi les espèces considérées comme cibles pour la surveillance, il convient de souligner l'importance de la zone étudiée pour le grand pétrel (29,5 % des contacts), le petit pétrel (13,7 %) et le goéland corallien (10,4 %).

Pour plus d'informations sur les activités menées, veuillez vous référer au rapport « Secteur offshore - Rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00) ».

5.11.1.8 Mammifères marins

Les mammifères marins peuvent être divisés en quatre groupes taxonomiques différents : les cétacés, les pinnipèdes, les pinnipèdes marins et les sirénidés. Ces espèces jouent un rôle écologique fondamental dans le maintien de l'équilibre de l'écosystème marin, mais elles sont néanmoins exposées à de nombreuses menaces d'origine anthropique et naturelle.

On dénombre 8 espèces régulières de cétacés dans la mer Méditerranée : le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) - seul mysticète -, le cachalot (*Physeter macrocephalus*), ziphie (*Ziphius cavirostris*), le globicéphale (*Globicephala melas*), le grampus (*Grampus griseus*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le stenelle striata (*Stenella coeruleoalba*) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*) (Notarbartolo di Sciara, 2002) (Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993 ; Notarbartolo Di Sciara & Demma, 2004 ; Reeves & Notarbartolo di Sciara, 2006).

Cétacés

Balaenoptera physalus

Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) constitue en Méditerranée une population distincte de celle de l'Atlantique Nord, avec un flux génétique très limité (Bérubé *et al.*, 1993). Elle utilise principalement les zones de pente entre -400 et -2 500 m et est observée dans les zones d'upwelling, où la remontée des nutriments favorise la présence d'agrégats de zooplancton (Notarbartolo-Di-Sciara *et al.*, 2003 ; Panigada *et al.*, 2008). Des observations ont été faites dans le nord de l'Adriatique, ce qui permet de considérer la zone sud de l'Adriatique comme une zone de passage ; leur présence est en revanche confirmée dans le nord de la mer Ionienne (Lipej *et al.*, 2004 ; Carlucci *et al.*, 2021).

Delphinus delphis

Le dauphin commun (*Delphinus delphis*) est une espèce cosmopolite qui occupe les eaux pélagiques et côtières de la Méditerranée. Au cours des dernières décennies, l'abondance des populations de dauphins communs a subi une réduction drastique dans le bassin (Bearzi *et al.*, 2003). La présence du dauphin commun est occasionnelle dans les eaux italiennes, sauf dans la zone de Lampedusa et de l'île d'Ischia où deux populations résidentes ont été recensées. Dans la zone ionienne étudiée, sa présence peut être considérée comme rare et occasionnelle.

Globicephala melas

En Méditerranée, l'espèce se trouve principalement dans le bassin occidental et central, même si les densités les plus élevées se trouvent dans les zones les plus occidentales à des profondeurs supérieures à -500 m (Verborgh *et al.*, 2016). La présence du globicéphale dans la zone faisant l'objet de la recherche peut être considérée comme rare.

Physeter macrocephalus

Le cachalot (*Physeter macrocephalus*) est présent en Méditerranée avec une seule population, génétiquement différente de celle de l'Atlantique, et répartie dans tous les bassins, avec une prédominance dans les zones les plus profondes (> -1000 mètres) (Drouot *et al.*, 2004). La population de cette espèce a décliné au cours des 20 dernières années. À ce jour, on estime qu'il ne reste plus que 2 500 individus matures dans toute la mer Méditerranée, et ce nombre continue de diminuer. Parmi les principales menaces figurent les filets de pêche, les collisions avec des navires et les perturbations causées par le trafic maritime intense. Les cachalots sont présents dans toute la Méditerranée.

Stenella coeruleoalba

Le dauphin bleu et blanc est le dauphin le plus commun en Méditerranée. C'est une espèce pélagique qui préfère les eaux profondes, avec des populations qui comptaient environ 88 650 individus en 2012 dans la mer de Corse, la mer Ligure et la mer Tyrrhénienne centrale (ISPRA, 2012).

Grampus griseus

Le grampus préfère les habitats profonds de la Méditerranée avec des pentes et des canyons sous-marins, même à la limite du plateau continental (Azzellino *et al.*, 2008). La présence du grampus dans la mer Tyrrhénienne est considérée comme très rare (ISPRA, 2012).

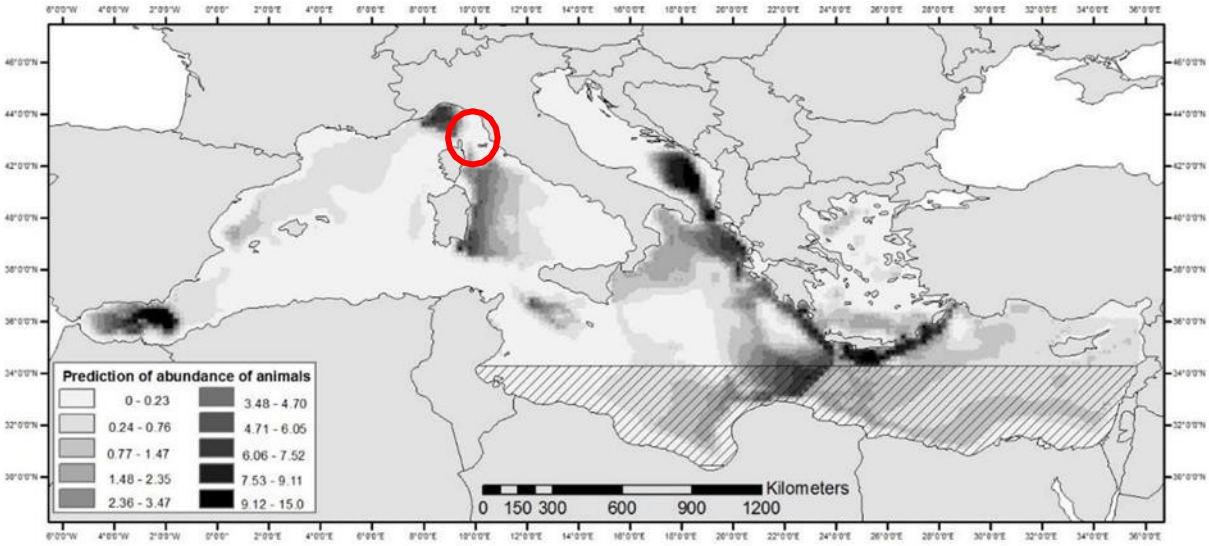
Tursiops truncatus

Le grand dauphin est l'espèce la plus observée en mer Méditerranée, ainsi que largement répandue au large des côtes italiennes. Une étude menée en 2014 à partir d'observations visuelles depuis des ferries en mer Adriatique et en mer Ionienne a confirmé que le grand dauphin est présent de manière régulière (Fanizza *et al.*, 2014 ; Azzolin *et al.*, 2016 ; Holcer *et al.*, 2007). Les données relatives à la mer Tyrrhénienne sont en revanche plus rares et indiquent une population légèrement supérieure à 1 000 individus (ISPRA, 2012).

Ziphius cavirostris

Le zifio est une espèce qui vit principalement dans des eaux de plus de 500 m de profondeur, en particulier entre - 1 000 et - 2 000 m et dans les canyons sous-marins (Tepsich *et al.*, 2014). La mer Tyrrhénienne pourrait être considérée comme l'habitat de cette espèce (ISPRA, 2012). La présence de canyons et de grandes profondeurs, non loin de la zone du projet, pourrait constituer un habitat intéressant pour l'espèce (Cañadas *et al.*, 2018) (Figure 5-129).

Figure 5-129 Abondance estimée de Ziphius cavirostris en mer Méditerranée. La zone vaste est entourée en rouge.



Remarques : Dans le cercle rouge Zone

étendue Source : Cañadas et al., 2018

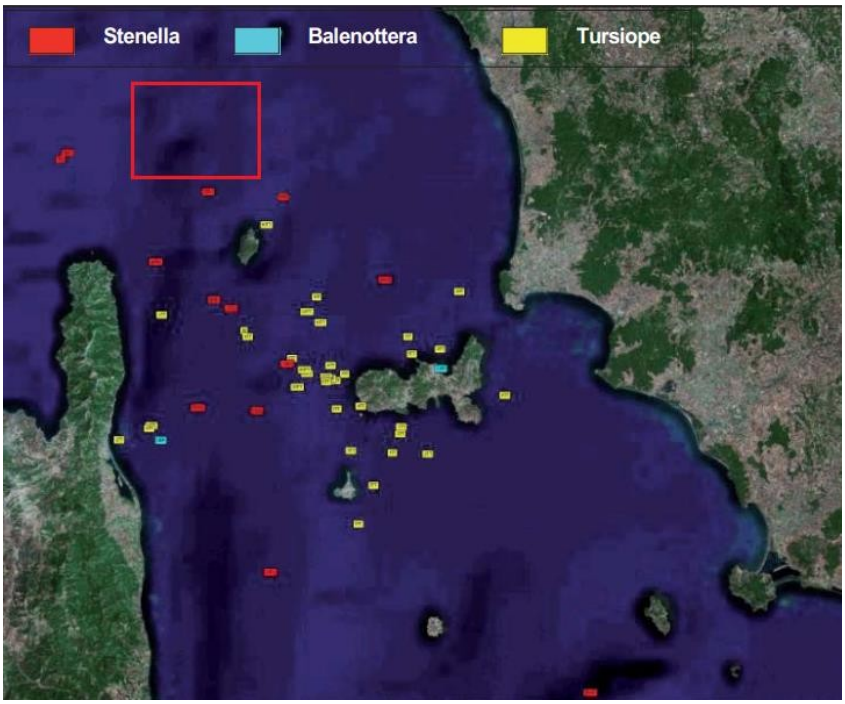
Dans la zone du projet, il est possible d'observer différentes espèces de cétacés. L'espèce la plus facilement observable à proximité immédiate des îles et de la côte est le grand dauphin (*Tursiops truncatus*). L'autre espèce de dauphin la plus présente, mais qui préfère rester à une plus grande distance de la côte, est le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*). Ces deux espèces de dauphins, appartenant au sous-ordre des odontocètes, peuvent être observées toute l'année et, dans le cas des grands dauphins, il semble qu'ils gravitent la plupart du temps dans les mêmes zones. La troisième espèce la plus fréquente est le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), qui appartient au sous-ordre des mysticètes et peut être observé principalement au début et à la fin de l'été, lorsque plusieurs spécimens transitent dans l'archipel toscan. Outre le grand dauphin, le stenelle et le rorqual commun, il est également possible d'observer, bien que de manière plus sporadique, le plus grand odontocète, le cachalot (*Physeter macrocephalus*). Plus rarement, au large des îles toscanes, on peut également observer le zifio (*Ziphius cavirostris*), le globicefalo (*Globicephala melas*), le grampo (*Grampus griseus*) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*)[30] .

Pour le projet BioMarT (Volpi C. *et al.* 2009), la zone située entre le nord de l'île de Capraia, l'ouest de la Corse et le sud des îles de Montecristo et Giannutri, qui couvre partiellement la zone du projet, a été examinée. Entre 2005 et 2007, trois espèces de grands dauphins (*Tursiops truncatus*, entre 177 et 234

30 https://www.islepark.it/natura/mare/balene-e-delfini (2023

individus), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*, entre 115 et 211 individus) et le rorqual commun (*Balaenopteraa physalus*, 5 individus) (Figure 5-130).

Figure 5-130 Répartition des observations et des espèces de cétacés

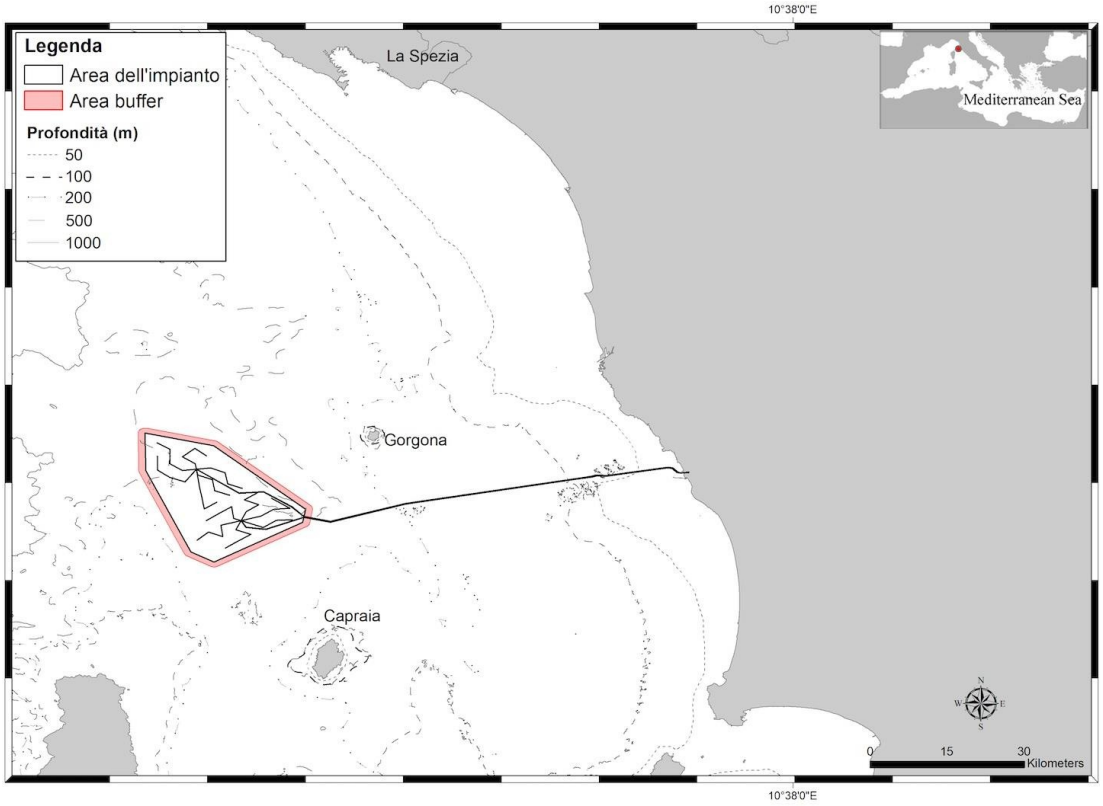


Source : BioMarT Atlas de la biodiversité (2009)

Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental

Afin de documenter la présence de tortues marines dans la zone du parc, un plan de surveillance pré-opérationnel d'une durée d'un an a été mis en place, avec des campagnes saisonnières de 7 transects chacune, pour un total de 28 transects, afin d'obtenir une étude complète de la superficie du parc. Les campagnes de surveillance, composées chacune de 7 transects, ont eu lieu au cours des saisons suivantes : saison hivernale (6-7 et 18-19 mars 2024), saison printanière (4-7 juin 2024), saison estivale (16-19 juillet 2024) et saison automnale (14-18 octobre 2024).La surface maritime faisant l'objet de l'étude était celle comprise dans le périmètre de la concession fournie par le client, prolongée d'une zone tampon de 1 km, pour une superficie totale d'environ 402 km^2(Figure 5-131).

Figure 5-131 Zone faisant l'objet de l'étude



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Le suivi des cétacés a été réalisé par échantillonnage visuel assisté par détection acoustique, selon l'approche du Conventional Distance Sampling (CDS, Buckland *et al.*, 2001, 2004), qui permet d'estimer la densité ou l'abondance d'une espèce dans une zone grâce à la réalisation de transects linéaires ou ponctuels dans lesquels sont enregistrées les distances perpendiculaires par rapport aux animaux observés, le nombre d'individus et l'effort de recherche soutenu (km ou NM).

Parmi les méthodes répertoriées dans le CDS, celle du « zig-zag line transect sampling » a été adoptée. Elle prévoit l'utilisation de transects linéaires qui parcourent la zone d'étude en suivant un parcours en zigzag, d'une longueur fixée pour ces campagnes à environ 20 nm.

La surveillance a été réalisée par trois opérateurs certifiés par l'ACCOBAMS en tant qu'observateurs de mammifères marins (MMO) et de surveillance acoustique passive (PAM), et la détection acoustique a été effectuée à l'aide de deux systèmes hydrophoniques remorqués différents, capables de détecter et de transposer des fréquences acoustiques dans la gamme de 2 KHz à 150 kHz et de 10Hz à 98 kHz. La détection acoustique effectuée pendant les activités de surveillance permet de vérifier la présence de cétacés lorsqu'ils ne sont pas visibles à la surface de la mer, ce qui rend les données de présence fournies plus précises et permet d'écouter les vocalisations émises par les différentes espèces dans les différents contextes où elles sont rencontrées.

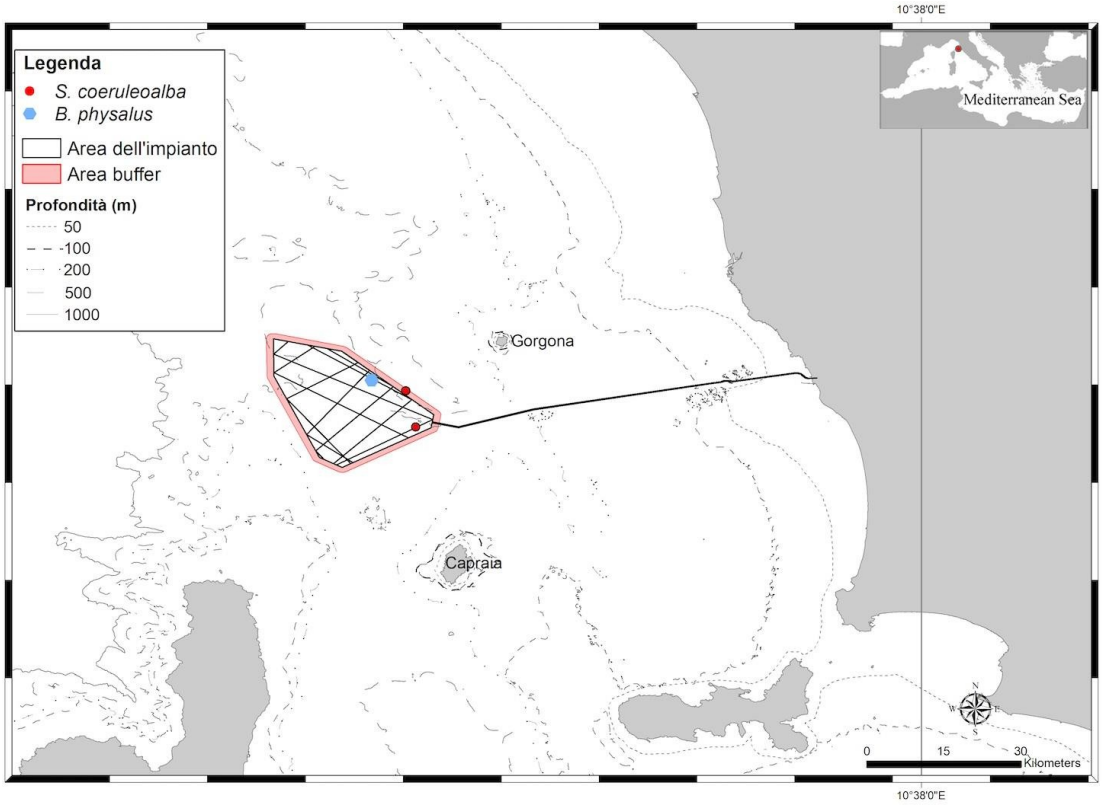
Les données collectées au cours des campagnes sont présentées dans le tableau 5-38.

Tableau 5-38 Résumé des activités de surveillance avec indication de l'effort d'échantillonnage en milles marins parcourus, des heures d'acoustique, de la date d'échantillonnage, des espèces observées, du nombre d'individus et de la profondeur à laquelle ils ont été observés.

Saison	Effort (NM)	Date	Espèce	Nb d'individus	Profondeur (m)
Hiver	142,6	06/02/2024	*S. coeruleoalba*	3	454
		07/02/2024	*B. physalus*	1	450
		18/03/2024	-	-	-
		19/03/2024	*S. coeruleoalba*	12	600
Printemps	140,5	04/06/2024	-	-	-
		05/06/2024	-	-	-
		06/06/2024	-	-	-
		07/06/2024	*S. coeruleoalba*	5	400
			S. coeruleoalba	5	426
			S. coeruleoalba	60	425
			S. coeruleoalba	30	267
			D. delphis	1	
Été	139,55	16/07/2024	*T. truncatus*	6	180
			T. truncatus	3	420
		17/07/2024	-	-	-
		18/07/2024	*S. coeruleoalba*	50	410
			S. coeruleoalba	20	450
		19/07/2024	-	-	-
Automne	134,80	14/10/2024	*T. truncatus*	2	230
		15/10/2024	*S. coeruleoalba*	7	400
			B. physalus	2	445
		16/10/2024	-	-	-
		18/10/2024	*S. coeruleoalba*	5	360
			S. coeruleoalba	25	370
			S. coeruleoalba	12	475

Au cours de la campagne de surveillance hivernale, trois observations ont été effectuées : deux groupes de stenelles (*Stenella coeruleoalba*) et un rorqual commun (*Balaenoptera physalus*). La première observation de stenelles concernait un groupe de 3 individus, à une profondeur de - 454 m, tandis que la deuxième observation concernait un groupe de 12 individus à une profondeur de - 600 m. L'observation de rorqual commun concernait un individu, à une profondeur de - 450 m, qu'il n'a pas été possible d'identifier à partir de photos.

Figure 5-132 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance hivernale



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Figure 5-133 Images illustrant les observations de S. Coeruleoalba (à gauche) et de B. physalus (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.

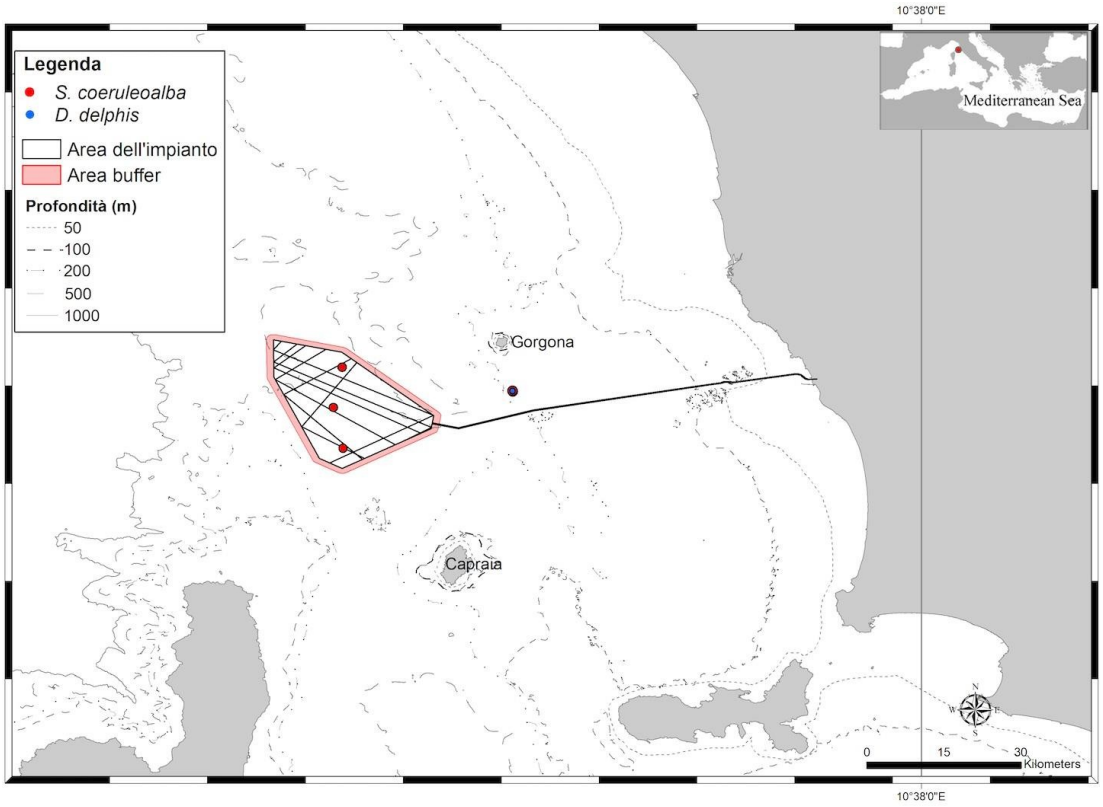


Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Au cours de la surveillance printanière, quatre observations de différents groupes de *S. coeruleoalba* ont été effectuées, tous engagés dans des activités de navigation à des profondeurs comprises entre - 267 m et - 426 m. Voir le tableau 5-38 pour le détail des observations.

Il convient de souligner la présence d'un dauphin commun (*Delphinus delphis*) dans le dernier groupe de stenelles aperçu à une profondeur d'environ - 267 m au large de l'île de Gorgona. Il n'est pas rare d'observer des spécimens de dauphins communs dans des groupes de stenelles, et ce phénomène est documenté dans différentes zones de la Méditerranée (par exemple, Frantzis et Herzing, 2002 ; Fortuna *et al.*, 2007).

Figure 5-134 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance printanière



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

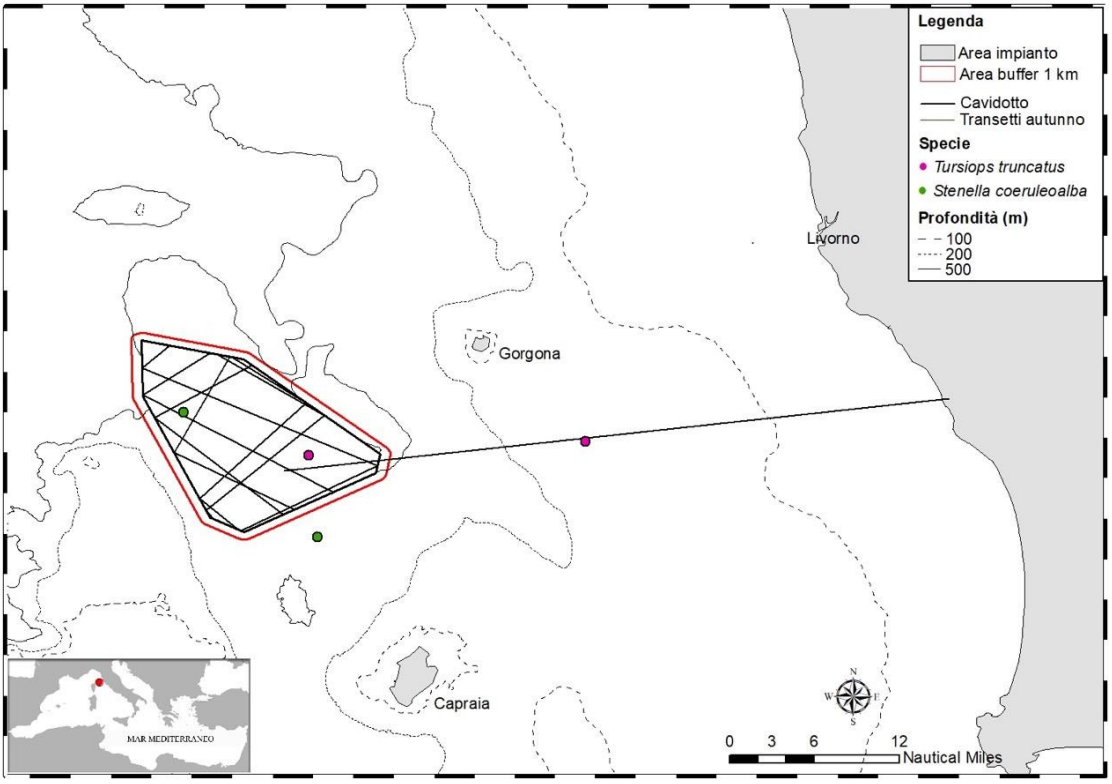
Figure 5-135 Images illustrant les observations de S. Coeruleoalba (à gauche) et de D. delphis (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Au cours du suivi estival, deux groupes de grands dauphins (*Tursiops truncatus),* composés respectivement de 6 et 3 individus, ont été observés lors du premier transect. Le premier groupe a été observé à une profondeur de -180 m, tandis que le second groupe a été observé à une profondeur de -420 m. Les deux groupes ont été observés en train de *se déplacer.* Sept des neuf grands dauphins ont été identifiés par photographie, ce qui a permis de vérifier la présence éventuelle des mêmes individus lors des campagnes de surveillance suivantes. Le long du troisième transect, deux groupes de dauphins bleus et blancs (*Stenella coeruleoalba)* ont été observés en train de *se déplacer*, respectivement à une profondeur de -410 m et -450 m.

Figure 5-136 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance estivale.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

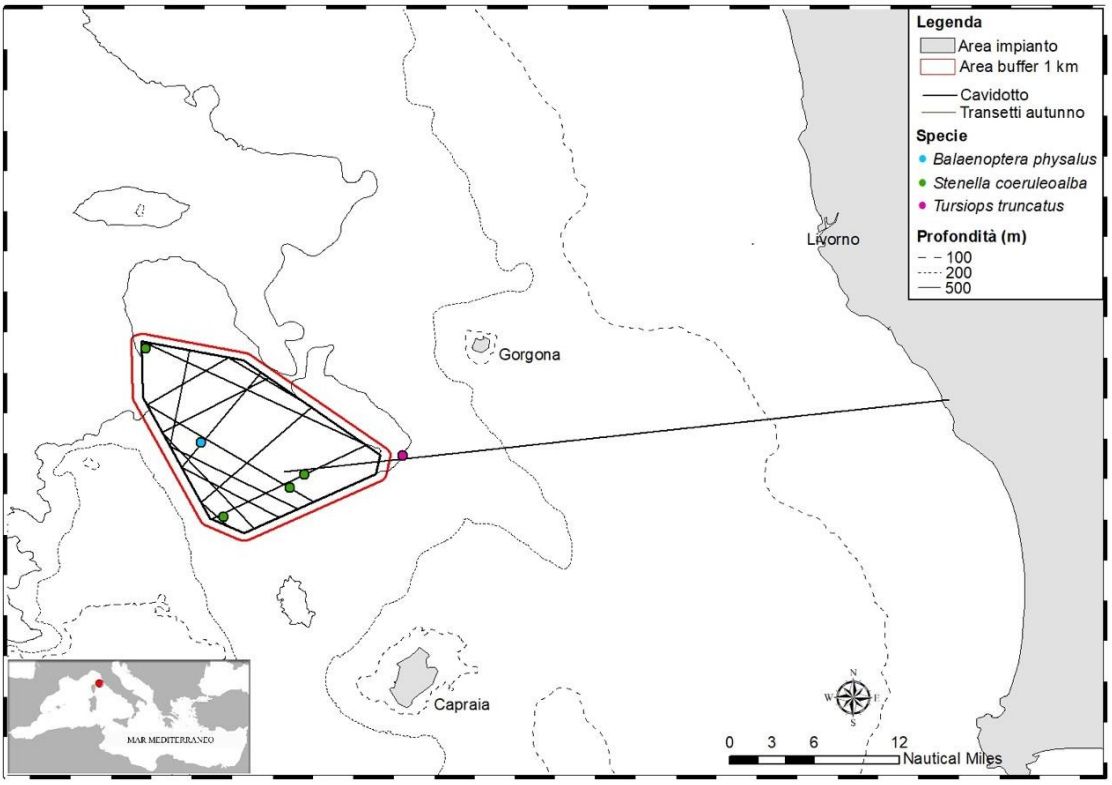
Figure 5-137 Images illustrant les observations de Tursiops truncatus (à gauche) et Stenella coerulealba (à droite) effectuées pendant la campagne estivale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Au cours de la campagne de surveillance automnale, lors du premier transect, deux grands dauphins (*Tursiops truncatus*) ont été observés à une profondeur de -230 m. Au cours du deuxième transect, un groupe de 7 stenelles (*Stenella coeruleoalba*) a été aperçu à une profondeur de -400 m et un individu de rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) à une profondeur de -445 m. Enfin, au cours de la dernière journée, trois groupes de stenelles (*Stenella coeruleoalba*) ont été aperçus en train de se déplacer : le premier groupe composé de cinq individus à une profondeur de -360 m, le deuxième groupe composé de 25 individus à une profondeur de -370 m, le troisième groupe composé de 12 individus à une profondeur de -475 m. Il a été possible de photo-identifier l'un des deux individus de rorqual commun malgré l'absence de photo du côté droit avant. En revanche, il n'a pas été possible de photo-identifier aucun des individus de grand dauphin observés.

Figure 5-138 Carte des transects suivis et des observations effectuées pendant la campagne de surveillance automnale.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Figure 5-139 Images illustrant les observations de Tursiops truncatus (à gauche) et de Stenella coeruleoalba effectuées pendant la campagne automnale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

Figure 5-140 Images illustrant l'observation de Balaenoptera physalus effectuée lors de la campagne automnale de surveillance du parc éolien offshore flottant Atis.



Source : Secteur offshore – rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00)

En conclusion, les campagnes de surveillance ont permis de réaliser :

- 12 observations de *Stenella coeruleoalba* (pour un total de 234 individus : 15 en hiver, 100 au printemps, 70 en été et 49 en automne) dans une plage bathymétrique comprise entre -267 et -600 m de profondeur ;
- 2 observations de rorquals communs *Balaenoptera physalus* (pour un total de 3 individus : 1 en hiver et 2 en automne) à des profondeurs respectives de -450 m et -445 m ;
- 1 observation au printemps d'un individu de *Delphinus delphis* à une profondeur de -267 m ; et
- 3 observations de *Tursiops truncatus* (pour un total de 11 individus : 9 en été et 2 en automne) dans une plage bathymétrique comprise entre -180 m et -420 m de profondeur.

Pour plus d'informations sur les activités menées, veuillez vous référer au rapport « Secteur offshore - Rapport d'études environnementales (ATI-AMB-VIA-INDAMB-R19-00) ».

Pinnipèdes

Phoque moine (*Monachus monachus*)

Figure 5-141 Monachus monachus.

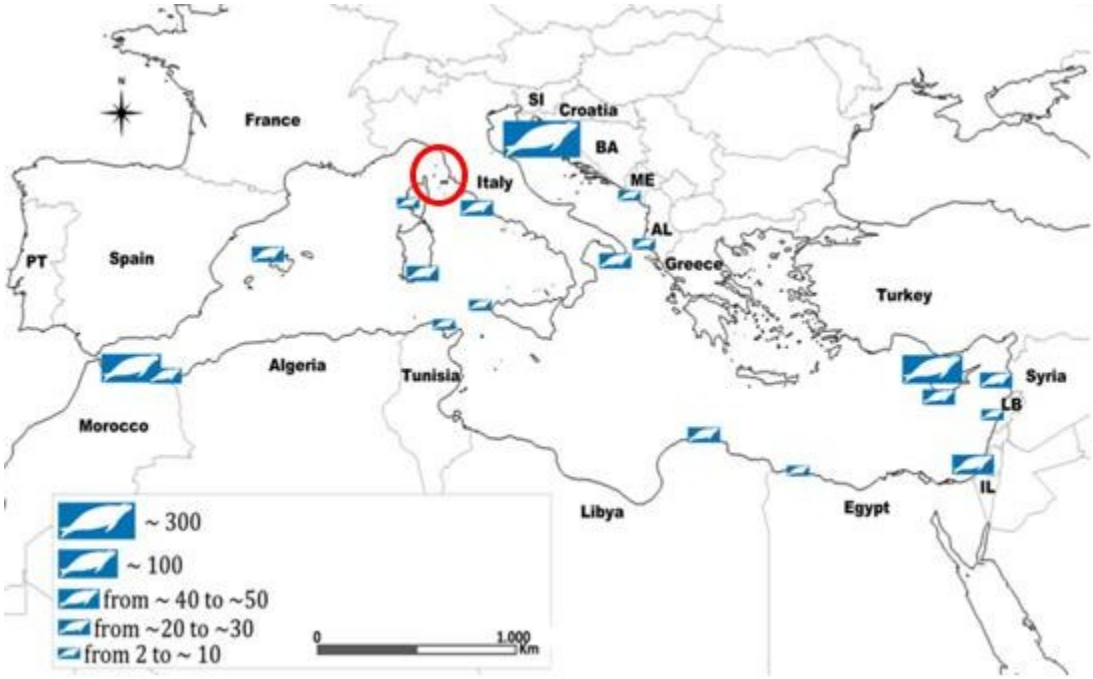


Source : NOAA Fisheries, 2024

Le seul pinnipède aperçu sporadiquement dans l'archipel toscan (Zone Vaste) est le phoque moine (*Monachus monachus*). D'environ 1 000 spécimens recensés en 1978, sa population est aujourd'hui passée à seulement 150 animaux. Il est aperçu sporadiquement dans l'archipel toscan. Les observations documentées dans les années 2000 ont été celles de l'île du Giglio le 7 juin 2009, de l'île de Capraia le 9 juin 2020 et de l'île de Pianosa le 2 octobre 2020. Dans ce dernier cas, le mammifère a été observé à plusieurs reprises à la fois près de la côte et à l'intérieur de la Grotta della Foca (grotte du phoque), dont le nom témoigne d'une fréquentation passée. À la suite de cette observation, le parc national et l'ISPRA (Institut supérieur pour la

protection et de recherche environnementale) ont mis en place un suivi de la présence du phoque dans certaines grottes de l'archipel toscan, notamment en installant des caméras de surveillance[31] .

Figure 5-142 Nombre d'observations de phoques moines dans le bassin méditerranéen (à l'exception de la Grèce et de la Turquie) entre 2000 et 2014. La zone élargie est entourée en rouge.



Source : Budone et al., 2019

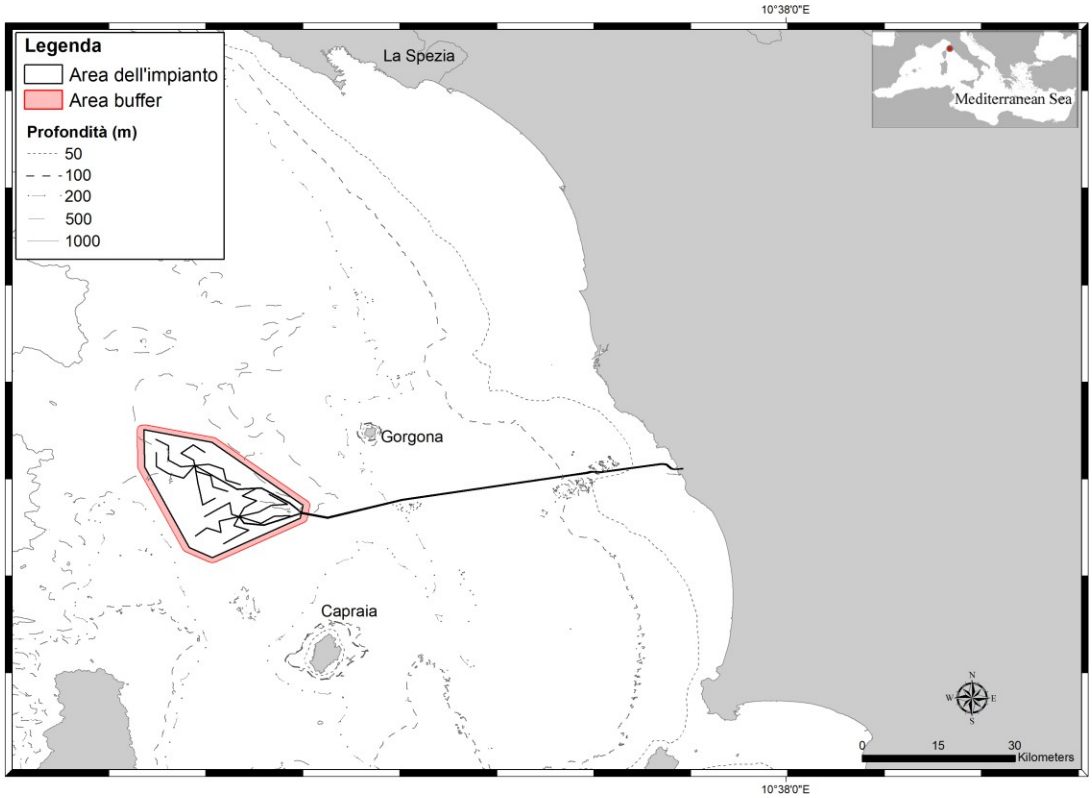
<u>Résultats des campagnes de surveillance de l'état géophysique et environnemental</u>

Afin de documenter la présence de tortues dans la zone du parc, un plan de surveillance pré-opérationnel d'une durée d'un an a été mis en place, avec des campagnes saisonnières de 7 transects chacune, pour un total de 28 transects, afin d'obtenir une étude complète de la superficie du parc. Au moment de la rédaction de la présente étude d'impact environnemental, deux campagnes de surveillance, chacune composée de 7 transects, ont déjà été menées à bien : l'une pendant la saison hivernale (6-7 et 18-19 mars 2024) et l'autre pendant la saison printanière (4-7 juin 2024). Les campagnes estivales et automnales manquantes seront menées ultérieurement.

31 https://www.islepark.it/natura/mare/foca-monaca (2023)

La surface maritime faisant l'objet de l'étude était celle comprise dans le périmètre de la concession fournie par le client, étendue d'une zone tampon de 1 km, pour une superficie totale d'environ 402 km^2.

Figure 5-143 Zone couverte par l'étude



Le suivi des mammifères marins a été réalisé par échantillonnage visuel assisté par détection acoustique, selon l'approche du Conventional Distance Sampling (CDS, Buckland *et al.*, 2001, 2004), qui permet d'estimer la densité ou l'abondance d'une espèce dans une zone grâce à la réalisation de transects linéaires ou ponctuels dans lesquels sont enregistrées les distances perpendiculaires par rapport aux animaux observés, le nombre d'individus et l'effort de recherche soutenu (km ou NM).

Parmi les méthodes répertoriées dans le CDS, celle du « zig-zag line transect sampling » a été adoptée. Elle prévoit l'utilisation de transects linéaires qui parcourent la zone d'étude en suivant un parcours en zigzag, d'une longueur fixée pour ces campagnes à environ 20 nm.

La surveillance a été réalisée par trois opérateurs certifiés par l'ACCOBAMS en tant qu'observateurs de mammifères marins (MMO) et de surveillance acoustique passive (PAM), et la détection acoustique a été effectuée à l'aide d'un seul hydrophone, capable de détecter et de convertir des fréquences acoustiques dans la gamme de 10 Hz à 98 kHz. Le potentiel de la détection acoustique effectuée pendant les activités de surveillance consiste à vérifier la présence de mammifères marins lorsqu'ils ne sont pas visibles à la surface

, ce qui rend les données fournies plus précises, et dans la possibilité d'écouter les vocalisations émises par les différentes espèces dans les différents contextes où elles sont rencontrées.

Au cours des surveillances effectuées, aucun individu appartenant à l'espèce *Monachus monachus* n'a été observé.

5.11.2 Biodiversité terrestre

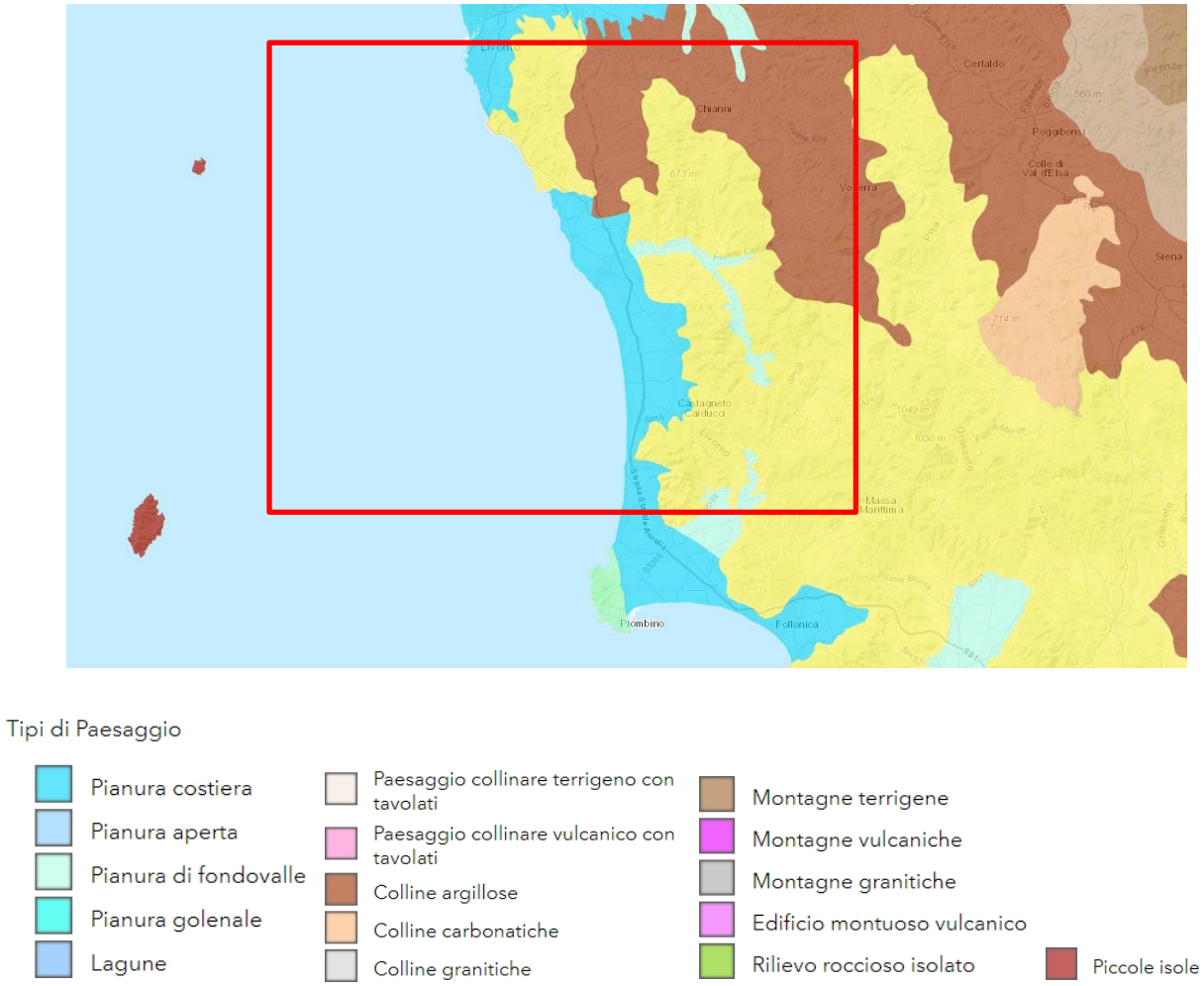
5.11.2.1 Habitat terrestre

La zone d'atterrage est caractérisée par une plage en érosion recouverte de conifères méditerranéens, puis traverse une zone agricole, tandis que le conduit terrestre traverse dans son intégralité des zones agricoles et longe des maisons isolées.

La zone est modérément anthropisée et présente des caractéristiques naturelles limitées. La zone de plage émergée est caractérisée par la présence de zones dédiées au tourisme balnéaire estival. De manière générale, la zone d'atterrage est fortement anthropisée, avec un système dunaire dégradé.

Comme le montre la figure 5-144, les habitats terrestres de la Toscane sont très hétérogènes. Dans la zone du projet, les habitats les plus touchés sont les « plaines côtières » et les « plaines de fond de vallée », ainsi que les « petites îles ».

Figure 5-144 Carte des habitats

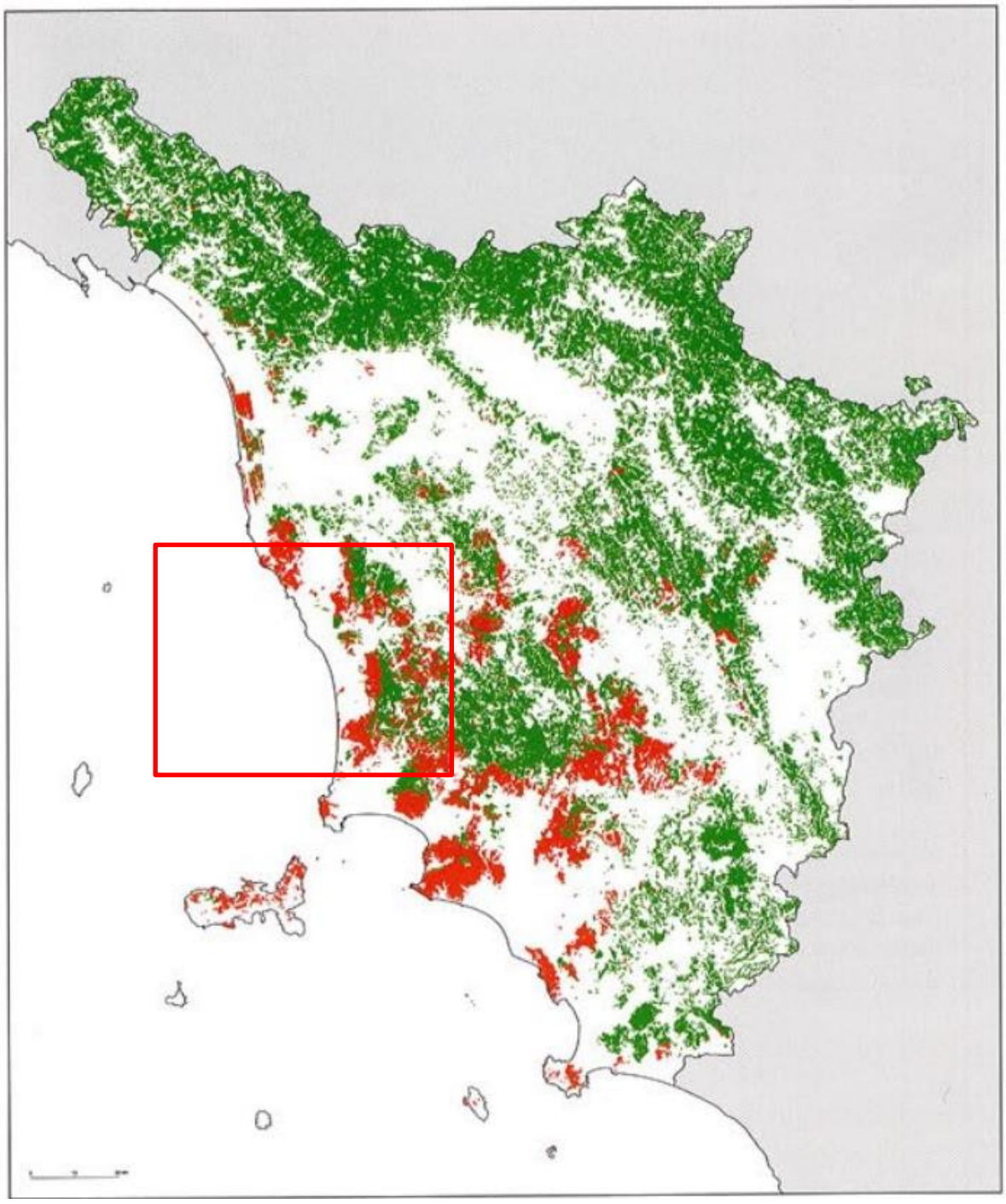


Source : Système cartographique de la nature – ISPRA, 2024

5.11.2.2 Végétation et flore

Selon la carte de la végétation forestière de la Toscane (Arrigoni P.V. et Menicagli E., 1999), les espèces forestières dominantes sont les chênaies, les chênaies de chênes pubescents, les ostrieti, les robineti, les sapinières de sapin blanc, les chênaies-lièges, les chênaies, les châtaigneraies et les hêtraies. Parmi les distributions typologiques, les forêts méditerranéennes à feuilles persistantes et les forêts de feuillus à feuilles caduques jouent un rôle important.

Figure 5-145 : Répartition en Toscane des forêts de sclérophylles à feuilles persistantes et des forêts de feuillus à feuilles caduques. Les forêts à dominance d'espèces à feuilles persistantes sont indiquées en rouge et celles à dominance d'espèces à feuilles caduques en vert.

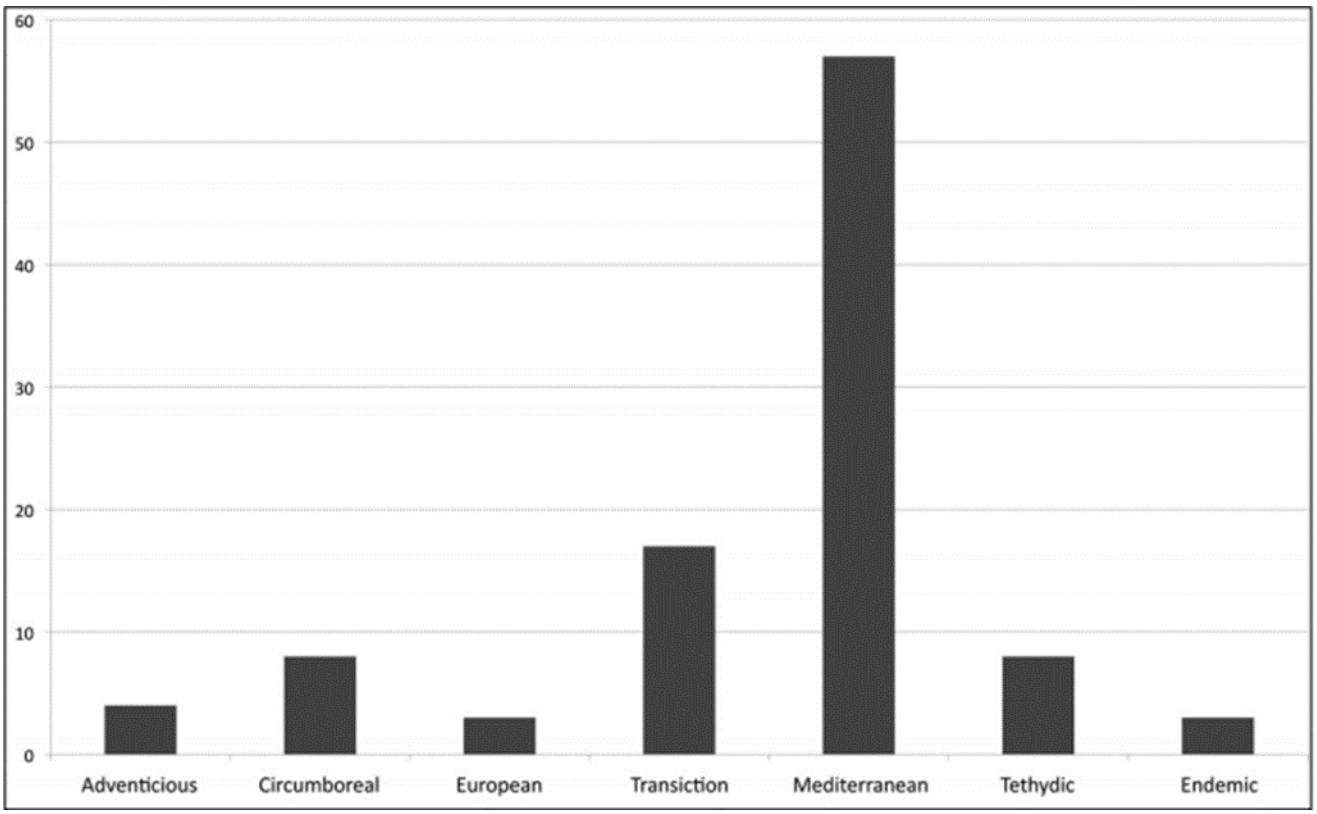


Source : Arrigoni P.V. et Menicagli E., 1999

En se concentrant sur la zone élargie, on constate que le territoire de l'archipel toscan est caractérisé par le maquis méditerranéen (Figure 5-146) (Foggi B. *et al.*, 2009). La flore signalée est la suivante

composée de 275 espèces, dont 226 espèces signalées dans la première partie du XXe siècle : 89 (environ 1/3) sont des espèces qui n'ont plus été retrouvées ; 49 ont été signalées pour la première fois dans 4 îles de l'archipel toscan, tandis que pour les autres, les informations disponibles sont rares (Sommier *et al.*, 1910 et De Dominicis *et al.*, 1988). La flore actuelle est donc représentée par 185 espèces. Les familles les plus nombreuses sont les Poaceae (20 espèces), les Asteraceae (19 espèces) et les Fabaceae (16 espèces), qui représentent ensemble plus de 24 % du total. Aucune espèce n'est présente sur toutes les îles, la plus répandue étant *Crithmum maritimum*, que l'on trouve sur 10 îlots.

Figure 5-146 Catégories d'espèces présentes dans l'archipel toscan (actuellement).



Source : Foggi B. et al., 2009

L'analyse des données sur la flore récente fait état d'une flore provenant d'environnements non perturbés ou peu perturbés par l'impact anthropique, caractérisée au contraire par une forte présence d'espèces ligneuses, d'espèces tolérantes au stress (sur les falaises surplombant la mer), d'espèces compétitives (flore ligneuse) et par une forte présence d'espèces provenant d'environnements perturbés : thérophytes, rudérales à large distribution et plantes adventices. La végétation ligneuse tend à résister à l'effet des mouettes, mais son renouvellement est sérieusement menacé car les jeunes plants ne sont pas en mesure de tolérer la concurrence des plantes rudérales transportées par les mouettes. Dans le même temps, la dispersion de plantes à large distribution, moins dépendantes de l'environnement strictement insulaire, entraîne une perte de spécificité du biote de ces petites îles et leur

homogénéisation, comme le démontre la diminution des particularités floristiques au fil du temps (Foggi B. *et al.*, 2009).

5.11.2.3 Faune

Par faune, on entend l'ensemble des espèces animales qui résident dans un territoire donné ou dans un environnement particulier, à une période historique ou géologique précise. La faune sauvage est constituée de l'ensemble des espèces et des populations animales, vertébrées et invertébrées, résidant dans un territoire donné et intégrées dans ses écosystèmes.

Compte tenu de la mosaïque d'habitats bien représentés dans la zone élargie, la Toscane et les îles de l'archipel toscan se caractérisent par la présence d'endémismes, bien que le nombre d'espèces présentes soit généralement inférieur à celui des masses continentales adjacentes. Pour la conservation de l'environnement naturel, cette condition particulière nécessite une protection, car la disparition de la faune, tout comme celle de la flore, entraîne une perte disproportionnée de diversité biologique. L'archipel toscan est, en ce sens, un cas typique[32].

Mammifères
Selon le Répertoire naturaliste toscan, 42 espèces de mammifères figurent sur la liste des espèces à surveiller (RENATO, 2012). Le tableau suivant met en évidence les espèces particulièrement menacées et compare leur statut dans la région à celui de l'ensemble de leur aire de répartition (Figure 5-147).

32 https://www.islepark.it/29-conoscere-il-parco/natura-del-parco/fauna (2023)

Figure 5-147 Endémismes et espèces rares de mammifères en Toscane

Elemento Attenzione	Status Reg.Tosc.	Status IUCN Red List	Endemismo	Liv. Rarità
Plecotus auritus	EN - In pericolo	LC - Minima Preoccupazione		Assoluto
Myotis nattereri	EN - In pericolo	LC - Minima Preoccupazione		Assoluto
Myotis capaccinii	EN - In pericolo	VU- Vulnerabile		Assoluto
Myotis bechsteinii	EN - In pericolo	NT - Prossimo alla minaccia		Assoluto
Nyctalus lasiopterus	CR - In pericolo critico	NT - Prossimo alla minaccia		Assoluto
Barbastella barbastellus	EN - In pericolo	NT - Prossimo alla minaccia		Assoluto
Arvicola amphibius	EN - In pericolo	LC - Minima Preoccupazione		Regionale
Eliomys quercinus	EN - In pericolo	NT - Prossimo alla minaccia		
Lepus corsicanus	CR - In pericolo critico	VU- Vulnerabile	Nazionale	Regionale
Martes martes	EN - In pericolo	LC - Minima Preoccupazione		Assoluto
Mustela putorius	EN - In pericolo	LC - Minima Preoccupazione		
Felis silvestris	EN - In pericolo	LC - Minima Preoccupazione		Assoluto

Source : RENATO, 2012

Trois types d'écosystèmes terrestres sont présents dans la zone du projet : les agroécosystèmes, l'écosystème forestier et l'écosystème urbain.

Dans les agroécosystèmes vallonnés, on trouve des micromammifères tels que *Eliomys quercinus* (souris des chênes), *Muscardinus avellanarius* (muscardin), *Crocidura leucodon* (Crocidura majeur), *Crocidura suaveolens* (Crocidura mineur), *Suncus etruscus* (Mustiolo) et des mammifères tels que *Lepus europaeus* (lièvre) et *Mustela putorius* (putois). En ce qui concerne les agroécosystèmes de plaine, la faune est davantage influencée par les pratiques culturales modernes et par un environnement plus simplifié. Il convient de signaler la colonisation récente de *Myocastor coypus* (ragondin) le long du cours du fleuve Fine.

Dans l'écosystème forestier, la faune est très variée et parmi les mammifères, on trouve le sanglier (*Sus scrofa)*, le chevreuil (*Capreolus capreolus*), le daim (*Dama dama*) et la martre (*Martes* martes). Ce type d'écosystème est également très important en tant que zone de refuge et de chasse pour de nombreuses espèces de chiroptères : *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis daubentonii*, *Myotis nattereri*, *Nyctalus noctula*.

Enfin, l'écosystème urbain abrite des zoocénoses très simplifiées et, parmi les mammifères, outre l'explosion démographique de l'écureuil (*Sciurus vulgaris*), trois espèces de chauves-souris vespertilionidés sont signalées : *Hypsugo savii*, *Pipistrellus kuhlii* et *Pipistrellus pipistrellus*.

Quant au parc national de l'archipel toscan, qui comprend l'île d'Elbe, Pianosa, Giglio, Capraia, Montecristo, Giannutri et Gorgona, il abrite 31 espèces de mammifères.

Les espèces sont répertoriées dans la figure 5-148. Parmi les Erinaceomorpha, on a trouvé *E. europaeus* ; parmi les Soricomorpha, *C. suaveolens* a été signalé sur les îles d'Elbe et de Capraia et, en outre, des restes de *C. suaveolens* ont été trouvés dans des pelotes de réjection de chouettes effraies (*Tyto alba*) sur l'île du Giglio et, récemment, S. etruscus a été trouvé sur l'île d'Elbe ; l'archipel toscan compte le plus grand nombre d'espèces appartenant à l'ordre des Chiroptera, parmi lesquelles *R. euryale* et *P. nathusii* à Montecristo, *N.lasiopterus* sur l'île du Giglio, *N. leisleri, E. serotinus et Barbastella barbastellus* ; sur certaines îles, comme Linosa, Giglio et Gorgona, les lapins n'ont été introduits qu'au XXe siècle, parmi lesquels les Lagomorpha, qui sont l'ordre le plus représenté, ont *Oryctolagus cuniculus* comme espèce la plus répandue, *O. c. huxleyi* trouvé sur l'île de Capraia et *L. corsicanus* sur Pianosa ; parmi les Rodentia, *R. norvegicus* est présent sur les îles d'Elbe, Pianosa, Giglio et Giannutri, où la présence de *R.rattus* devrait également être signalée ; sur l'île d'Elbe, la présence *d'A. s. ilvanus* et *d'Hystrix cristata* a également été signalée ; parmi les Carnivora, *Martes martes* latinorum est présent dans tout l'archipel toscan ; parmi les Artiodactyla, *Sus scrofa scrofa* et *Ovis orientalis* sont largement répandus dans tout l'archipel toscan, *Dama dama* n'étant présent que sur l'île d'Elbe ; en outre, les espèces *C. aegagru* et *Ovis orientalis* ont été ajoutées.

Figure 5-148 Espèces de mammifères répertoriées dans les îles italiennes

Island	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	T
Ventotene												X																X		X									3
S. Stefano																												X		X								2
Zannone																												X									X	2
Palmarola																												X										1
Ponza										X		X																X	X	X								5
Giannutri																					X	X						X										3
Pianosa																							X					X	X	X								4
Montecristo						X					X	X										X				X	X	X								X		7
Giglio			X					X		X		X	X					X		X	X	X					X	X	X	X							X	14
Elba	X		X		X		X	X	X	X		X		X			X		X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	24
Capraia			X				X	X		X		X			X							X					X		X								X	10
Gorgona												X										X					X											3

1=Erinaceus europaeus ; 2=Crocidura sicula ; 3=Crocidura suaveolens ; 4=Crocidura pachyura ; 5=Suncus etruscus ; 6=Rhinolophus Euryale ; 7=R. ferrumequinum ; 8=R. hipposideros ; 9=Myotis myotis ; 10=Pipistrelluskuhli ; 11=P. nathusii ; 12=P. pipistrellus/pygmaeus ; 13=Nyctalus lasiopterus ; 14=N. leisleri ; 15=Hypsugo savii ; 16=Eptesicus serotinus ; 17=Barbastella barbastellus ; 18=Plecotus auritus ; 19=Plecotus austriacus ; 20=Miniopterus schreibersi ; 21=Tadarida teniotis ; 22=Oryctolagus cuniculus ; 23=Lepus europaeus ; 24=Lepus capensis ; 25=Eliomys quercinus ; 26=Glis glis ; 27=Apodemus sylvaticus ; 28=Rattus rattus ; 29=R. norvegicus ; 30=Mus musculus ; 31=Hystrix cristata ; 32=Mustela nivalis ; 33=Martes martes ; 34=Sus scrofa ; 35=Dama dama ; 36=Capra hircus ; 37=Ovis orientalis ; T= total.

Source : Angelici F.M. et al., 2009

Reptiles et amphibiens
Les informations suivantes sont tirées de l'« Atlas des amphibiens et des reptiles de Toscane », 2007.

Les espèces d'amphibiens et de reptiles présentes en Toscane ont une distribution principalement ou exclusivement européenne, avec des valeurs similaires pour les deux classes (respectivement 31,6 % et 37,5 %). Le pourcentage d'espèces exclusivement ou principalement italiennes est également assez élevé (18,6 %), même si cette valeur est nettement plus élevée pour les amphibiens (36,8 % de la classe) que pour les reptiles (4,2 % de la classe) ; parmi celles-ci, 5 sont endémiques des Apennins italiens (*Salamandrina perspicillata, Speleomantes ambrosii, Speleomantes italicus, Bombina pachypus, Rana italica*). En outre, deux taxons (*Triturus alpestris apuanus et Triturus vulgaris meridionalis*), actuellement considérés comme de simples sous-espèces à distribution limitée, sont probablement des espèces à part entière, tout comme *Rana bergeri* et *Rana kl. Hispanica*, les grenouilles vertes de la péninsule, exclusives au territoire italien. Le pourcentage d'espèces apennines augmente encore si l'on prend également en compte les sous-espèces, dont certaines sont exclusives à la péninsule italienne. Le contingent occupant la troisième place en termes de pourcentage est celui des espèces euro-centrasiatiques, avec 11,6 % du total des deux classes, oscillant entre 15,8 % pour les amphibiens et 8,3 % pour les reptiles. Les espèces tyrrhéniennes représentent 7 % du total, avec deux amphibiens (*Discoglossus sardus et Hyla sarda* ; 10,5 % de la classe) et un reptile (*Euleptes europaea ;* 4,2 % de la classe). Enfin, quatre espèces ont été introduites, avec des populations plus ou moins autonomes dans la nature, une espèce d'amphibiens (*Rana catesbeiana* ; 5,3 % de la classe) et trois espèces de reptiles (*Trachemys scripta, Testudo graeca et T. marginata ;* 12,5 % de la classe). La présence de trois espèces du genre Speleomantes est particulièrement significative, même si l'une d'entre elles (*S. strinatii*) semble limitée à une zone très restreinte du nord-ouest du territoire régional ; S*. ambrosii* et, plus encore, *S. italicus* ont en revanche une aire de répartition relativement étendue et des populations assez importantes dans la région.

Si on les examine d'un point de vue écologique et altitudinal, les espèces d'amphibiens et de reptiles présentes en Toscane peuvent être divisées en quatre groupes :

- les espèces microthermes montagnardes : elles ne sont pas très fréquentes dans la région ; on y trouve par exemple la grenouille temporaire, qui en Toscane descend rarement en dessous de 700 m, le triton alpestre et la salamandre tachetée qui, bien que présentes jusqu'aux collines moyennes et basses, semblent se concentrer principalement dans les zones montagneuses ;
- espèces mésophiles : certaines espèces en font partie, comme la salamandre à lunettes, le crapaud à ventre jaune des Apennins et la grenouille des Apennins qui, bien qu'elles puissent, dans des situations écologiques particulières, s'aventurer jusqu'aux collines basses ou, à l'inverse, jusqu'à la région montagneuse, se trouvent principalement dans la zone de moyenne altitude ;
- espèces thermophiles : elles comprennent les espèces qui préfèrent les conditions climatiques tempérées à chaudes, telles que le gecko commun, le gecko verruqueux, la tortue d'Hermann et, en partie, le lézard des champs, et qui ne s'aventurent donc qu'à des altitudes où les conditions thermiques sont adaptées à leurs besoins ; le lézard des souches, sur les versants bien exposés, est présent jusqu'à la partie inférieure de la région montagneuse, tandis que les autres espèces citées atteignent au maximum la moyenne montagne ;
- espèces eurieches et/ou eurizones : il s'agit de toutes les espèces telles que le triton carnassier et le triton ponctué, le géotriton italien, la rainette italienne, le crapaud commun, la grenouille dalmate, les grenouilles vertes, le lézard des murailles, le lézard vert, le couleuvre à collier, le couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à tête blanche, la couleuvre à collier, la couleuvre verte, la couleuvre à

le serpent à collier et la vipère commune, que l'on trouve dans une large gamme d'altitudes, pratiquement du niveau de la mer jusqu'à la haute montagne. Certaines espèces de ce groupe sont également euryéiques, c'est-à-dire qu'elles s'adaptent à un large éventail de situations écologiques différentes ; d'autres, bien qu'elles soient liées à des types d'environnements particuliers, ne présentent toutefois pas de limites significatives en termes de répartition verticale.

Le tableau récapitulatif suivant (tableau 5-39) présente, pour les espèces recensées en Toscane, les annexes des conventions de Washington (C.I.T.E.S.), Bonn, Berne et Barcelone, de la directive Habitat et de la loi régionale toscane n° 56/2000 dans lesquelles elles figurent, ainsi que les catégories de menace de l'UICN et du « Livre rouge » du WWF.

Tableau 5-39 Espèces d'amphibiens et de reptiles présentes en Toscane et leur état de conservation

Specie	CITES	Bonn	Berna	Habitat	L. Region.	Barcellona	IUCN	L. Rosso
salamandra pezzata			III		A, B			LR
salamandrina dagli occhiali			II	B, D	A, B			LR
tritone alpestre			III		A, B			LR
tritone carnefice			II	D	A			
tritone punteggiato			III		B			
geotritone di Ambrosi			III	B, D	A			VU
geotritone italiano			II	D	A, B			LR
geotritone di Strinati			III		A			LR
ululone dal ventre giallo app.			II	B, D	A, B			LR
discoglosso sardo			II	B, D	A			LR
rospo comune			III		B			
rospo smeraldino			II	D	A			
raganella italiana			III	(D)	B		(LR)	
raganella tirrenica			II	D	A			LR
rana toro								
rana dalmatina			II	D				
rane verdi			III	(D), E	B1			
rana appenninica			II	D	A			LR
rana temporaria			III	E	A, B			LR
testuggine palustre europea			II	B, D	A		LR	LR
testuggine palustre or. rosse			(III)				LR	
testuggine di Hermann	B (II)		II	B, D	A		LR	EN
testuggine greca	B (II)		II	B, D				
testuggine marginata	B (II)		II	B, D				
tartaruga caretta	A (I)	II	II	B, D	A	II	EN	CR
tartaruga verde	A (I)	II	II	D	A	II	EN	M
tartaruga liuto	A (I)	I, II	II	D	A, B	II	CR	M
tarantolino			II	B, D	A		VU	LR
geco verrucoso			III		B			
geco comune			III		B			
orbettino			III		B			
ramarro			II	D	B			
lucertola muraiola			II	D	A			
lucertola campestre			II	D	A			
luscengola			III		B			
colubro liscio			II	D	A			
colubro di Riccioli			III		A, B			LR
cervone			II	B, D	A			LR

biacco			II	D				
natrice dal collare			III		B			
natrice tassellata			II	D	A			
saettone comune			II	D				
vipera comune			III					

Remarque : la colonne CITES fait référence aux espèces répertoriées dans la « Convention de Washington » dont les annexes, partiellement modifiées au niveau communautaire européen par le règlement n° 338/97/CEE, comprennent, parmi les espèces de reptiles présentes également en Toscane, tous les Testudinidae (annexe B, anciennement II), tous les Chelonidae (annexe A, anciennement I) et la tortue luth (annexe A, anciennement I) ; la colonne Bonn fait référence à la « Convention de Bonn » (1979) qui protège les vertébrés migrateurs, I fait référence à l'annexe qui comprend les espèces menacées, l'annexe II comprend les espèces qui doivent faire l'objet d'accords et comprend tous les chélonidés ; Les espèces de l'annexe II de la Convention de Berne sont « strictement protégées » ; pour ces espèces (art. 6), la capture et la mise à mort intentionnelles, la modification des sites de reproduction et de repos, le harcèlement (en particulier pendant le cycle de reproduction), la destruction ou la collecte des œufs, la détention et le commerce. Les espèces de l'annexe III sont « protégées » et comprennent toutes les autres espèces européennes. Dans la colonne Habitat, la référence à la directive 92/43/CEE « Habitat », « B » renvoie aux « espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation », « D » aux « espèces nécessitant une protection stricte », E aux entités « dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation pourraient faire l'objet de mesures de gestion » ; La colonne L. Region. fait référence à la loi régionale toscane n° 56/2000, A correspond à l'annexe A qui comprend les espèces « dont la conservation peut nécessiter la désignation de SIR, Sites d'Importance Régionale », B fait référence à l'annexe B qui comprend les espèces protégées au sens de la loi elle-même ; B1 fait référence à l'annexe B1 qui concerne les « espèces animales soumises à des restrictions de prélèvement » ; IUCN, « Liste rouge » 2003 et W.W.F « Livre rouge », CR « en danger critique d'extinction » (critically endangered), EN « en en danger » (endangered), VU « vulnérable » (vulnerable), LR « à risque moindre » (lower risk).

Source : « Atlas des amphibiens et des reptiles de Toscane », 2007.

Dans la zone élargie, outre les trois espèces de tortues marines déjà mentionnées au paragraphe 5.11.1.6, on trouve sur terre *Bombina variegata* (crapaud à ventre jaune), *Lissotriton vulgaris* (triton commun), *Triturus cristatus* (Triton crêté italien), *Discoglossus sardus* (Discoglosso sardo), *Bufo bufo* (Crapaud brun), *Bufotes virdis* (Crapaud vert), *Hyla intermedia* (Rainette italienne), *Hyla sarda* (Rainette sarde), *Rana agile* (Grenouille agile), *Pelophylax esculentus* (grenouille verte), *Emys orbicularis* (tortue cistude d'Europe), *Testudo hermanni* (tortue maurienne) et *Elaphe quatuorlineata* (couleuvre à quatre lignes). Certaines des espèces citées et répertoriées dans le tableau 5-39 (*Elaphe quatuorlineata*, *Bombina variegata, Discoglossus sardus)* ont un statut de conservation à faible risque (LR) selon le livre rouge du WWF, tandis que d'autres (*Hyla intermedia*) ont le même statut selon l'UICN.

Lépidoptères

Les lépidoptères, également connus sous le nom scientifique de Lepidoptera, sont un vaste ordre d'insectes holométaboles qui comprend environ 158 000 espèces, connues sous le nom de papillons et de mites.

Dans la zone élargie, tant sur la partie terrestre que sur la partie maritime (îles de l'archipel toscan comprises), on trouve environ 50 espèces de papillons. Cette richesse est due à la combinaison de plusieurs facteurs : le premier est la diversité environnementale au sein de chaque île (en particulier sur l'île d'Elbe) et l'extraordinaire diversité que l'on trouve d'une île à l'autre. Cela a créé une grande richesse d'habitats qui ont été peuplés par différentes espèces. Le deuxième facteur est la richesse des zones sources, c'est-à-dire des territoires voisins d'où proviennent la plupart des espèces de papillons qui vivent sur les îles et les côtes de la Toscane : d'une part, la péninsule italienne, l'une des régions les plus riches en lépidoptères d'Europe, et d'autre part, la Corse.

caractérisée par la présence de plusieurs endémismes insulaires, c'est-à-dire des espèces présentes uniquement dans les îles tyrrhéniennes, et de nombreuses espèces reliques. Les espèces reliques sont des organismes qui étaient très répandus dans le passé, mais qui ne survivent aujourd'hui que dans très peu d'endroits particulièrement protégés, comme les îles. De nombreuses espèces européennes vivant en Toscane n'ont pas réussi à traverser la mer Tyrrhénienne pour coloniser la Corse et la Sardaigne ; d'autre part, les espèces endémiques et rélictuelles des deux grandes îles ne vivent pas en Toscane. Certaines d'entre elles se trouvent dans l'archipel, comme la *Zerynthia cassandra* continentale et les *Lycaeides bellieri villai, Hipparchia neomiris et Hipparchia aristaues* insulaires. L'archipel est la seule région où l'on peut les voir voler côte à côte, donnant naissance à une « faune chimérique », composée de papillons provenant de deux régions différentes. Un phénomène particulier est représenté par la présence à l'île d'Elbe et à l'île du Giglio de nombreuses espèces de papillons et lignées génétiques typiques de la Corse qui n'ont pas réussi à établir des populations en Toscane voisine[33]. Les trois îles les moins isolées ont des valeurs de biodiversité plus élevées que les îles les plus isolées, ce qui suggère que la biogéographie des lépidoptères de l'archipel toscan a déterminé la biodiversité et le modèle de distribution (Dapporto L. et al., 2008).

Conformément à la loi régionale n° 56-2000 de la région Toscane, les espèces de lépidoptères protégées en Toscane sont répertoriées dans le tableau 5-40. Toutes les espèces répertoriées sont présentes dans la zone Vasta, tant sur terre qu'en mer.

Tableau 5-40 Espèces de lépidoptères protégées en Toscane

Espèce	État de conservation (Liste rouge de l'UICN)
Brithys crini	LC
Charaxes jasius	LC
Coenonympha corinna	LC
Coenonympha dorus aquilonia	NE
Coenonympha elbana	LC
Erebia gorge erinys	LC
Euchloe tagis	NT
Euplagia quadripunctaria	NE
Maculinea rebeli	VU

Remarque : NE, « Not Evaluated » (non évalué) LC, « Least Concern » (préoccupation mineure) ; VU « Vulnerable » (vulnérable) ; NT « near threatened » (quasi menacé) ;

Source : LR n° 56-2000 - Région Toscane, 2000

33 https://www.islepark.it/natura/animali/farfalle (Association pour la protection de la nature), 2023

Chiroptérophauve

En raison de leur biologie et de leur écologie particulières, les chauves-souris présentent des adaptations qui révèlent une histoire naturelle unique chez les mammifères. Au niveau mondial, elles sont de plus en plus menacées par les activités humaines et constituent l'ordre de mammifères comptant le plus grand nombre d'espèces menacées d'extinction. On connaît 34 espèces appartenant aux 4 familles de chiroptères vivant en Italie, dont 25 sont présentes dans la région Toscane.

Tableau 5-41 Espèces de chiroptères présentes en Italie

Nom de l'espèce	Statut Liste rouge de l'UICN	Présence dans la province de Livourne
Rhinolophus euryale	VU	X
Rhinolophus ferrumenquinum	VU	X
Rhinolophus hipposideros	EN	X
Rhinolophus mehelyi	VU	
Barbastella barbastellus	EN	
Eptesicus nilssonii	DD	
Eptesicus serotinus	NT	
Hypsugo savii	LC	X
Hypsugo darwinii	DD	
Myotis alcanthoe	DD	
Myotis bechsteinii	EN	X
Myotis oxygnathus	VU	
Myotis brandtii	DD	X
Myotis capaccinii	EN	X
Myotis daubentonii	LC	X
Myotis emarginatus	VU	X
Myotis myotis	VU	X
Myotis mystacinus	VU	
Myotis nattereri	VU	
Myotis punicus	VU	
Nyctalus lasiopterus	CR	
Nyctalus lesleri	NT	X
Nyctalus noctula	VU	
Pipistrellus kuhlii	LC	X
Pipistrellus nathusii	NT	X
Pipistrellus pipistrellus	LC	X
Pipistrellus pygmaeus	DD	

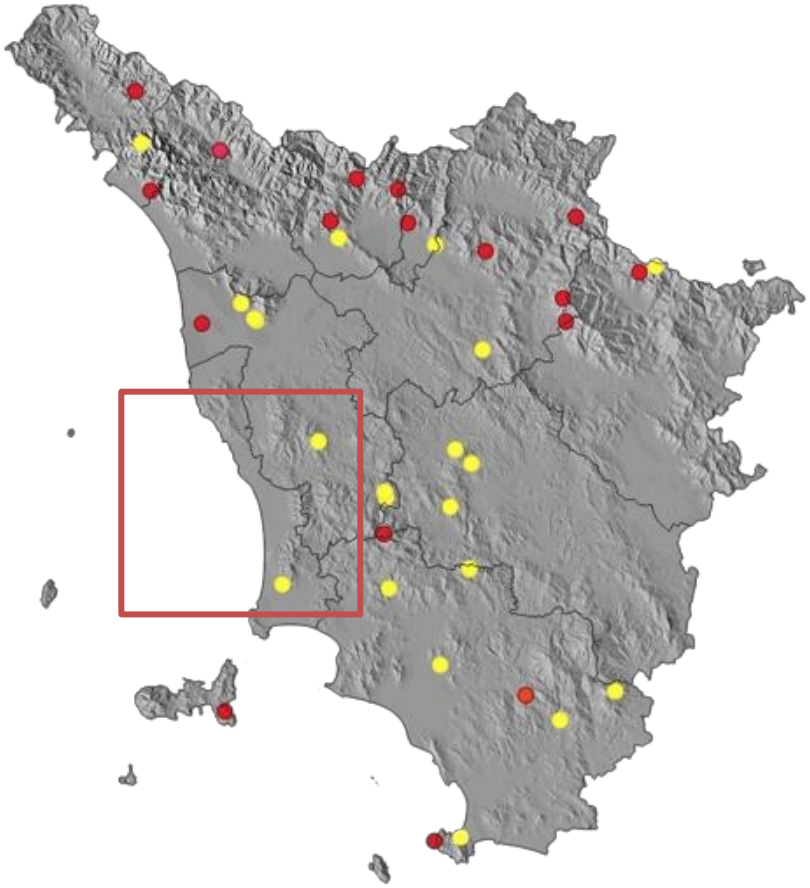
Nom de l'espèce	Statut Liste rouge de l'UICN	Présence dans la province de Livourne
Plecotus auritus	NT	
Plecotus austriacus	NT	
Plecotus macrobullaris	DD	
Plecotus sardus	EN	
Vespertilio murinus	NA	
Miniopterus schreibersii	VU	
Tadarida teniotis	LC	X

Remarque : NA « Non applicable » ; DD « Données insuffisantes » (non évalué en raison d'un manque de données suffisantes) ; LC, « Least Concern » (préoccupation mineure) ; VU « Vulnerable » (vulnérable) ; NT « near threatened » (quasi menacé) ; EN « Endangered » (en danger)

Source : Réélaboration ERM des données ToscoBat, 2023

Grâce au projet ToscoBAT (2023), 40 refuges ont été identifiés en Toscane, dont 12 grottes et 8 mines. Sur ces 20 cavités (surlignées en jaune dans la figure 5-149), 8 abritent d'importantes colonies hivernales en hibernation, 5 des colonies printanières-estivales en reproduction et 7 sont fréquentées pendant les deux saisons.

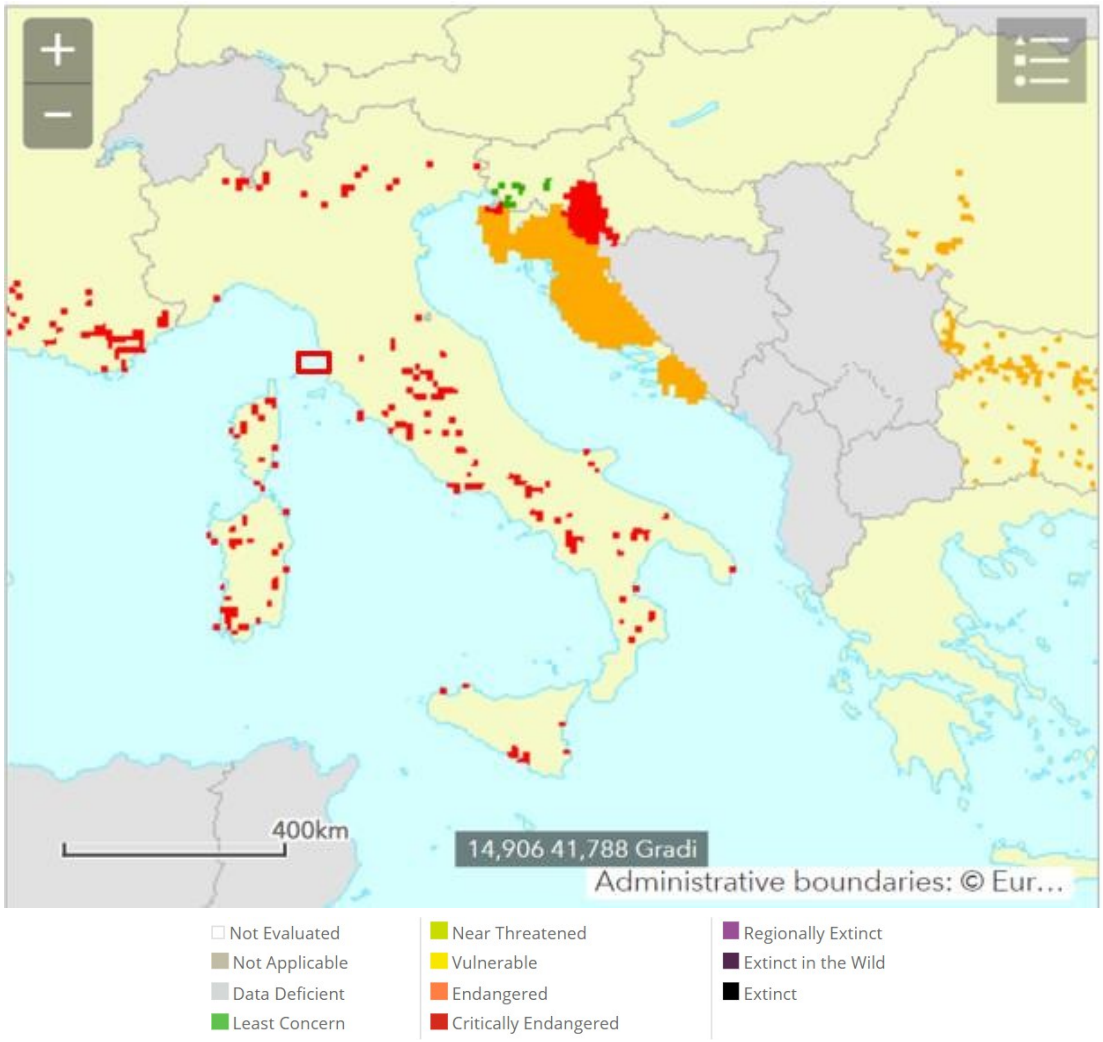
Figure 5-149 Refuges de la faune chiroptère en Toscane



Source : ToscoBat, 2023

D'après les données bibliographiques (Agnelli P. *et al.* 1999), 15 espèces sont concernées dans la province de Livourne (zone du projet) : *Rhinolophus euryale, Rhinolophus ferrumequínum, Rhinolophus hipposideros, Eptosicus serotinus, Hypsugo savii, Myotis brandtii, Myotis capaccinii (*répartition indiquée dans la figure 5-150*), Myotis daubentonii, Myotis emarginatus, Pipistrellus kuhlii, Pipistrellus nathusíi, Pipistrellus pípístrellus, Nyctalus leisleri*, *Tadarida teniotis*. Il convient de souligner la présence d'espèces moins fréquentes sur toute la péninsule italienne, comme la chauve-souris de Leisler (*Nyctalus leisleri*).

Figure 5-150 Répartition et état de conservation du chiroptère Myotis capaccinii au cours de la période 2013-2018



Source : Agence européenne pour l'environnement34, 2019

Avifaune

L'avifaune de la région Toscane comprend parmi ses espèces les catégories « nicheuses » et « migratrices ». Parmi ces catégories, le groupe le plus important est représenté par les oiseaux planeurs (rapaces diurnes, grues et cigognes), auxquels s'ajoutent certains oiseaux marins nicheurs (paragraphe 5.11.1.7). Parmi les espèces nicheuses, on trouve également une espèce très localisée, le pigeon sauvage. Le circaète Jean-le-Blanc (*Circaetus gallicus*), le lanier

34 eunis.eea.europa.eu, (2004)

(*Falco biarmicus*), le milan noir et le milan royal (*Milvus migrans* et *Milvus milvus*) sont parmi les espèces les plus concernées par les risques liés aux installations éoliennes (Sposino *et al.*, 2013).

Le circaète Jean-le-Blanc (*Circaetus gallicus)* est un grand rapace diurne (185-195 cm d'envergure) dont le régime alimentaire se compose presque exclusivement de serpents. Présent de mars à octobre, il est actuellement assez répandu dans toutes les zones vallonnées et montagneuses de la région, où il s'installe dans des zones où les bois, utilisés pour nicher, alternent avec des espaces ouverts, utilisés pour chasser. Sa diffusion actuelle est le résultat d'un processus d'expansion en cours depuis plusieurs décennies, qui a conduit à la propagation de l'espèce dans une grande partie de la région, à partir des zones vallonnées du centre de la Toscane (provinces de Pise, Sienne et Grosseto).

Le faucon lanier est l'espèce nicheuse qui a obtenu le deuxième score le plus élevé. Faucon de taille moyenne (90-115 cm d'envergure), il n'est présent en Europe qu'en Italie et, dans une moindre mesure, dans la péninsule balkanique avec la sous-espèce *Falco biarmicus feldeggi*. L'aire de répartition de l'espèce comprend également l'Afrique et le Moyen-Orient, où d'autres sous-espèces sont toutefois présentes. En Italie, c'est une espèce sédentaire, même si en dehors de la période de reproduction, elle peut s'éloigner des sites de reproduction. Ceux-ci sont situés sur des parois rocheuses, même de petite taille ou peu surélevées par rapport au niveau du sol, à l'intérieur de niches. En Toscane, on compte environ 15 couples, répartis dans les zones vallonnées des provinces de Pise, Sienne et Grosseto et à la frontière entre les provinces de Florence et Bologne.

Le milan noir et le milan royal sont deux rapaces apparentés, caractérisés par un grand opportunisme alimentaire, qui les amène à se nourrir d'une grande variété de petits animaux souvent capturés à l'aide de techniques opportunistes, ainsi que de charognes et de déchets. Ils fréquentent les milieux ouverts entrecoupés de bois, même de petite taille, surtout dans les collines et les plaines ; le milan noir est plus fréquent à proximité des rivières, des lacs et des zones humides. Il est très répandu en Europe, en Asie et en Afrique ; en Italie, il est présent dans les régions du nord et de la péninsule et en Toscane, il niche en été (les cas d'hivernage sont sporadiques) avec une répartition discontinue dans les zones vallonnées et une population de 30 à 44 couples. Le milan royal, en revanche, est presque entièrement confiné en Europe, avec des populations principales en Allemagne, en France et en Espagne, résidentes ou migratrices partielles à courte distance. En Toscane, l'espèce était très commune et répandue au XIXe siècle, elle s'est éteinte au cours du siècle suivant en tant que nicheuse, puis a été réintroduite. Au cours des 2-3 dernières années, une douzaine de couples semblent s'être installés en Toscane, dans la région de l'Amiata. Cette population est donc encore en cours de stabilisation ; il est possible qu'elle connaisse une nouvelle augmentation, car cette espèce a, comme la précédente d'ailleurs, une bonne productivité moyenne et un âge de recrutement dans la population reproductrice de 2 à 3 ans ; dans des conditions éloignées de la capacité de charge, comme celles qui prévalent actuellement en Toscane, l'espèce peut toutefois se reproduire dès l'âge d'un an.

Dans le contexte de l'Area Vasta, l'analyse des études menées en Europe du Nord montre que les strolaghe (*Gavia spp*.), les fous de Bassan (*Morus bassanus*), les urias et les pingouins torda (*Alca torda*) semblent être les plus sensibles, et il existe des preuves que le déplacement a un impact sur la condition physique individuelle (Perrow, 2019). À l'inverse, le cormoran et le goéland marin (*Larus marinus*) semblent être attirés par les turbines, probablement parce que les plateformes sont utilisées comme perchoirs. Une étude (Skov *et al.*, 2018) menée par l'Offshore Renewables Joint Industry Programme (ORJIP) estime en revanche que le risque de collision entre les oiseaux marins

et les éoliennes a été largement surestimé jusqu'à présent. L'étude de l'ORJIP a été menée à partir de l'analyse d'images vidéo diurnes et nocturnes prises à la ferme éolienne offshore de Thanet, à environ 12 km de Margate, dans le Kent (Royaume-Uni), considérée comme représentative des parcs offshore britanniques, avec 100 turbines de 3 MW réparties sur une superficie de 35 km^2 et approprié pour l'étude du comportement des oiseaux, compte tenu de l'abondance de ces espèces et de son adéquation logistique par rapport à d'autres sites possibles. Sur 299 vidéos, sélectionnées en fonction de la proximité des oiseaux avec les turbines (environ 90 mètres), seules 6 collisions ont été observées.

5.11.3 Espèces protégées et d'intérêt pour la conservation

Les espèces protégées et d'intérêt conservationniste, tant marines que terrestres, susceptibles d'être présentes dans la zone élargie sont répertoriées dans le tableau 5-42 et classées selon les critères de conservation de la Liste rouge de l'UICN Italie.

En ce qui concerne la faune pélagique, les espèces les plus importantes potentiellement présentes dans la mer Tyrrhénienne/mer Ligure sont les mammifères marins et les tortues marines.

De plus, la présence de coralligène a été mise en évidence tant dans la zone côtière concernée par le passage du câble que dans les environs de la zone du projet du parc éolien. Dans la zone côtière concernée par le passage du câble, on note un tronçon qui coïncide avec la présence de *P. oceanica*.

Tableau 5-42 Liste des espèces protégées et d'intérêt conservationniste, tant marines que terrestres, présentes dans la zone élargie

Nom scientifique	Nom commun	Liste rouge de l'UICN Italie
Avifaune		
Circaetus gallicus	Biancone	**VU**
Circus aeruginosus	Faucon des marais	**VU**
Circus cyaneus	Busard Saint-Martin	**NA**
Circus macrourus	Faucon pèlerin	**/**
Circus pygargus	Faucon crécerelle	**VU**
Milvus migrans	Milan noir	**NT**
Milvus milvus	Milouin royal	**VU**
Pernis apivorus	Faucon pèlerin	**LC**
Pandion haliaetus	Faucon pêcheur	**/**
Cerambyx cerdo	Cerambice du chêne	**/**
Apus melba	Martinet noir	**LC**
Apus pallidus	Martinet pâle	**LC**
Caprimulgus europaeus	Engoulevent	**LC**
Burhinus oedicnemus	Grand œil	**VU**
Pluvialis apricaria	Pluvier doré	**/**

Nom scientifique	Nom commun	Liste rouge de l'UICN Italie
Larus audouinii	Mouette corse	**NT**
Larus melanocephalus	Mouette coralline	**LC**
Himantopus himantopus	Chevalier d'Italie	**LC**
Tringa glareola	Chevalier sylvain	**/**
Ardea cinerea	Héron cendré	**LC**
Columba livia	Pigeon sauvage	**DD**
Alcedo atthis	Martin-pêcheur	**LC**
Coracias garrulus	Geai des chênes	**VU**
Faucon d'Éléonore	Faucon de la reine	**VU**
Falco naumanni	Grillaio	**LC**
Falco peregrinus	Faucon pèlerin	**LC**
Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	**LC**
Alectoris rufa	Perdrix rouge	**DD**
Coturnix coturnix	Caille	**DD**
Fulica atra	Foulque	**LC**
Gallinule poule-d'eau	Poule d'eau	**LC**
Rallus aquaticus	Râle d'eau	**LC**
Calandrella brachydactyla	Calandre	**EN**
Lullula arborea	Tottavilla	**LC**
Corvus corax	Corbeau royal	**LC**
Serinus citrinella	Venturone	**/**
Hirundo daurica	Hirondelle roussâtre	**NT**
Lanius collurio	Pie-grièche écorcheur	**VU**
Lanius minor	Épervier cendré	**VU**
Lanius senator	Alapi à tête rouge	**EN**
Anthus campestris	Calandre	**LC**
Acrocephalus arundinaceus	Rousserolle	**NT**
Prunella collaris	Sordone	**LC**
Acrocephalus scirpaceus	Rousserolle	**LC**
Sylvia cantillans	Sylphide	**LC**
Sylvia conspicillata	Sterpazzola de Sardaigne	**LC**
Sylvia sarde	Magnanina sarde	**LC**
Sylvia ondulée	Magnanina	**VU**
Tichodroma muraria	Pic mur	**LC**

Nom scientifique	Nom commun	Liste rouge de l'UICN Italie
Monticola saxatilis	Codirossone	**VU**
Monticola solitarius	Pinson solitaire	**LC**
Oenanthe hispanica	Hirondelle rousseline	**EN**
Oenanthe oenanthe	Culbianco	**NT**
Phalacrocorax aristotelis desmarestii	Cormoran huppé ss. mediterranea	**LC**
Phalacrocorax carbo	Cormoran	**LC**
Phoenicopterus ruber	Flamant rose	**LC**
Calonectris diomedea	Grand puffin	**LC**
Otus scops	Chouette chevêche	**LC**
Ictiofaune		
Palinurus elephas	Langouste	**/**
Homarus gammarus	Homard	**/**
Maja squinado	Granceola	**/**
Sciaena umbra	Corvina	**VU**
Scyllarides latus	Grande cigale	**/**
Corallium rubrum	Corail rouge	**EN**
Paracentrotus lividus	Oursin de roche	**/**
Ophidiaster ophidianus	/	**/**
Lithophaga lithophaga	Date de mer	**/**
Pinna nobilis	Pinna nobile	**CR**
Lurida lurida	/	
Axinella polypoides	Éponge axinella	**EN**
Spongia officinalis	Éponge de bain	**EN**
Scyllarus arctus	Cicada de mer	**/**
Amphibiens et reptiles		
Bufo viridis	Crapaud vert	**LC**
Bufo bufo	Crapaud commun	**VU**
Coluber viridiflavus	Couleuvre verte	**LC**
Coronelle lisse	Couleuvre lisse	**LC**
Euleptes europaea	Tarentule	**LC**
Podarcis muralis	Lézard des murailles	**LC**
Podarcis sicula	Lézard des champs	**LC**
Hyla sarda	Rainette tyrrhénienne	**LC**
Caretta caretta	Tortue caouanne	**EN**

Nom scientifique	Nom commun	Liste rouge de l'UICN Italie
Mammifères		
Martes martes	Martre	**LC**
Balaenoptera physalus	Rorqual commun	**VU**
Grampus griseus	Grampus	**DD**
Stenella coeruleoalba	Stenella striata	**LC**
Tursiops truncates	Grand dauphin	**NT**
Ziphius cavirostris	Zifio	**DD**
Tadarida teniotis	Molosso de Cestoni	**LC**
Rhinolophus ferrumequinum	Fer à cheval majeur	**VU**
Rhinolophus hipposideros	Petit fer à cheval	**EN**
Hypsugo savii	Chauve-souris de Savi	**LC**
Nyctalus noctula	Chauve-souris commune	**VU**
Pipistrellus kuhli	Chauve-souris à ailes blanches	**LC**
Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle naine	**LC**
Plecotus austriacus	Oreillard du Sud	**NT**

Remarque : NA « Non applicable » ; DD « Données insuffisantes » (non évalué en raison d'un manque de données suffisantes) ; LC, « Least Concern » (préoccupation mineure) ; VU « Vulnerable » (vulnérable) ; NT « near threatened » (quasi menacé) ; EN « Endangered » (en danger) ; CR « Critically Endangered » (en danger critique d'extinction)

Source : Liste rouge de l'UICN Italie, 2022

5.11.4 Espèces exotiques et envahissantes

Les espèces exotiques envahissantes sont également connues sous le nom d'espèces allochtones ou exotiques envahissantes. Les espèces exotiques envahissantes sont donc des espèces animales et végétales transférées par l'homme en dehors de leur aire de répartition naturelle (zone géographique dans laquelle une espèce est répartie), de manière délibérée ou accidentelle, qui ont développé la capacité de constituer et de maintenir des populations viables à l'état sauvage. Le changement climatique joue également un rôle déterminant dans ces déplacements, car il peut créer les conditions environnementales idéales pour l'expansion d'espèces en dehors de leur aire de répartition naturelle.

Les espèces exotiques envahissantes sont parmi les principales causes de perte de biodiversité, en Italie et dans le monde, car, outre le fait qu'elles entrent en concurrence directe avec certaines espèces indigènes, elles peuvent altérer l'état des habitats et de leurs écosystèmes naturels, et parfois causer des dommages économiques considérables à des activités productives telles que l'agriculture et l'exploitation des ressources sylvopastorales. À titre d'exemple, les dommages causés par les espèces exotiques envahissantes rien qu'en Grande-Bretagne pour l'année 2015 ont été estimés à environ 2 milliards d'euros.

Conformément à toutes les principales conventions internationales en matière de protection de la biodiversité et à la stratégie nationale pour la biodiversité, l'Italie œuvre activement pour prévenir la propagation d'espèces exotiques envahissantes et pour contrôler ou éradiquer celles qui sont déjà présentes sur son territoire. En effet, depuis le 1er janvier 2015, le règlement 1143/2014 est en vigueur dans les pays de l'Union européenne, portant

dispositions visant à prévenir et à gérer l'introduction et la propagation d'espèces exotiques envahissantes. Le 14 février 2018, le décret législatif, publié au Journal officiel le 30 janvier 2018, est entré en vigueur.

Cette mesure établit les règles visant à prévenir, réduire au minimum et atténuer les effets négatifs sur la biodiversité causés par l'introduction et la propagation, délibérées ou accidentelles, d'espèces exotiques envahissantes au sein de l'Union européenne, ainsi qu'à réduire au minimum et atténuer l'impact que ces espèces peuvent avoir sur la santé humaine ou l'économie. Les mesures sont basées sur : la prévention, la détection précoce et l'éradication rapide ou la gestion dans le cas d'espèces déjà largement répandues.

À ce jour, quatre listes d'espèces végétales et animales exotiques d'importance pour l'Union européenne ont été publiées au Journal officiel de l'Union européenne (14 juillet 2016, 12 juillet 2017, 25 juillet 2019 et 12 juillet 2022), qui comprennent au total 88 espèces.

L'Europe compte environ 12 000 espèces exotiques, dont environ 10 à 15 % sont considérées comme envahissantes ; ce sont ces espèces qui sont visées par le règlement (UE) n° 1143/2014 afin de protéger la biodiversité et les services écosystémiques et de minimiser ou d'atténuer l'impact que ces espèces pourraient avoir sur la santé humaine ou l'économie. 1143/2014 afin de protéger la biodiversité et les services écosystémiques et de minimiser ou d'atténuer l'impact que ces espèces pourraient avoir sur la santé humaine ou l'économie[35].

L'article 6 du décret législatif 230/2017 interdit l'introduction délibérée ou par négligence dans l'UE, la reproduction, la culture, le transport, l'achat, la vente, l'utilisation, l'échange, la détention et la libération d'espèces exotiques envahissantes d'importance pour l'Union.

Cette liste d'espèces est mise à jour périodiquement, en accordant la priorité aux espèces dont l'inclusion permettrait de prévenir, de réduire au minimum et d'atténuer les effets négatifs de ces espèces de manière efficace et efficiente en termes de coûts.

La présence et l'introduction éventuelle de nouvelles espèces exotiques peuvent être plus dangereuses en Méditerranée que dans d'autres bassins, car la Mare Nostrum, bien qu'elle représente moins de 1 % de la superficie totale des eaux marines de notre planète, abrite environ 7,5 % des espèces animales mondiales (environ 17 000, soit une richesse spécifique 10 fois supérieure à la moyenne).

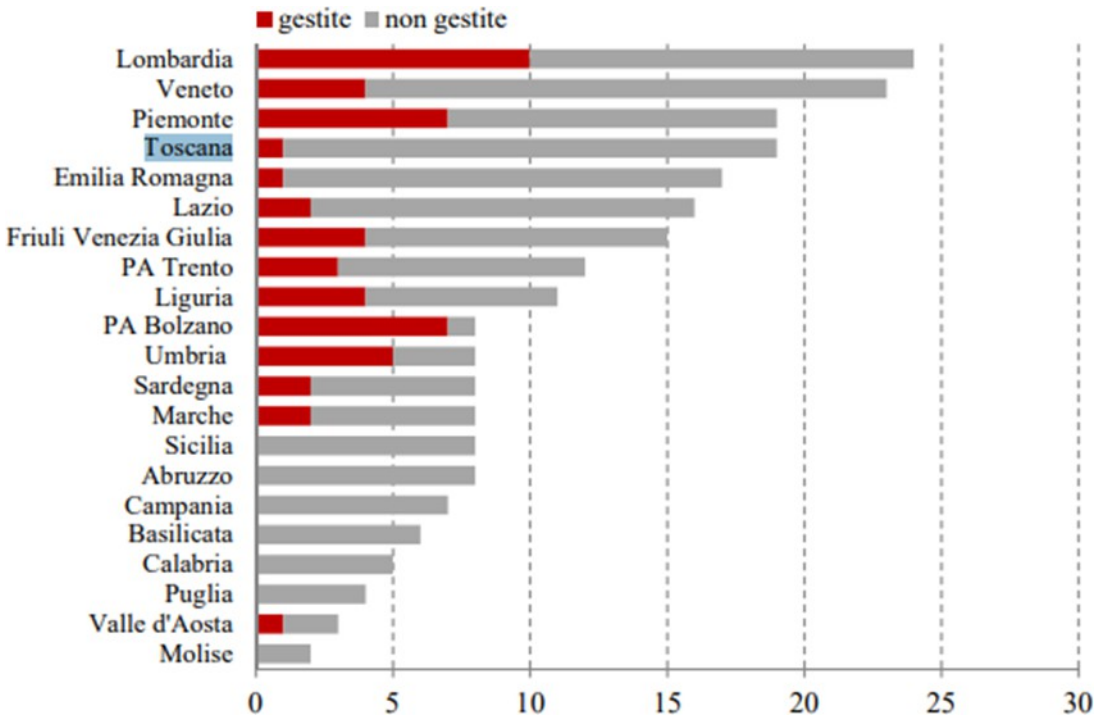
En moyenne, une nouvelle espèce non indigène est signalée tous les 9 jours, mais il est presque impossible de fournir un nombre exact d'espèces allochtones qui trouvent actuellement un environnement favorable le long de nos côtes. En outre, compte tenu de la morphologie particulière de la Méditerranée et en raison des liens avec les

35 https://www.mase.gov.it/pagina/specie-esotiche-invasive (2018

bassins adjacents, l'augmentation a été nettement supérieure à celle d'autres bassins tels que la mer Noire, la mer Baltique ou l'océan Atlantique.

Comme indiqué et analysé dans le rapport « Direttive Natura » (Directives Nature) de l'ISPRA (2013-2018), le tableau général est différent si l'on considère le nombre d'espèces faisant l'objet de mesures de gestion par rapport à celles présentes. La Toscane compte un nombre élevé d'espèces exotiques sans aucun plan de gestion.

Figure 5-151 Nombre d'espèces exotiques envahissantes d'importance communautaire gérées et non gérées dans chaque région/province autonome (données relatives à la période 2016-2018)



Source : ISPRA, 2018

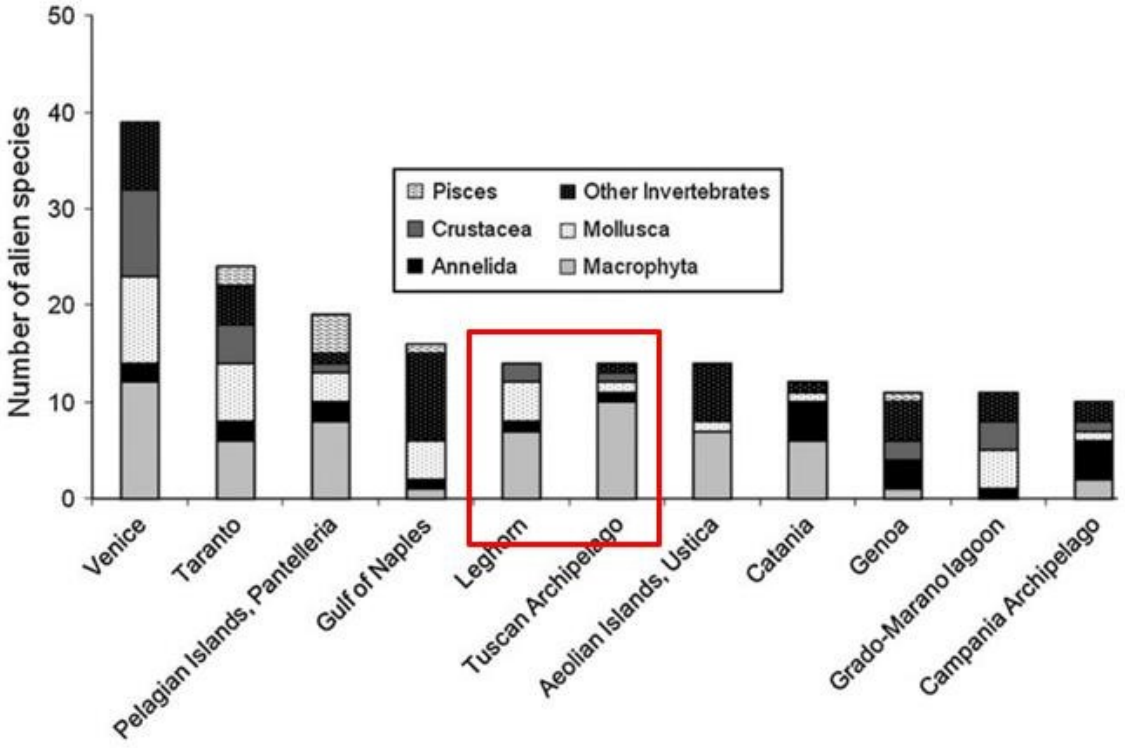
Dans la partie terrestre de l'Area Vasta, la présence de plusieurs espèces exotiques envahissantes de faune et de flore est probable. Les espèces animales exotiques terrestres sont le rat noir (*Rattus rattus*), le sanglier (*Sus scrofa) et* le mouflon (*Ovis aries*)[36]. Une étude (Lazzaro *et al.*, 2014) a identifié environ 141 taxons d'espèces végétales exotiques, soit environ 10 % de la flore totale de l'archipel toscan (inclus dans l'Area Vasta). Trois taxons étaient des gymnospermes (*Callitropsis glabra, Cupressus sempervirens et Pinus canariensis*), tandis que les 138 autres

36 https://www.restoconlife.eu/le-specie-aliene/ (2010)

étaient des angiospermes. La plupart des espèces sont des arbres et des arbustes (44 espèces) et des herbes annuelles (42 espèces).

Dans le milieu marin, le succès adaptatif des espèces exotiques est favorisé par les processus de tropicalisation de la mer Méditerranée. Dans la zone Vasta, 14 espèces ont été recensées (Occhipinti-Ambrogi *et al.*, 2010). Les espèces appartiennent à différentes catégories taxonomiques.

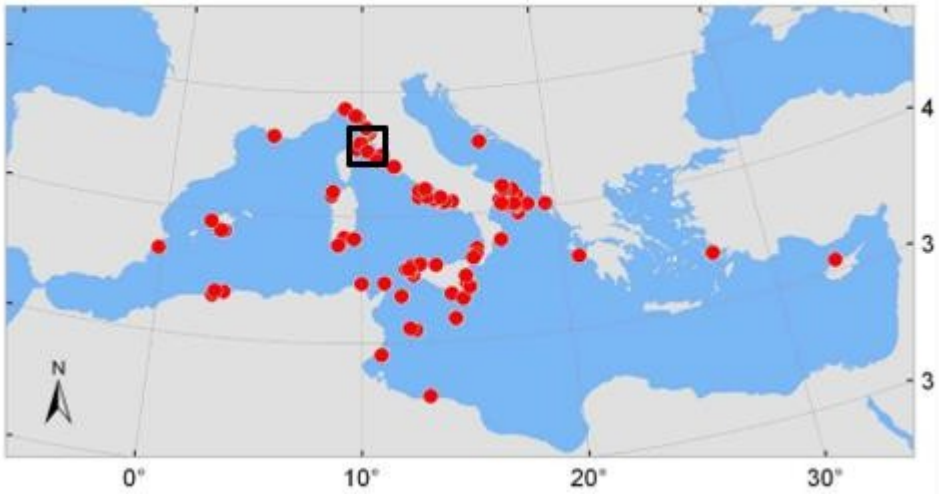
Figure 5-152 Nombre d'espèces exotiques enregistrées dans les hotspots le long de la côte italienne.



Source : Occhipinti-Ambrogi et al., 2010

Un exemple est la propagation d'algues du genre Caulerpa, qui représente une menace sérieuse pour les peuplements de Posidonia. La population de caulerpa présente dans l'archipel toscan est encore limitée.

Figure 5-153 Répartition de Caulerpa racemosa en mer Méditerranée.



Source : ISPRA - Si.Di.Mar, 2019

Les espèces de Caulerpa, comme d'autres algues exotiques, ont deux mécanismes différents d'interaction avec les populations d'origine (Gravez *et al.*, 2001). Le premier est celui de la pure compétition. Certaines espèces végétales parviennent à coloniser rapidement tout type de substrat en supplantant les espèces déjà présentes. L'expansion de *Caulerpa taxifolia* en est un exemple. En effet, dans les zones de première colonisation du nord-ouest de la Méditerranée, cette espèce a recouvert plusieurs hectares de fonds marins, souvent abandonnés depuis longtemps par les posidonies en raison de leur état précaire dû à la dégradation de l'environnement et aux conditions défavorables dans lesquelles elles se trouvaient. Cette espèce a en effet colonisé des zones presque entièrement dépourvues de couverture végétale, constituées de fonds sableux et caillouteux dans des environnements fortement réophiles. La preuve en est la diversité végétale accrue des peuplements dont *C. taxifolia* est l'espèce caractéristique.

Le deuxième mécanisme d'interaction avec les populations préexistantes consiste à remplir les niches laissées vacantes par la déstructuration des populations d'origine ou par les événements climatiques qui touchent la mer Méditerranée depuis des décennies et qui ont contribué à effacer les distances entre les niches écologiques de l'infralittoral avec la raréfaction, dans les habitats à faible profondeur, des espèces spécialisées et l'augmentation conséquente des espèces généralistes.

En lien avec la propagation de Caulerpa, des effets contradictoires ont également été décrits (Öztürk *et al.*, 2021) : par exemple, dans les prairies de *C. taxifolia*, on a observé une diminution du nombre de polychètes indigènes, en particulier du nombre d'espèces d'amphipodes, ainsi qu'une diminution des populations de poissons et d'oursins, tandis que la diversité des mollusques avait augmenté. D'autre part, il a également été observé que les prairies de *C. taxifolia* semblent offrir des environnements favorables au recrutement de certaines espèces de poissons en automne.

Figure 5-154 Caulerpa cylindracea (vert clair) à proximité d'une prairie de Posidonia oceanica (vert foncé)



Source : www.vglobale.it (©Lucio Rositani), 2021

5.12 Zones naturelles protégées et sites Natura 2000

5.12.1 Zones protégées

Le système des zones naturelles protégées et préservées de Toscane revêt une grande importance en raison du nombre et de l'étendue des zones, ainsi que de la richesse et de la diversité du patrimoine naturel. Les instruments de protection pris en compte dans la sélection comprennent : les zones naturelles protégées inscrites sur la liste officielle du ministère de l'Environnement et de la Sécurité énergétique (parcs nationaux, parcs naturels régionaux et interrégionaux, réserves naturelles, zones humides d'intérêt international, autres zones naturelles protégées, zones de recherche terrestres et marines).

Le réseau Natura 2000, qui constitue le principal instrument de la politique de l'Union européenne en matière de conservation de la biodiversité. Il s'agit d'un réseau écologique couvrant l'ensemble du territoire de l'Union, créé en vertu de la directive 92/43/CEE « Habitats » afin de garantir la conservation à long terme des habitats naturels et des espèces de faune et de flore menacées ou rares au niveau communautaire. Toutefois, la directive « Habitats » vise à garantir la protection de la nature tout en tenant compte « des exigences économiques, sociales et culturelles, ainsi que des particularités régionales et locales ». Le réseau Natura 2000 est constitué :

- les sites d'intérêt communautaire (SIC), identifiés par les États membres, qui abritent des habitats et des espèces énumérés aux annexes I et II de la directive « Habitats » ;
- les zones spéciales de conservation (ZSC), désignées à la suite de l'adoption des listes des SIC par la Commission européenne ;

- les zones de protection spéciale (ZPS), pour les sites identifiés conformément à la directive Oiseaux, dont l'identification relève, en Italie, de la compétence des régions et des provinces autonomes ;
- les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) : zones qui jouent un rôle fondamental pour les oiseaux sauvages et constituent un outil essentiel pour leur protection et leur étude. Issues d'un projet de BirdLife International, ces zones sont identifiées en Italie par la LIPU selon une série de critères convenus au niveau international ;
- zones protégées en vertu de la convention de Ramsar : également appelée Convention sur les zones humides d'importance internationale, il s'agit d'un accord signé à Ramsar, en Iran, par un groupe de gouvernements, d'institutions scientifiques et d'organisations internationales, avec la collaboration de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et du Conseil international pour la protection des oiseaux (ICBP) ;
- Géosites : l'Inventaire italien des géosites contient des informations sur les « géosites » présentant un intérêt géologique, naturaliste et géoarchéologique, recueillies par l'ISPRA depuis 2002 ;
- zones protégées par des instruments réglementaires nationaux non compris dans les catégories précédentes.

Les zones protégées concernées par l'Area Vasta sont indiquées ci-dessous.

- **Parc national de l'archipel toscan (EUAP0010) – Autres zones naturelles protégées nationales (AANP) et zone de protection spéciale (ZPS)[37] .**
  Le parc comprend les sept îles de l'archipel toscan : Elbe, Capraia, Gorgona, Pianosa, Montecristo, Giglio, Giannutri. Les îles ont une formation géologique différente qui influence la forme et le paysage de chacune d'entre elles. La présence très ancienne de l'homme, attestée par des découvertes archéologiques et une longue tradition d'exploitation des minéraux, a profondément modifié la végétation d'origine. Les forêts de chênes verts ne subsistent que dans certaines parties de l'île d'Elbe, tandis que le maquis méditerranéen est la végétation dominante.

- **Cap Corse et Agriate (FR9100008) – Zone marine protégée (AMP)[38] .**
  Ce site est situé au nord-ouest de la Corse. Il couvre une superficie totale de 6 828,29 km² et a été créé dans le but de préserver le patrimoine culturel, de conserver l'état des espèces et des habitats et de protéger la valeur paysagère. C'est une zone de présence et de transit de plusieurs espèces vulnérables ou menacées telles que le mérou brun (*Epinephelus marginatus*) et la tortue caouanne (*Caretta caretta*) ;

- **Sanctuaire pour les mammifères marins - Pelagos (EUAP1174) - Zone spécialement protégée (ASPIM) et site d'intérêt communautaire (SIC)[39] .**
  Le sanctuaire pour les mammifères marins - Pelagos est une ASPIM qui s'étend du bassin corse-ligurien-provençal au nord de la Sardaigne jusqu'aux côtes du nord du Latium. Les conditions particulières

37 https://www.parks.it/parco.nazionale.arcip.toscano/par.php (Association pour la protection de la nature), 2023

38 https://www.amp.milieumarinfrance.fr/home/search/fiche-didentite-dune-amp-en?wdpaid=555561929&gid=6758,2024

39 https://www.naturaitalia.it/apriAreaNaturale.do?idAreaNaturale=74&numeroPuntoInformativo=4, 2023

Les caractéristiques océanographiques de la zone font que celle-ci est privilégiée par certaines espèces de cétacés qui se répartissent dans les eaux du sanctuaire selon leurs habitudes éco-éthologiques. Le projet s'inscrit dans l'ASPIM entre le nord de la Corse et les côtes de la Toscane ;

- **Zone marine protégée du *Tursiops truncatus* (IT5160021) - Site d'intérêt communautaire (SIC)[40] et Zone marine protégée (AMP).**
  Le SIC en question a une superficie de plus de 4 000 km^2 et son périmètre part du promontoire de Piombino, se prolonge horizontalement jusqu'à l'île de Capraia, continue jusqu'à l'île de Gorgona et se termine devant la commune de Pietrasanta (LU). La zone chevauche la zone plus vaste du sanctuaire pour les mammifères marins et a été désignée en particulier pour la conservation du grand dauphin ;

- **Secche della Meloria (IT5160018) – Site d'intérêt communautaire (SIC) et zone marine protégée (AMP)[41] .**
  Les Secche della Meloria sont un SIC formé d'un large récif affleurant qui s'étend sur environ 40 km^2. Ses fonds marins, dont la profondeur varie en moyenne de -3 à -12 m, sont constitués d'une alternance de vastes clairières de sable, de prairies de Posidonia oceanica et de formations géologiques typiques appelées « catini ».

5.12.2 Sites Natura 2000 dans la zone élargie

Le réseau des zones naturelles protégées de Toscane revêt une grande importance en raison du nombre et de l'étendue des zones concernées, ainsi que de la richesse et de la diversité du patrimoine naturel. Le parc comprend plusieurs sites d'importance communautaire au sens de la directive Habitat 92/43/CE :

- **Parc régional Migliarino S. Rossore Massaciuccoli (IT5170002) – Zone spéciale de conservation (ZSC) et Zone de protection spéciale (ZPS)[42] .**
  Le parc régional de Migliarino S. Rossore Massaciuccoli est un système de dunes et d'interdunes fossiles alternant avec des pinèdes de pins maritimes et de pins domestiques, de la garrigue, des zones humides et des forêts hygrophiles. La côte sablonneuse présente des écosystèmes dunaires, des roselières, des prairies halophiles et d'autres formations d'hélophytes. Le long des cours d'eau, on trouve une végétation ripariale avec des formations herbacées pérennes et annuelles d'halophytes ;

- **Marais de Suese et Biscottino (IT51600001) – Site d'importance communautaire (SIC) et zone de protection spéciale (ZPS)[43] .**

---

40 https://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2021/128-21/lo-stato-del-delfino-costiero-nel-sito-di-importanza-comunitaria-toscano (2021)

41 https://www.comune.livorno.it/stato-dellambiente/aree-protette/area-marina-protetta-secche-della-meloria, (2021)

42 https://www502.regione.toscana.it/searcherlite/habitat_dettaglio_zsc.jsp?valore=IT5170002, (2020)

43 https://www.appenninosettentrionale.it/schede/scheda_pdg_areeprotette_meno.php?id_area=IT5160001, (2024)

Les marais de Suese et Biscottino se caractérisent par une zone humide intérieure avec un plan d'eau douce dans la région de Suese, tandis que la région de Biscottino compte de nombreux fossés avec une végétation hélophyte riche ;

- **Monti Livornesi (IT5160022) – Site d'intérêt communautaire (SIC)**[44] .
  Les Monts Livournais présentent différents types d'habitats, notamment des lacs eutrophes naturels avec une végétation de type *Magnopotamion* ou *Hydrocharition*, des rivières aux berges limoneuses avec une végétation de type *Chenopodion rubri p.p* et *Bidention p.p*, des rivières méditerranéennes à débit permanent avec *Papsalo-Agrostidion* et des rangées de *Salix* et *Populos alba*, des marais calcaires avec *Cladium mariscus* et des espèces du *Caricoion davallinae*, des forêts alluviales résiduelles *d'Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* et des forêts mixtes ripariennes de grands fleuves *à Quercus robur*, *Ulmus laevis* et *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ou *Fraxinus angustifolia* ;

- **Calafuria (IT5160023) – Site d'intérêt communautaire (SIC).**
  Le SIC de Calafuria, zone terrestre et marine, est une zone comprise entre les deux châteaux de Boccale et Sonnino, les deux embouchures des torrents Marroccone au nord et Rogiolo au sud. En mer, il est délimité par la bathymétrie de -40/-50 mètres et sur terre par la route nationale. La partie marine mesure environ 200 hectares et environ 4 km de côte. La principale particularité de cette zone est liée à la biocénose coralligène, très complexe et composée de différents microhabitats à forte biodiversité (Serena F., 2022) ;

- **Lac de Santa Luce (IT5170009) – Zone spéciale de conservation (ZSC)**[45] **.**
  Le lac de Santa Luce est un plan d'eau artificiel dont les rives sont couvertes de vastes communautés végétales marécageuses (roselières, jonchères), de forêts hygrophiles et de maquis hygrophiles. On y trouve également des cultures arables. C'est également un site d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques. Situé à proximité de la côte, c'est également un site important pour la migration ;

- **Tombolo di Cecina (IT5160003) – Zone di Protection Speciale (ZPS)**[46] **.** Le type d'environnement prédominant dans la ZPS du Tombolo di Cecina comprend des pinèdes dunaires, la côte sablonneuse et les zones humides situées derrière les dunes. On y trouve également des zones agricoles ;

- **Île de Gorgona (IT5160002) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et zone de protection spéciale (ZPS)**[47] **.**

---

44 https://pdgadj.appenninosettentrionale.it/RAPhome/5/IT5160022/ (2021)

45 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5170009.pdf (2020)

46 https://www.appenninosettentrionale.it/schede/scheda_pdg_areeprotette_meno.php?id_area=IT5160003, (2024)

47 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160002.pdf, (2020)

L'île de Gorgona se caractérise par un relief escarpé, avec des forêts de conifères faisant partie du maquis méditerranéen. Elle se distingue par ses garrigues et ses prairies secondaires, ainsi que par une végétation rupicole (végétation typique des falaises et des côtes rocheuses hautes et escarpées). On y trouve également des zones agricoles, en grande partie en terrasses.

- **Île de Capraia, zone terrestre et marine (IT5160006, IT5160007) - Zone spéciale de conservation (ZSC), Zone de protection spéciale (ZPS).**
  La partie terrestre de l'île de Capraia se caractérise par une morphologie escarpée avec une végétation méditerranéenne, des garrigues et des côtes rocheuses élevées, des cours d'eau à écoulement non permanent, un plan d'eau naturel et des prairies secondaires. L'île abrite de nombreux habitats d'intérêt communautaire/prioritaires, notamment des étangs méditerranéens temporaires avec des prairies amphibies dominées par de petits joncs et des micropteridophytes, des prairies de graminées et d'herbes annuelles, des eaux avec une végétation flottante dominée par des hydrophytes, des parois rocheuses verticales sur un substrat siliceux et des bosquets thermophiles ripariens.
  Du côté marin, l'île de Capraia se caractérise par des prairies de Posidonia oceanica, des bancs de sable sublittoraux en permanence submergés, des récifs submergés et semi-submergés avec des communautés benthiques et des grottes marines submergées et semi-submergées (Lombardi *et al.*, 2016) ;

- **Pente continentale de l'archipel toscan (IT5160020) - Site d'intérêt communautaire (SIC)[48] .** Le talus continental de l'archipel toscan se caractérise par une population de coraux profonds, répartis entre -350 et -410 m de profondeur, dans une zone située entre Capo Corso et les îles de Gorgona et Capraia. Les structures coralliennes sont réparties de manière inégale sur un fond vaseux et se présentent sous la forme de reliefs de 3 à 4 mètres de hauteur et de plusieurs dizaines de mètres d'extension. La partie supérieure des structures est colonisée par des organismes vivants ;

- **Promontoire de Piombino et Monte Massoncello (IT5160009) - Zone spéciale de conservation (ZSC)[49] .**
  Le promontoire de Piombino et le mont Massoncello se caractérisent par des versants côtiers constitués de côtes rocheuses couvertes de maquis haut et bas et de forêts sclérophylles. De plus, la végétation prédominante est formée de forêts de feuillus et de garrigues ;

- **Îles de Cerbi et Palmaiola (IT5160011) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et Zone de protection spéciale (ZPS)[50] .**
  Les îles de Cerberi et Palmaiola sont des îles mineures caractérisées par des garrigues et des maquis bas, des affleurements rocheux et des côtes rocheuses élevées. De plus, sur l'île de Palmaiola, on trouve des arbustes sur de petites cultures abandonnées, tandis que sur l'île de Cerboli, on trouve des carrières abandonnées et des ruines.

48 https://download.mase.gov.it/Natura2000/Trasmissione%20CE_dicembre2022/schede_mappe/Toscana/ZSC_schede/Site_IT5160020.pdf (2022)

49 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160009.pdf (2020)

50 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160011.pdf, (2020)

Les deux îles sont peu touchées par la présence humaine, à l'exception des zones périphériques propices à la baignade ;

- **Monte Capanne et promontoire de l'Enfola (IT5160012) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et Zone de protection spéciale (ZPS)[51] .**
  Le mont Capanne est le principal relief montagneux de l'archipel toscan, avec des versants accidentés et très escarpés. Il se caractérise par des forêts de sclérophylles et de feuillus, avec des maquis hauts et bas, des garrigues, des prairies arides, des affleurements rocheux et des zones détritiques, des côtes rocheuses. Reboisements, sites d'extraction abandonnés, zones agricoles, cours d'eau, côtes sablonneuses. La région du Monte Capanne se caractérise par une très grande diversité environnementale et des niveaux élevés ou très élevés de naturalité. Le promontoire de l'Enfola est d'une grande valeur paysagère et comprend des tronçons de côte haute d'une valeur naturaliste remarquable ;

- **Scoglietto di Portoferraio (IT5160019) - Zone spéciale de conservation (ZSC)[52] .**
  La zone du récif de Portoferraio est une zone côtière située au nord de l'île d'Elbe. Elle se trouve dans la partie nord-est de la zone et est inhabitée. La zone comprend une partie des fonds marins constituée principalement d'un substrat sableux colonisé par *Posidonia oceanica*. Des populations coralliennes sont présentes dans la partie nord-est. La protection biologique a conduit à la présence d'une grande diversité et abondance de faune piscicole dans les eaux entourant l'îlot.

- **Elba Orientale (IT5160102) - Site d'intérêt communautaire (SIC).**
  Le SIC de l'Elba orientale est un relief vallonné, avec une prédominance de maquis méditerranéen et de forêts de chênes verts à basse altitude, de garrigues, de prairies pâturées et d'environnements rocheux sur la crête, avec des pentes moyennes de 59 % et certaines zones à feuillage persistant dépassant 70 %. La zone insulaire possède une grande valeur ornithologique, en particulier pour les espèces liées aux garrigues, aux prairies pâturées et aux environnements rocheux. Elle abrite également une mosaïque d'habitats différents, avec une grande biodiversité (Lombardi *et al.*, 2009) ;

- **Macchia Lucchese (IT5120016) - Zone spéciale de conservation (ZSC)[53].**
  La Macchia Lucchese est constituée d'un complexe forestier qui, malgré la pression anthropique, conserve une végétation en bon état grâce à l'absence d'interventions forestières. Les types de végétation forestière marécageuse sont un exemple typique des aspects qui étaient autrefois largement répandus dans la plaine toscane. Présence de l'amphibien *Triturus carnifex*, endémique en Italie ;

51 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160012.pdf (Association pour la protection de la nature et de l'environnement), (2020)

52 https://download.mase.gov.it/Natura2000/Trasmissione%20CE_dicembre2022/schede_mappe/Toscana/ZSC_schede/Site_IT5160019.pdf (Le parc naturel régional du Mont-Civert), (2022)

53 https://biodiversity.europa.eu/sites/natura2000/IT5120016 (2020)

- **Forêts de Bolgheri, Bibbona et Castiglioncello (IT5160005) - Zone spéciale de conservation (ZSC)[54].** Vaste zone à fort caractère naturel, elle abrite des espèces animales rares et menacées. Parmi les mammifères prédateurs, on note la présence de *Martes martes*. Présence de *Rana italica* et *Bombina pachypus*, espèces endémiques des Apennins italiens ;

- **Marais de Bolgheri (IT5160004) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et zone de protection spéciale (ZPS)[55].**
  Zone d'intérêt ornithologique très élevé, incluse parmi les sites ICBP. Zone humide de grande importance dans le nord de la Toscane pour l'hivernage de *l'Anas penelope.* Elle est également très importante pour la nidification de certaines espèces liées principalement à l'environnement humide et aux bois. La présence de *Martes martes* est importante. Parmi les amphibiens, on trouve le *Triturus carnifex*, une espèce endémique italienne.

- **Monte Calvi di Campiglia (IT5160008) - Zone spéciale de conservation (ZSC)[56].**
  Zone à forte diversité floristique, abritant de nombreuses stations d'espèces endémiques, rares ou présentant un intérêt phytogéographique. Les zones rocheuses et les forêts de Qurcus ilex, dont l'état de conservation est souvent excellent, sont particulièrement précieuses. Parmi les reptiles, on trouve l'espèce *Phyllodactylus europaeus*, endémique de la région méditerranéenne, appartenant à un genre par ailleurs tropical.

- **Cap Corse Nord et île Finocchiarola, Giraglia et Capense (FR9400568) – Site d'intérêt communautaire (SIC)[57] .**
  Ce site est situé à l'extrémité nord du Cap Corse. Cette zone bénéficie d'un climat méditerranéen, avec des conditions côtières semi-arides, et abrite une grande variété d'environnements côtiers différents, notamment des dunes de genévriers, des plages de galets ou de sable, des marais salés ou d'eau douce, des falaises rocheuses et des prairies humides côtières. Il comprend également trois îlots et une rivière naturelle avec tout son bassin versant ;

- **Plateau du Cap Corse (FR9412009) – Zone de protection spéciale (ZPS)[58] .**

---

54 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160005.pdf (2019)

55 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160004.pdf (2019)

56 https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5160008.pdf, (2019)

57 https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9400568, (2016)

58 https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9412009 (Les zones spéciales de conservation de la Toscane), (2016)

Grâce à sa situation géographique, ce site est un point de migration pré-nuptiale important pour les oiseaux revenant d'Afrique. Plusieurs colonies se sont installées sur la côte du Cap Corse et sur les îlots, qui sont préservés de toute activité humaine ;

- **Grands dauphins de l'Agriate (FR9402019) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et site d'intérêt communautaire (SIC) [59] .**
  La région du Cap Corse et de l'Agriate abrite l'une des deux zones de concentration de grands dauphins en Corse. Le site des grands dauphins de l'Agriate complète les sites marins côtiers Natura 2000 où des comportements de repos et de socialisation ont été observés ;

- **Oiseaux marins de l'Agriate (FR9412011) - Zone de protection spéciale (ZPS)[60].**
  Le site abrite de nombreux oiseaux marins, dont la plupart proviennent de la zone du Cap Corse. Le faucon de Scopoli (sur la Giraglia) et le cormoran huppé s'y reproduisent. Cette zone marine est également traversée par un grand nombre d'oiseaux migrateurs, surtout au printemps. Plus sporadiquement, on peut observer la présence et la répartition d'espèces d'oiseaux marins migrateurs ou hivernants.

- **Anciennes galeries de mines de Lozari/Belgodere (FR9402011) - Site d'intérêt communautaire (SIC)[61] .**
  Ce site se trouve dans le massif granitique de Corse (granite à porphyres). Il est constitué d'une série d'anciennes galeries minières. La végétation présente correspond à celle du stade méso-méditerranéen bas, caractérisé par des formations basses à cistes dominantes. Elle est représentée sur le site par un maquis dense composé de chênes verts, de bruyères et d'arbousiers. C'est un lieu privilégié pour la faune triglyphophile ou cavernicole. Dans ces cavités artificielles, les chauves-souris, les amphibiens et certaines espèces d'insectes sont souvent les seuls représentants connus de cette faune. Le site de Lozari abrite cinq espèces de chauves-souris, toutes présentes dans les annexes II et IV de la directive « Habitats » : le fer à cheval mineur, le fer à cheval majeur, le fer à cheval, la souris des Capaccini et le miniopter de Schreiber. Ces trois dernières espèces de chauves-souris sont rares en Corse ;

- **Plateau du Cap Corse (FR9402013) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et site d'intérêt communautaire (SIC)62.**
  Le plateau continental au large de Calvi fait partie d'une zone qui s'étend entre Saint-Florent et le Cap Cavallo, avec trois canyons : celui de Calvi, celui de l'Ile Rousse et celui de Saint-Florent. Le secteur du Cap Corse et des Agriates forme un ensemble cohérent d'environnements variés. En effet, au nord-est, on trouve des zones sableuses avec d'anciennes dunes hydrauliques et des prairies de posidonie sur roche.

---

59 https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9402019 (2016)

60 INPN - FSD Natura 2000 - FR9412011 - Oiseaux marins de l'Agriate - Description, (2018)

61 https://corse.n2000.fr/natura-2000-en-corse/les-sites/fr9402011-anciennes-galeries-de-mines-de-lozari-belgodere , (2016)

62 https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9402013 (2016)

Sur le plateau du Cap Corse, on trouve des récifs coralliens et des rochers sur les îlots, qui favorisent le développement de nombreuses espèces animales et végétales. Cette zone abrite également l'un des rares estuaires de Corse, à l'embouchure de l'Ostriconi. Dans la partie occidentale, il existe un continuum qui va des habitats en eaux profondes à ceux côtiers du Cap Corse et des Agriates.

- **Iles Finocchiarola et Côte Nord (FR9410097) – Zone de protection spéciale (ZPS)[63] .**
  Le site est principalement constitué de terrains métamorphiques avec des formations sédimentaires. Les petites zones humides jouent un rôle important en tant que halte migratoire pour l'avifaune ;

- **Agriates (FR9400570) - Zone spéciale de conservation (ZSC) et site d'intérêt communautaire (SIC)[64] .**
  Le massif de l'Agriate abrite une grande variété d'habitats côtiers d'intérêt communautaire et de nombreux sites présentant un grand intérêt floristique, notamment un ensemble varié de plages et de dunes boisées, des cours d'eau temporaires abritant une faune d'invertébrés, des prairies et des zones humides présentant une grande diversité d'espèces. L'environnement marin couvre plus de 23 000 hectares, s'étendant de l'Ostriconi au sud jusqu'au Capo Bianco au nord, sur une distance de plus de 50 km.

Il convient également de signaler la désignation d'un nouveau site Natura 2000 au-delà des eaux territoriales dans la zone élargie, pour lequel, au moment de la rédaction du présent document, la consultation publique est toujours ouverte : le SIC IT0000003 - « Banco di Santa Lucia », caractérisé par l'habitat 1170 - « Récifs » et par la présence de coraux noirs de l'ordre des Antipatharia. Le projet interfère partiellement avec la zone marine protégée EUAP1174 - « Sanctuaire des mammifères marins », qui est également une zone spécialement protégée d'intérêt méditerranéen (ASPIM) au sens de la Convention de Barcelone pour la protection de la Méditerranée contre la pollution. La zone offshore du parc éolien est limitrophe de la ZSC IT5160020 - « Pente continentale de l'archipel toscan », dont la création remonte à mai 2016, située dans une zone entre Capo Corso et les îles de Gorgona et Capraia. En outre, la zone offshore du parc éolien est adjacente au SIC IT5160021 - « Protection du *Tursiops* truncatus » qui s'étend entre les communes de Pietrasanta et Piombino et comprend les îles de Gorgona, Capraia et les Secche della Meloria, pour une superficie de plus de 3 740 km^2.

En ce qui concerne la zone terrestre, le projet est situé à l'intérieur de la ZPS IT5160003.- « Tombolo di Cecina », à 2 km du SIC IT5160022 – « Monti Livornesi » et à 5,3 km de la ZSC IT517009 « Lago Santa Luce ».

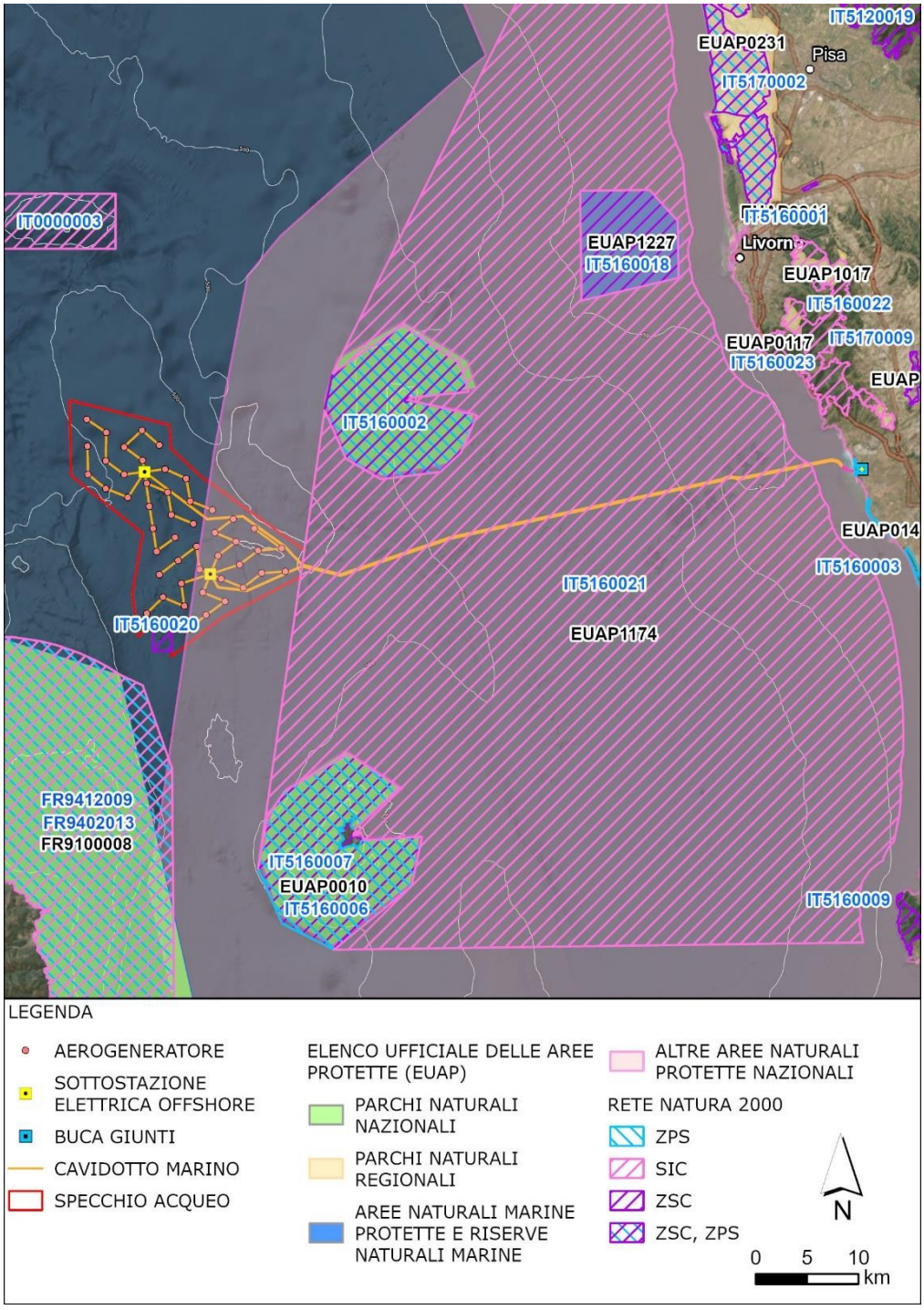
Les zones françaises les plus proches de la zone du projet sont le SIC FR9402013 « Plateau du Cap Corse », la ZPS FR9412011 « Oiseaux marins de l'Agriate » et l'AMP FR100008 - « Cap Corse et Agriate ». La configuration du parc éolien tient compte de ces zones et prévoit une distance d'environ 3 km entre celles-ci et l'éolienne la plus proche, ce qui permet d'éviter toute interférence avec ces zones.

63 https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9410097 (2016)

64 https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9400570 (2016)

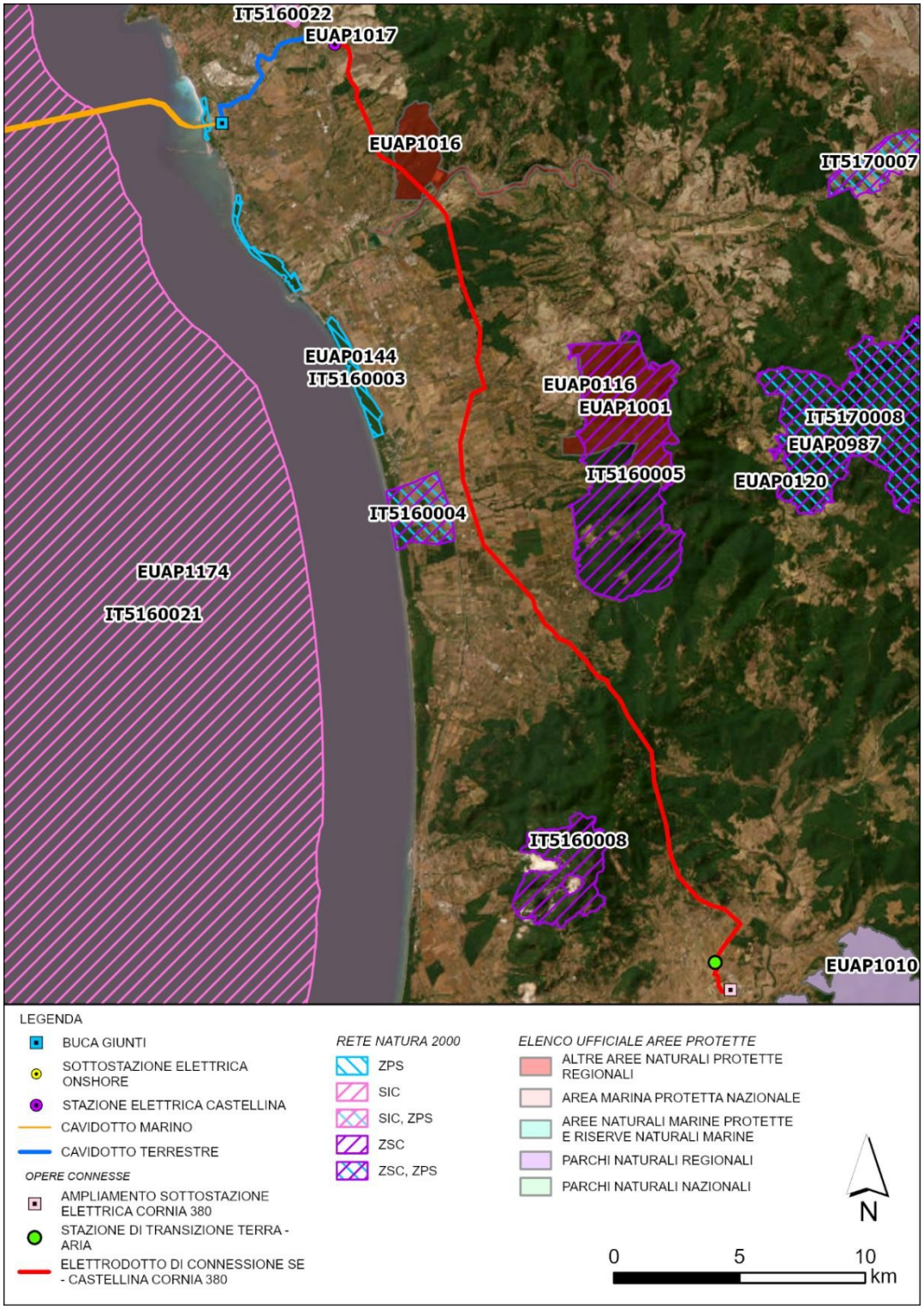
La zone du projet des travaux connexes TERNA interfère avec la zone naturelle protégée d'intérêt local Giardino Belora, Fiume Cecina (EUAP 1016). Le site a été choisi par exclusion, afin d'éviter et de protéger les centres habités et les sites Natura 2000 situés plus à l'ouest. Il n'existe pas de documents réglementaires spécifiques pour cette zone naturelle protégée : il faut toutefois tenir compte du fait que cette zone accueillera la ligne électrique, dont l'impact sur la faune, et en particulier sur l'avifaune, est nettement inférieur à celui d'autres parties du projet, telles que les éoliennes.

Figure 5-155 : Zones naturelles protégées et Natura 2000 dans la zone Vasta - secteur offshore



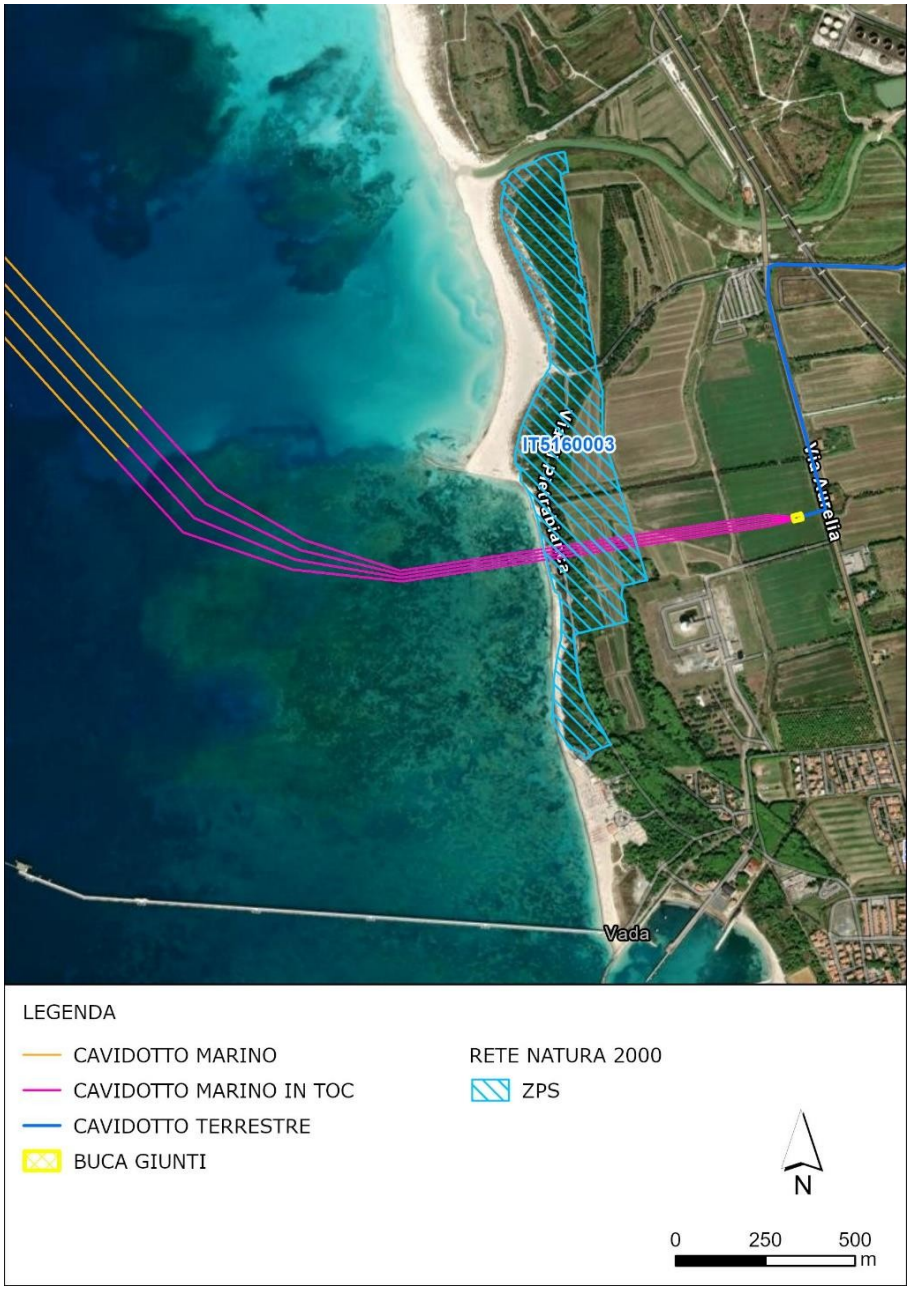
Source : Portail cartographique national (PCN) et IGN Institut national de l'information géographique et forestière (https://www.geoportail.gouv.fr/) – Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Figure 5-156 Zones naturelles protégées et Natura 2000 dans la zone Vasta - secteur littoral



Source : Portail cartographique national (PCN) et IGN Institut national de l'information géographique et forestière (https://www.geoportail.gouv.fr/) – Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Figure 5-157 Zones Natura 2000 dans la zone d'atterrage du conduit



Source : Portail cartographique national (PCN) et IGN Institut national de l'information géographique et forestière (https://www.geoportail.gouv.fr/) – Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

Le tableau 5-43 présente les zones protégées les plus touchées dans la zone du projet et leur distance respective.

Tableau 5-43 Zones protégées et sites Natura 2000 proches du projet et distance correspondante

Code Natura 2000	Nom du site	Distance par rapport à la zone du projet/aux ouvrages connexes [km]	Distance par rapport à la connexion [km]
Travaux du projet			
Sites marins			
ZSC IT5160020	Pente continentale de l'archipel toscan	Adjacent au périmètre du parc éolien : distance minimale par rapport à l'éolienne 1,2	14
SIC IT5160021	Protection du *Tursiops truncatus*	Adjacent au périmètre du parc éolien : distance minimale par rapport à WTG 1,6	Il croise le tronçon de connexion offshore
ZSC IT5160018	Bancs de Meloria	36	20
SIC IT0000003	Banc de Santa Lucia	14,9	22,1
SIC FR9402013	Plateau du Cap Corse	4	19,2
ZPS FR9412009	Plateau du Cap Corse	4	19,5
ZSC SIC FR9402019	Grands dauphins de l'Agriate	16,3	33
SIC FR9402011	Anciennes galeries de mines de Lozari/Belgodere	>50	>50
ZPS FR9412011	Oiseaux marins de l'Agriate	16,3	33
Sites marins/terrestres			
ZSC ZPS IT5160002	Île de Gorgona - zone terrestre et marine	9,7	7,6
ZSC IT5160006	Île de Capraia - zone terrestre et marine	17,8	17
ZPS IT5160007	Île de Capraia - zone terrestre et marine	17,8	17
SIC IT5160023	Calafuria - Zone terrestre et marine	49	9,8
ZPS SIC FR9400570	Agriates	31,6	47,6
ZPS FR9410097	Îles Finocchiarola et Côte Nord	27	42
Sites terrestres			
SIC IT5160022	Montagnes de Livourne	>50	0,5

Code Natura 2000	Nom du site	Distance par rapport à la zone du projet/aux travaux connexes [km]	Distance par rapport à la connexion [km]
SIC IT5160023	Calafuria - Zone terrestre et marine	49	12
ZPS IT5160003	Tombolo di Cecina	>50	Croise la connexion offshore dans le tronçon en TOC
ZSC IT5170009	Lac Santa Luce	>50	2,7
SIC FR9400568	Cap Corse Nord et île Finocchiarola, Giraglia et Capense	27	42
Travaux connexes			
Sites terrestres			
ZPS IT5160003	Tombolo de Cecina	3,1	-
SIC IT5160022	Montagnes de Livourne	1,8	-
ZSC IT5170009	Lac Santa Luce	3,2	-
ZSC IT5160005	Forêts de Bolgheri, Bibbona et Castiglioncello	2	-
ZSC/ZPS IT5160004	Marais de Bolgheri	0,9	-
ZSC IT5160008	Monte Calvi di Campiglia	2,4	-

5.12.3 Zones d'importance pour la biodiversité

5.12.3.1 Zones d'importance pour l'avifaune (IBA)

L'acronyme IBA, Important Bird Areas, désigne les zones stratégiquement importantes pour la conservation des plus de 9 000 espèces d'oiseaux qui y résident de manière permanente ou saisonnière. Ces sites sont identifiés dans le monde entier sur la base de critères ornithologiques applicables à grande échelle par des associations non gouvernementales membres de BirdLife International, une association internationale qui regroupe plus de 100 associations environnementales et de protection de la nature.

En ce qui concerne les travaux du projet, on peut citer la présence de l'IBA096 « Archipel toscan », de l'IBA089 « Marais et tombolo de Bolgheri » et de l'IBA082 « Migliarino-San Rossore », tandis que pour les travaux connexes, ont été identifiés l'IBA089 « Marais et tombolo de Bolgheri », l'IBA088 « Media Valle del Fiume Cecina » et l'IBA129 « Orti-Bottagone ».

Bien que le projet se trouve entièrement dans les eaux territoriales italiennes, les interactions possibles avec les zones IBA françaises ont été vérifiées. Le périmètre de l'IBA276 « Iles Finocchiarola et côte de Tamarone à Centuri » concerne en partie les eaux relevant de la compétence italienne, mais n'interfère pas directement avec la zone du projet.

Figure 5-158 Zones d'importance pour l'avifaune - Zone du projet

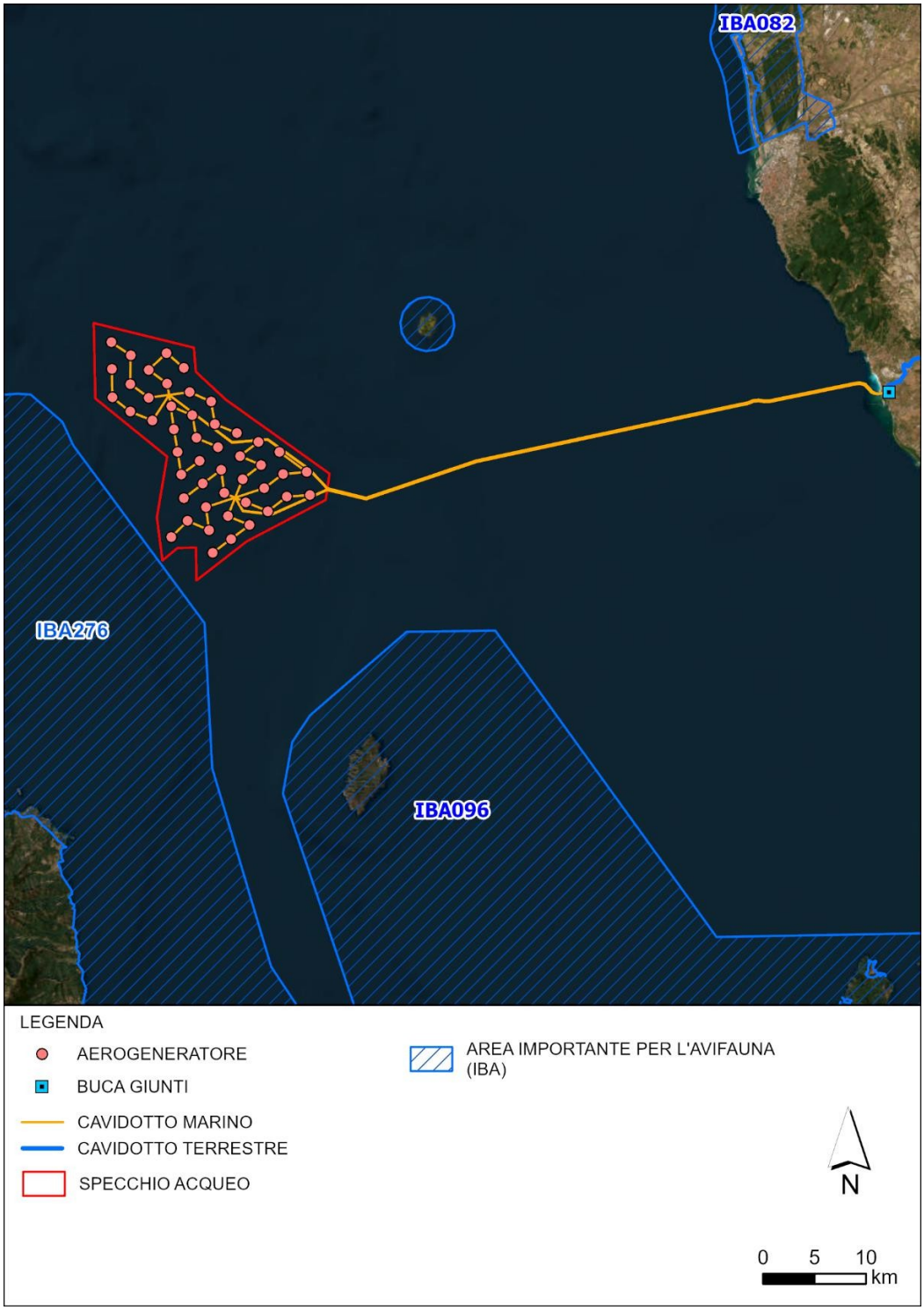


Figure 5-159 Zones d'importance pour l'avifaune - Travaux connexes

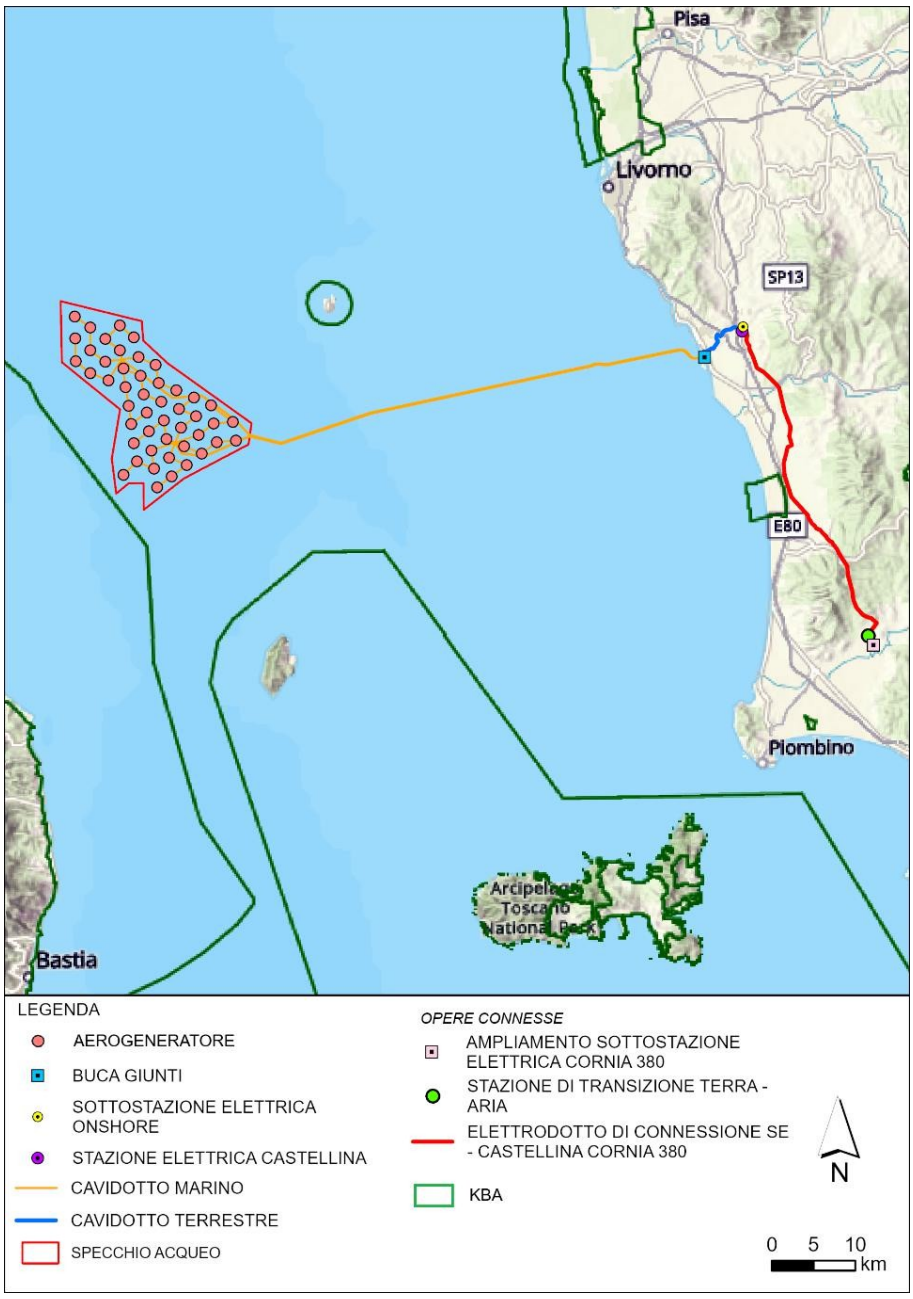


Source : https://datazone.birdlife.org/site/factsheet/iles-finocchiarola-et-côte-de-tamarone-à-centuri-iba-france, 2024

5.12.3.2 Zones clés pour la biodiversité (Key Biodiversity Area - KBA)

La zone du projet ne se trouve dans aucune KBA. Les KBA les plus proches sont visibles dans la figure 5-160.

Figure 5-160 Zones clés pour la biodiversité (KBA) proches de la zone du projet



5.12.3.3 Zones marines d'importance écologique ou biologique (EBSA)

Le projet se trouve dans deux EBSA : « Écosystèmes benthiques du nord-ouest de la Méditerranée » et « Écosystèmes pélagiques du nord-ouest de la Méditerranée » (EBSA, 2024). La première zone est située au large des côtes de l'Italie, de Monaco, de la France et de l'Espagne, tandis que la seconde s'étend du sud des îles Baléares à la mer Ligure, incluant le golfe du Lion et une partie de la mer Tyrrhénienne. Dans le premier cas, nous trouvons une zone caractérisée par une grande variété d'habitats et une biodiversité importante, vulnérables et peu résilients. Dans le second cas, la zone se caractérise par un ensemble de caractéristiques géomorphologiques et océanographiques qui lui permettent d'abriter différentes espèces de mammifères marins. En outre, la deuxième EBSA comprend également le sanctuaire Pelagos, plusieurs SPAMI et IBA.

Dans l'EBSA « Écosystèmes benthiques du nord-ouest de la Méditerranée », on trouve des prairies continues, mais aussi des monuments naturels tels que les barrières de corail de *Posidonia* (PNUE/UICN/GIS Posidonie, 1990 (PNUE/UICN/GIS Posidonie, 1990) et plusieurs prairies de *Posidonia* parmi les plus étendues du bassin méditerranéen. De plus, il existe de nombreuses grottes marines, habitats naturels relevant de la directive « Habitats ». D'autres habitats menacés et riches en biodiversité se trouvent dans les fonds coralliens et l'espèce emblématique *Corallium rubrum*. Parmi les espèces benthiques endémiques et importantes, on trouve *Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*.

Quant à l'EBSA « Écosystèmes pélagiques du nord-ouest de la Méditerranée », il s'agit d'une zone importante pour l'échange de nutriments. Dans cette même zone se trouve le sanctuaire Pelagos, créé pour la conservation des mammifères marins de la Méditerranée : on y trouve notamment de nombreux spécimens de tortues marines, en particulier de l'espèce *Caretta caretta,* et différentes espèces de cétacés, dont les rorquals communs (*Balaenoptera physalus)*, les cachalots (Physeter macrocephalus), ziphies (*Ziphius cavirostris*), globicéphales (*Globicephala melas*), grampus (*Grampus griseus*), grands dauphins (*Tursiops truncatus*), stenelles (*Stenella coeruleoalba*) et dauphins communs (*Delphinus delphis*). Outre les mammifères marins, la zone abrite de nombreuses espèces d'oiseaux marins et de poissons pélagiques. Des groupes de requins ont également été observés.

5.12.3.4 Sites Ramsar

Les sites Ramsar sont des zones humides d'importance internationale identifiées sur la base de la Convention sur les zones humides (Convention de Ramsar sur les zones humides, 2024). La zone du projet ne se trouve pas dans un site Ramsar : le plus proche est le « marais de Bolgheri » (43°13'N 010°33'E), d'une superficie de 518 ha, situé à environ 16 km du trou.

Figure 5-161 Site Ramsar le plus proche du projet



Source : Convention de Ramsar sur les zones humides, 2024

5.13 Système paysager, patrimoine culturel et archéologique

5.13.1 Paysage

Le parc éolien offshore est situé à environ 55 km des côtes de la Toscane continentale et prévoit la pose de quatre câbles d'exportation d'électricité (câbles d'exportation) avec un point d'atterrage dans la commune de Rosignano Marittimo (LI) et d'un câble sous-marin, principalement enterré le long de la voirie existante, dirigé vers la sous-station électrique terrestre près du point de livraison, dans la commune de Castellina Marittima (PI).

La commune de Rosignano Marittimo, où le câble doit aboutir, fait partie de la zone n° 8 « Piana Livorno-Pisa-Pontedera », qui correspond au système de plaine traversé par les fleuves Arno et Serchio. En revanche, le câble qui relie le puits de jonction à la nouvelle station électrique, qui représente le point de livraison de l'énergie produite par le parc éolien offshore, concerne non seulement la zone n° 8 susmentionnée, mais aussi la commune de Castellina Marittima, qui fait partie de la zone n° 13, appelée « Val di Cecina ».

La zone 8 « Plaine Livourne-Pise-Pontedera » présente une structure territoriale facilement reconnaissable, dessinée par le système d'implantation historique et le réseau hydrographique. La partie nord est marquée par la plaine alluviale du bas Valdarno, caractérisée par une agriculture intensive et une forte urbanisation, la présence de zones humides relictuelles et un riche réseau hydrographique principal (Arno et Serchio) et secondaire. La plaine s'étend vers l'ouest avec le système côtier sablonneux du parc régional de Migliarino, San Rossore et Massaciuccoli. La bande côtière comprend à la fois les côtes sablonneuses - entre Livourne et Marina di Torre del Lago et entre Castiglioncello et Cecina - et la côte rocheuse - entre Livourne et Castiglioncello, auxquelles s'ajoutent les environnements insulaires des îles de Capraia et Gorgona.

Le tissu urbain, qui s'est principalement développé dans la plaine terminale du Valdarno inférieur et le long de la côte, est caractérisé par la prédominance des villes de Pise et Livourne, où convergent de nombreux axes routiers. Le principal corridor infrastructurel historique, appelé « Pontedera-Cascina-Pise », est déformé et saturé dans ses relations avec le territoire agricole et l'Arno.

La plaine est entourée d'un arc collinaire articulé et hétérogène (Cerbaie, Colline Pisane, Monti di Castellina, Monti Livornesi), qui comprend principalement deux types de paysage :

- Un paysage fortement anthropisé, caractérisé par de petits centres historiques situés sur des crêtes (par exemple Palaia, Lari, Crespina) et de nombreux hameaux et maisons isolées occupant les supports géomorphologiques secondaires. Le système dense des collines pisane est similaire, avec les villages historiques de Lorenzana, Fauglia, Crespina et les basses altitudes des monts de Castellina et de Livourne. La plupart des zones périphériques de ces systèmes agricoles intensifs abritent des agroécosystèmes traditionnels, avec des oliveraies, des cultures mixtes, des zones de pâturage résiduelles, suffisamment riches en ressources écologiques.
- Paysage agricole vallonné depuis la colline des bassins néo-quaternaires à dominante argileuse, pauvre en plateaux sommitales, avec des pentes courtes et raides, offrant peu de possibilités de développement d'habitats.

historiques et de systèmes agricoles complexes. Ici, les terres arables prédominent sur de vastes superficies, tandis que les infrastructures écologiques et les implantations rurales sont absentes ou très faibles.

Le paysage de la zone 13 « Val di Cecina » est caractérisé par la présence de collines et de la côte. La bande côtière de « dunes et cordons » abrite dans de nombreux cas des pinèdes littorales. Dans cette zone, on trouve une bande de dépressions derrière les dunes, appelées « Maremme » ; ces zones sont pour la plupart assainies, à quelques exceptions près comme la Padule di Bolgheri. L'environnement côtier se distingue par une expansion considérable de l'urbanisation, liée principalement au tourisme balnéaire qui s'est d'abord développé dans les centres subcôtiers de Cecina et Donoratico et dans les Marines, puis s'est étendu aux zones environnantes avec la diffusion des villages touristiques et des campings. L'urbanisation caractérise le paysage côtier où l'on trouve divers bâtiments et infrastructures.

Les centres urbains situés sur les collines à proximité de la plaine côtière ont un caractère de « bourg » avec des extensions limitées. La côte et les collines sont reliées par la bande de Margine, qui s'étend sur les deux versants de la vallée du Cecina, de la frontière nord jusqu'à Bibbona. Cette zone, qui comprend le complexe de Montescudaio, Guardistallo, Casale Marittimo et la colline de Castagneto Carducci, se caractérise par la viticulture, l'oléiculture et les cultures arables simples.

Derrière la zone côtière se trouvent une série de chaînes de collines, derrière lesquelles s'étendent les paysages des bassins néo-quaternaires de Volterra - Pomarance. Les collines de la région de Volterra, d'une grande valeur esthétique et perceptive, sont sporadiquement interrompues par un système d'habitats clairsemés, caractérisé principalement par de petits noyaux ruraux et des maisons éparses, parmi lesquels Volterra se distingue comme le centre principal.

La zone 16 « Collines métallifères et Île d'Elbe » est constituée d'un ensemble d'îles et de péninsules situées entre les mers intérieures, les vallées assainies et la mer ouverte, avec l'île d'Elbe qui représente la limite visuelle. La partie continentale s'étend autour du golfe de Follonica, fermé par des promontoires rocheux. Les principaux centres historiques de Campiglia Marittima, Montioni, Massa Marittima et Scarlino se caractérisent par la présence d'oliveraies traditionnelles et de terres cultivées, qui sont liées morphologiquement et historiquement aux noyaux habités.

Dans la zone intérieure, la crête de Montieri est recouverte d'une vaste forêt, entrecoupée de prairies, de pâturages et de terres cultivées avec des oliviers ou des semences, dont certaines sont à l'abandon et envahies par une végétation arbustive et arborée. Le long de la côte, les monts Massoncello et Alma s'éloignent de la ligne côtière et s'étendent vers les plaines intérieures, précédant les îles marines.

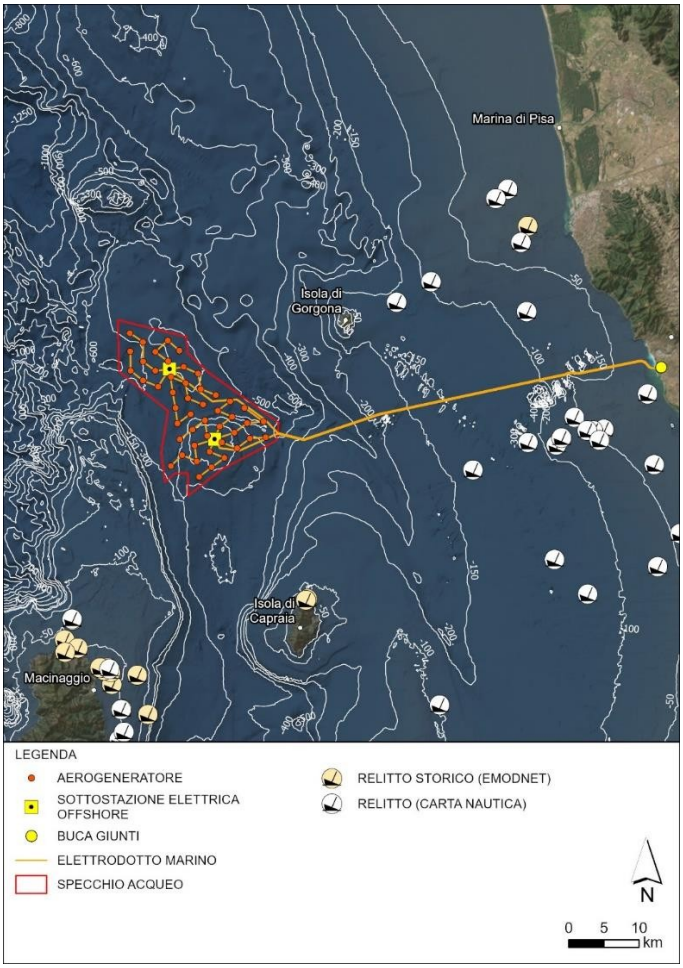
Le système d'implantation se développe principalement le long des vallées et tend à se concentrer sur la côte et les collines. La côte est sablonneuse, avec des systèmes dunaires, des pinèdes côtières et des tours de guet. La région se caractérise par la présence de sites miniers datant de la période étrusque (Elba, Rocca San Silvestro, Lago dell'Accesa) à l'époque contemporaine (Ribolla, Gavorrano, Monte Bamboli), et par des formations géologiques appelées « biancane ».

Dans la partie nord, le centre de Monterotondo Marittimo donne sur les zones géothermiques. Les zones humides telles que le Padule di Orti Bottagone et le Padule di Scarlino, les systèmes dunaires (Baratti, Sterpaia, Tomboli di Follonica) et les formations rocheuses (Promontorio di Piombino) sont importants pour la biodiversité et le paysage. Sur l'île d'Elbe, on trouve encore des zones agricoles traditionnelles, des installations historiques dans les ports et les villes côtières (Portoferraio, Porto Azzurro), des tours de guet et des villages perchés (Capoliveri, Marciana, Rio nell'Elba, Campo nell'Elba).

La zone, en particulier la zone marine, se caractérise par de nombreux sites archéologiques et points d'intérêt historique et artistique. L'archipel toscan fait en effet partie du patrimoine de l'UNESCO en tant que « Réserve de biosphère des îles de Toscane »65. En ce qui concerne la zone terrestre, le tracé du câble souterrain, à l'exception de la zone d'atterrage, du regard de jonction et de la zone de la future station de connexion, concernera le réseau routier existant. Comme le montre la figure 5-162, il n'y a pas d'épaves à proximité du tracé.

65 https://www.azionemare.org/relitti-antichi.ph (2021)

Figure 5-162 Sites d'intérêt archéologique et présence d'épaves



Source : Données EMODnet et PYSIS Marine - Élaboration ERM, 2024 sur la base du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

5.13.2 Zones d'intérêt archéologique terrestre

Sur la base de la cartographie des zones d'intérêt archéologique et culturel identifiées et protégées conformément au Plan d'orientation territoriale (PIT), les zones d'intérêt archéologique suivantes sont présentes dans les provinces de Livourne et de Pise[66] :

66 https://www.regione.toscana.it/documents/10180/11276182/Allegato_H_Elenco_lett_m.pdf/a383d113-1483-4db4-9365-a1f1a80ef56c (2004)

- LI01 – CAMPO NELL'ELBA – Zone comprenant les carrières de granit de l'époque romaine (fin du Ier – IVe siècle après J.-C.) à Vallebuia ;
- LI02 – COLLESALVETTI – Zone comprenant le quartier artisanal dédié à la production de poteries (IIe-Ier siècle av. J.-C.) de Ca' lo Spelli ;
- LI03 – LIVOURNE – Zone comprenant les carrières de grès exploitées à la fin de la République et sous l'Empire romain à Calafuria ;
- LI04 – LIVOURNE – Zone comprenant le site étrusque-romain (fin IVe siècle av. J.-C. – Ve siècle apr. J.-C.) et un quartier artisanal dédié à la production d'amphores (Ier siècle apr. J.-C.) à Casa Campacci ;
- LI05 – PIOMBINO – Zone comprenant l'ancienne ville de Populonia et ses nécropoles ;
- LI06 – PORTOFERRAIO – Zone comprenant la villa delle Grotte datant du début de l'époque impériale et fréquentée à la fin de l'Antiquité ;
- LI07 – ROSIGNANO M.MO – Zone comprenant la nécropole étrusque tardive (fin IVe-Ier siècle av. J.-C.) avec les tombes à incinération de Pian dei Lupi ;
- LI08 – CAMPO NELL'ELBA – Zone comprenant toute l'île de Pianosa ;
- PI01 – SANTA LUCE – Zone comprenant la nécropole étrusque située dans la localité « Le Lenze » ;
- PI02 – CASALE MARITTIMO – Zone comprenant deux établissements étrusques et les vestiges de la villa romaine de Pieve Vecchia ;
- PI03 – CASTELNUOVO VAL DI CECINA – Zone comprenant un espace sacré thermal datant des époques hellénistique et romaine ;
- PI04 – MONTECATINI VAL DI CECINA – Zone comprenant une nécropole étrusque ;
- PI05 – CASALE MARITTIMO – Zone comprenant la nécropole étrusque de Casa Nocera ;
- PI06 – VOLTERRA – Zone comprenant l'ancienne ville de Volterra ;
- PI07 – RIPARBELLA – Zone comprenant le site étrusque de Belora Voir également LU04 – D.M. 03/06/1997 – Zone comprenant le site archéologique de l'ancien lac de Bientina (ou Sesto).

De plus, sur l'île de Capraia se trouve la zone archéologique des Tigghielle, où se trouve le plus grand nombre de palmenti (cuves pour la fermentation du moût).

5.13.2.1 Résultats de la vérification préalable de l'intérêt archéologique

Les activités d'étude ont été divisées en deux parties, l'une pour la composante terrestre du parc éolien et l'autre pour les travaux connexes TERNA.

La première s'est déroulée en novembre 2024 dans la zone comprise entre la côte de la commune de Rosignano Marittimo (LI), près de l'embouchure du fleuve Fine, et le long de la vallée du même cours d'eau jusqu'au territoire de Castellina Marittima (PI). Grâce à l'analyse des bases de données ministérielles, des outils urbanistiques et territoriaux et à l'examen visuel, 64 sites ont été identifiés dans la zone du projet et ont fait l'objet d'un fichage MOSI : tous les sites sont situés à moins de 500 m des zones du projet. Les découvertes archéologiques connues, identifiées lors des activités d'étude principalement dans la commune de Rosignano Marittimo, se trouvent dans les zones où il est prévu de réaliser la fosse de raccordement, la sous-station électrique utilisateur et la station électrique. À la suite des activités d'étude, la zone d'enquête a été divisée en 9 zones, sur la base d'indicateurs culturels identifiés, et pour chacune d'entre elles, les degrés de potentiel et de risque archéologique liés aux travaux prévus ont été évalués. Dans les deux cas, un degré « ÉLEVÉ » a été identifié pour 6 zones et « MOYEN » pour les autres.

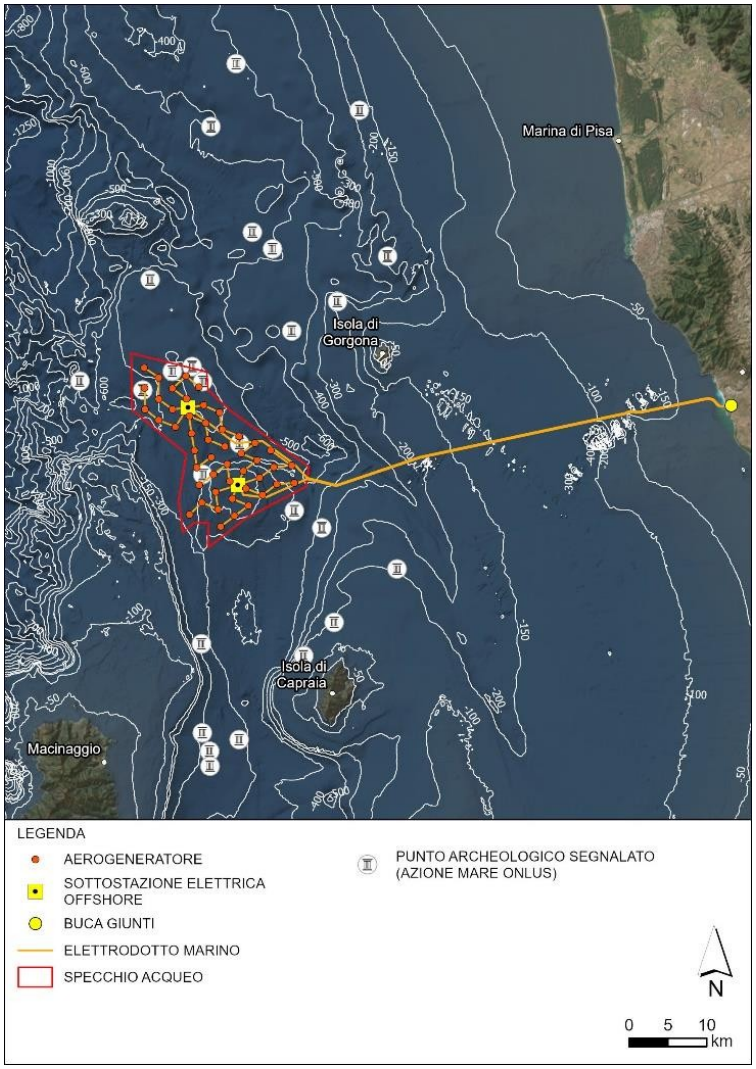
L'enquête relative à la zone des travaux connexes a été réalisée en décembre 2024 et, compte tenu de la longueur du tracé de la nouvelle ligne électrique et des caractéristiques environnementales des zones traversées, la reconnaissance a été menée de manière ciblée dans les zones présentant des traces de fréquentation ancienne documentées dans la bibliographie, sur les sites identifiés sur la base de la Carte Technique Régionale (CTR) et aux points où le tracé croise le réseau routier actuel.Grâce à l'évaluation de bases de données et de données bibliographiques et à un examen visuel, 33 sites MOSI ont été identifiés, qui ont été utilisés pour définir le potentiel archéologique à l'intérieur de la zone tampon tracée le long du tracé de la ligne électrique et des zones environnantes déterminées à 1 km à l'est et à l'ouest du tracé. Deux types de zones ont été identifiés : celles à fort potentiel et celles à potentiel indéterminable. La quasi-totalité du tracé de la ligne électrique et des zones adjacentes, en particulier les tronçons Castellina-Castagneto Carducci et Suvereto, est classée « ÉLEVÉ », ce qui indique une probabilité importante de présence de vestiges archéologiques intéressants. Le reste du tracé est indiqué comme « NON ÉVALUABLE », en raison de l'absence d'études systématiques, de l'accessibilité limitée du terrain ou des conditions géomorphologiques qui empêchent l'identification de vestiges archéologiques. Dans ce dernier cas, malgré l'absence d'autres contextes archéologiques connus, la proximité d'établissements médiévaux et la présence de toponymes susceptibles de présenter un intérêt historique et archéologique rendent nécessaire la réalisation d'études plus approfondies. En ce qui concerne l'évaluation du risque archéologique, la zone du tracé a également été divisée en 9 zones : 5 d'entre elles ont reçu un niveau « ÉLEVÉ », 3 un niveau « MOYEN » et la dernière un niveau « FAIBLE ».

Pour une vision plus approfondie des études sur les zones d'intérêt archéologique terrestre, veuillez vous référer aux documents « Verifica Preventiva Interesse Archeologico Onshore (ATI-AMB-VIA-ARCTER-R20-00) » (Vérification préventive de l'intérêt archéologique terrestre) et « Verifica Preventiva Interesse Archeologico Onshore – Opere Connesse (ATI-AMB-VIA-ARCRTN-R64-00) » (Vérification préventive de l'intérêt archéologique terrestre – Travaux connexes).

5.13.3 Zones d'intérêt archéologique sous-marines

En ce qui concerne la partie offshore, l'analyse des cartes marines n'a pas mis en évidence d'interférence directe avec des épaves connues. Selon les données recueillies à partir des signalements de la Fondation Onlus Azionemare, le parc éolien interférerait avec des découvertes d'amphores de l'époque romaine (Figure 5-163).

Figure 5-163 Points de découvertes archéologiques



Source : Azionemare, [202167] - Élaboration ERM, 2024 sur la maquette du projet Atis Floating Wind Srl, 2024

5.13.3.1 *Résultats de la vérification préalable de l'intérêt archéologique*

Les activités d'étude réalisées entre juin et juillet 2024 ont permis d'acquérir un ensemble de données de qualité grâce auquel il a été possible de procéder à une interprétation complète et exhaustive de la zone du projet, y compris d'un point de vue archéologique.

[67] **https://www.azionemare.org/relitti-antichi.php** , (2021)

Les activités d'étude instrumentale ont été menées en divisant la surface du projet en deux zones distinctes : la zone côtière, qui comprend la partie du couloir de pose du câble d'exportation s'étendant entre la ligne de côte et la bathymétrie de -100 m, et la zone offshore, qui s'étend le long du couloir de pose du câble d'exportation à partir de la bathymétrie de -100 m en direction ouest et comprend toute la zone d'installation des éoliennes.

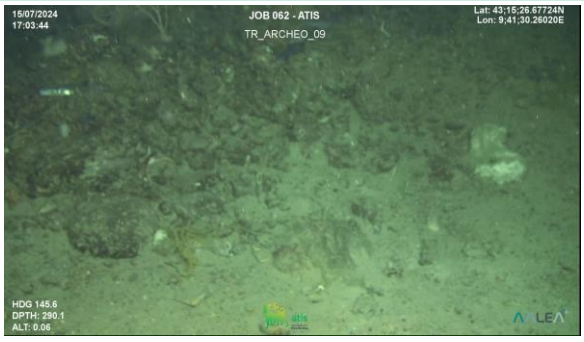
Au cours des différentes phases d'acquisition des données, des systèmes acoustiques Side Scan Sonar (SSS) et Multi Beam Echo Sounder (MBES), des systèmes sismiques Sparker et Sub Bottom Profiler, un magnétomètre et un ROV ont été utilisés. Le positionnement des relevés a été rendu possible grâce à l'utilisation combinée de systèmes satellitaires différentiels et USBL immergés.

Aucun élément d'intérêt culturel n'a été trouvé dans la zone côtière, tandis que 12 sites submergés d'intérêt archéologique ont été identifiés avec certitude dans la zone offshore (tableau 5-44), tous situés dans la zone d'installation des éoliennes du projet.

Tableau 5-44 Sites d'intérêt archéologique identifiés avec certitude au cours des activités d'inspection en mer

Identifiant du site	Notes d'identification	Image
ATIS_01	Avion Junker 52 MKIV de la Seconde Guerre mondiale appartenant à la Luftwaffe, très probablement à l'une des escadrilles aériennes de transport de troupes et d'équipement stationnées entre Grosseto, le sud de la France et la Sardaigne en 1943. L'avion semble s'être renversé, la partie avant étant brisée et le moteur central perdu lors d'un combat aérien, avant de couler en mer. Identique à l'épave ATIS_09.	
ATIS_02	Restes d'une épave de *navis oneraria* datant de la fin de la République romaine, dont la cargaison principale était composée d'amphores à vin de type Dressel 1, apparemment dans la variante Dressel 1b. L'épave conserve également des chaînes d'ancrage en plomb, dont au moins une est parfaitement lisible, avec une boîte rectangulaire à pivot. Bien conservée, elle se trouve à une courte distance de l'épave ATIS_03, similaire sur le plan typologique et chronologique.	

Identifiant du site	Notes d'identification	Image
ATIS_03	Restes d'une épave de *navis oneraria* datant de la fin de la République romaine, dont la cargaison principale était composée d'amphores à vin de type Dressel 1, apparemment dans la variante Dressel 1b. Situé à une courte distance de l'épave ATIS_02, épave dont la cargaison est de type similaire à celle-ci, bien que dans cette seconde cargaison, on puisse également voir quelques exemplaires d'amphores de type Lamboglia 2, chronologiquement situables dans le même horizon que les Dressel 1.	
ATIS_04	Restes d'une épave de *navis oneraria* datant de la fin de la République romaine, dont la cargaison principale était composée d'amphores à vin de type Dressel 1, apparemment dans la variante Dressel 1b. La plupart des amphores semblent intactes, mais un nombre important d'entre elles, situées au niveau supérieur, présentent un col récemment brisé.	
ATIS_05	Restes d'une épave d'un navire marchand datant apparemment de l'époque républicaine, dont la cargaison était composée d'amphores de fabrication massaliote.	
ATIS_06	Restes d'une épave de *navis oneraria* datant de la fin de l'époque républicaine romaine, dont la cargaison principale était composée d'amphores à vin de type Dressel 1, apparemment dans la variante Dressel 1b. La plupart des amphores semblent intactes, tandis qu'un nombre important d'amphores du niveau supérieur présentent un col récemment brisé.	

Site Id	Notes d'identification	Image
ATIS_07	Vestiges d'une épave de *navis lapidaria* datant du début de l'Empire romain, avec de grands blocs de pierre semi-taillés et des amphores de différents types, parmi lesquelles on reconnaît des exemplaires de Dressel 2-4.	
ATIS_08	Vestiges d'une épave de *navis onearia* datant apparemment de l'époque impériale, avec différents types d'amphores, parmi lesquelles on distingue la forme Beltran 74.	
ATIS_09	Avion Junker 52 MKIV de la Seconde Guerre mondiale ayant appartenu à la Luftwaffe, très probablement à l'une des escadrilles aériennes de transport de troupes et d'équipement stationnées entre Grosseto, le sud de la France et la Sardaigne en 1943. L'avion apparaît en position de vol, avec la partie centrale brisée. Identique à l'épave ATIS_01.	
ATIS_10	Restes lithiques concentrés en forme d'ogive pouvant être mis en relation avec la présence d'une épave ancienne, chronologiquement indéterminée, dont la cargaison aurait pu être retirée ou avoir été à l'origine stockée dans un système de conteneurs en matériau organique et périssable. Plusieurs des pierres identifiées semblent avoir été délibérément taillées et semi-ouvragées.	

Identifiant du site	Notes d'identification	Image
ATIS_11	Il s'agit d'un ancien navire de transport avec une cargaison mixte composée d'amphores de Rhodes, d'amphores puniques et de quelques cruches. Déjà objet de prélèvements d'une amphore de Rhodes sous la direction de la Surintendance de Toscane entre 2013 et 2014, l'épave date du IIe au Ier siècle avant J.-C.	Images non acquises au cours de la présente campagne de recherche.
ATIS_12	Il s'agit de l'épave d'une coque métallique d'époque moderne, très probablement liée aux événements de la Seconde Guerre mondiale.	Images non acquises au cours de la présente campagne de recherche

Source : Vérification préalable de l'intérêt archéologique offshore (ATI-AMB-VIA-ARCMAR-R21-00)

Les 12 éléments d'intérêt culturel identifiés grâce aux activités de reconnaissance menées dans la zone choisie pour l'installation des éoliennes, ainsi que les 3 sites identifiés au cours des projets Archeomar 2 et Siti e Relitti, confirment l'importance et le rôle de cette partie de la Méditerranée au cours de l'histoire. Les 15 sites au total (tableau 5-45) ont donc fait l'objet d'un fichage MOSI (Modulo di area/sito archeologico, module de zone/site archéologique), conformément aux dispositions du modèle GNA 5.0 publié par le ministère de la Culture le 25 novembre 2024, et sont considérés comme des éléments clés pour l'évaluation du potentiel archéologique de la zone et du risque archéologique lié aux travaux du projet.

Tableau 5-45 Fichage MOSI pour les 15 sites situés dans la zone d'installation des éoliennes

NOM	Mode de découverte	Typologie	Datation	Localisation	Description	Remarques
ATIS_24_01	Sites et épaves	Groupe de vestiges	IIe-Ier siècle av. J.-C.	0,5 nm au large de la côte de Rosignano Marittimo	Il s'agit de fragments retrouvés non loin de l'épave ATIS_24_02	
ATIS_24_02	Archives SABAP (Surintendance de l'archéologie, des beaux-arts et du paysage)	Épave	II-I siècle av. J.-C.	À 1 nm de la côte de Rosignano Marittimo	Épave découverte en 1970 à une courte distance de la côte, à l'embouchure du fleuve Fine. Elle présente des restes de la coque avec des amphores et des éléments structurels datant du IIe et Ier siècle av. J.-C.	Correspond au site SER/TO/LI 39 du projet Sites et épaves et à l'épave faisant l'objet d'une ordonnance de la CP de Livourne.
ATIS_24_03	Archeomar 2	Épave	IIIe siècle avant J.-C.	7 nm au sud de Gorgona	Épave bouleversée et recouverte de sédiments, avec des amphores gréco-italiques et d'autres amphores non identifiées.	Selon les conclusions de la campagne Archeomar 2010, les filets ont entraîné la dispersion d'une partie des amphores le long d'une route nord-sud, en partie reconnaissable au moment de la découverte.
ATIS_24_04	Survey ATIS	Aérien	1940-1945	16 nm au sud-ouest de Gorgona	Avion allemand Junker 52 bombardier moyen Rayon d'action/transport	
ATIS_24_05	Enquête ATIS	Épave	II-I siècle av. J.-C.	13 nm à l'ouest de Gorgona	Oneraria romaine avec une cargaison principale d'amphores Dressel 1	Pourrait correspondre au site Dedalus 33 de la Fondation Azione Mare.
ATIS_24_06	Étude ATIS	Épave	II-I siècle av. J.-C.	13 nm à l'ouest de Gorgona	Oneraria romaine avec une cargaison principale d'amphores Dressel 1	Pourrait correspondre au site Dedalus 34 de la Fondation Azione Mare.
ATIS_24_07	Étude ATIS	Épave	II-I siècle av. J.-C.	14 nm à l'ouest de Gorgona	Oneraria romaine avec chargement principal d'amphores Dressel 1	Pourrait correspondre au site Dedalus 40 de la Fondazione Azione Mare.
ATIS_24_08	Enquête ATIS	Épave	IV-IIe siècle av. J.-C.	17 nm à l'ouest de Gorgona	Oneraria avec chargement mixte d'amphores d'origine grecque parmi lesquelles on reconnaît reconnaître des formes Sourisseau 4, des productions massaliotes et rhodiennes.	
ATIS_24_09	Enquête ATIS	Épave	II-I siècle av. J.-C.	16 nm à l'ouest de Gorgona	Oneraria romaine avec une cargaison principale d'amphores Dressel 1	Pourrait correspondre au site Dedalus 20 de la Fondazione Azione Mare.
ATIS_24_10	Étude ATIS	Épave	I av. J.-C. - I apr. J.-C.	15 nm au sud-ouest de Gorgona	Navire romain lapidaire avec des blocs de marbre et des amphores de différents types (en cours d'examen), parmi lesquels reconnaissables Dressel 2-4	

NOM	Modalités de découverte	Type	Datation	Localisation	Description	Remarques
ATIS_24_11	Enquête ATIS	Épave	I après J.-C.	14 nm au sud-ouest de Gorgona	Navire marchand romain transportant une cargaison mixte d'amphores, dont des amphores Oberaden 74 et des amphores du type Laietana 1	Il pourrait s'agir du site Dedalus 30 de la Fondazione Azione Mare.
ATIS_24_12	Étude ATIS	Aérien	1940-1945	13 nm au sud-ouest de Gorgona	Avion allemand Junker 52 bombardier moyen rayon d'action/transport	
ATIS_24_13	Enquête ATIS	Épave	n.d.	14 nm au sud-ouest de Gorgona	Pierres de lest concentrées dans une zone de forme ogivale attribuables au naufrage d'un bateau ancien	
ATIS_24_14	Enquête ATIS	Épave	II-I siècle av. J.-C.	11 nm au sud-ouest de Gorgona	Navire marchand transportant une cargaison mixte d'amphores de Rhodes et de Carthage. Un exemplaire récupéré par la Surintendance.	Il correspond au site Dedalus 17 de la Fondation Azione Mare.
ATIS_24_15	Enquête ATIS	Épave	1940-1945	13 nm au sud-ouest de Gorgona	Coque métallique d'un navire probablement coulé pendant de la Seconde Guerre mondiale.	

En ce qui concerne le degré de potentiel archéologique, la zone d'étude a été divisée en sept zones, numérotées de 001 à 007 d'est en ouest, quatre dans le couloir de pose des câbles d'exportation (de 001 à 004) et trois dans la zone d'installation des éoliennes (de 005 à 007), distinctes sur la base de l'analyse des indicateurs utiles pour évaluer le potentiel archéologique de chaque zone. Le potentiel archéologique a donc été évalué selon les critères du modèle du Géoportail national archéologique (GNA) (tableau 5-46).

Tableau 5-46 Détermination du degré de potentiel archéologique selon les paramètres du modèle GNA

Zone	ID de la zone	Degré de potentiel archéologique
Couloir de pose des câbles d' exportation	**001**	L'analyse des différents indicateurs examinés montre qu'au fil du temps, la zone proche du littoral, tant dans le milieu submergé que dans la partie émergée, a livré de très nombreux témoignages de la présence humaine à l'époque historique. Entre le littoral et l'axe routier de la via Aurelia, on dénombre plus de dix sites MOSI, c'est-à-dire des lieux où des éléments archéologiques ont été découverts. En ce qui concerne la partie immergée du couloir de pose de la ligne électrique, celui-ci s'étend à une courte distance d'un des sites connus dans la littérature spécialisée, comme en témoigne la présence de restes de céramique au moins en partie dispersés sur le toit topographique du fond, recensés par l'ancienne Surintendance archéologique de Toscane et placés sous la protection des autorités compétentes par une ordonnance spécifique de la Capitainerie du port de Livourne. Compte tenu de ces éléments, il convient d'attribuer à cette partie du couloir un potentiel archéologique ÉLEVÉ.
	002	En vertu des résultats des recherches d'archives relatives aux projets de recherche archéologique en mer menés au fil des ans par le ministère de la Culture, qui ont permis de recenser les vestiges connus au nord et au sud de l'axe de parcours de la ligne électrique, au moins jusqu'à la bathymétrie de -50 mètres, il est possible d'attribuer

Zone	Id Zone	Degré de potentiel archéologique
		à cette zone, pour laquelle aucune signalisation précise n'est actuellement connue, un potentiel archéologique de degré MOYEN.
	003	Dans cette partie du couloir, d'une profondeur d'environ 180 mètres, au nord et au sud de l'axe de pose du conduit, lors du projet Archeomar 2 du ministère de la Culture, des vestiges archéologiques ont été documentés, dont deux épaves, l'une avec une cargaison de dolia et l'autre avec des amphores, cette dernière ayant été endommagée par le passage de chaluts. Les dynamiques de formation et de spoliation involontaire des deux épaves, qui pourraient avoir entraîné la dispersion d'éléments isolés et ponctuels au niveau du couloir, suggèrent un potentiel ÉLEVÉ. Les méthodes d'étude du fond utilisées dans le cadre de cette première exploration instrumentale ne permettent pas d'exclure la présence dans la zone d'objets dispersés dont la taille ne permet pas actuellement de les détecter.
	004	Au niveau du tronçon final du couloir de pose de la ligne électrique d'exportation vers la zone d'installation des éoliennes, la présence de vestiges connus au nord, au sud, à l'est et à l'ouest des surfaces concernées par le projet permet, même en l'absence de signalements spécifiques concernant cette partie du territoire, d'attribuer à la zone un potentiel archéologique de niveau MOYEN. En effet, il n'est pas possible d'exclure que des vestiges liés à la fréquentation à l'époque historique, ainsi qu'au naufrage d'épaves, puissent se trouver dispersés dans cette partie du couloir.
Zone d'installation des éoliennes	**005**	Dans la partie sud de la zone d'implantation des éoliennes, les études instrumentales ont permis de localiser avec certitude au moins 8 sites d'intérêt archéologique, dont trois épaves anciennes, deux avions de la Seconde Guerre mondiale, une coque métallique qui, bien qu'elle n'ait pas été examinée visuellement, présente un intérêt sinon archéologique, du moins ethnographique. La présence d'amas d'amphores sur au moins trois de ces sites datant de l'époque romaine et d'un éventuel lest de bateau à la limite sud de la zone, ainsi que d'anomalies non examinées visuellement mais tout à fait similaires à des sites identifiés avec succès, conduit à considérer le potentiel archéologique de la zone comme ÉLEVÉ. La zone est également caractérisée par des traces superficielles attribuables à des activités de pêche au chalut, de sorte qu'une partie des cargaisons pourrait avoir été déplacée et dispersée loin des sites connus et se trouver désormais dans une position indétectable avec les instruments utilisés à ce stade de la conception.
	006	Dans la partie centrale de la zone d'installation des éoliennes, la présence d'un nombre limité d'anomalies ponctuelles pouvant présenter un intérêt archéologique et l'analyse des sonogrammes produits au cours des investigations semblent suggérer un potentiel archéologique MOYEN. Il n'est toutefois pas possible d'exclure que des éléments isolés ou de petite taille, non détectables avec les technologies utilisées à ce stade du projet, puissent se trouver dispersés au fond de cette zone, notamment en raison de leur déplacement depuis des sites connus au nord et au sud causé par les activités de pêche au chalut.
	007	Dans la partie nord de la zone d'implantation des éoliennes, les études instrumentales ont permis de localiser avec certitude au moins 5 sites d'intérêt archéologique. La présence de cumuls d'amphores dans ces contextes, dont quatre datent de l'époque romaine et un d'une phase avancée de l'âge du fer, conduit à considérer le potentiel archéologique de la zone comme ÉLEVÉ. Dans ce cas également, la présence de traces superficielles attribuables à des activités de pêche au chalut suggère la possibilité qu'une partie des cargaisons ait pu être déplacée et dispersée loin des sites connus et se trouve désormais dans une position indétectable avec les instruments utilisés à ce stade de la conception.

Source : Vérification préventive de l'intérêt archéologique offshore (ATI-AMB-VIA-ARCMAR-R21-00)

Comme pour le potentiel, le degré de risque archéologique a également été calculé selon les critères du modèle GNA (tableau 5-47).

Tableau 5-47 Détermination du degré de risque archéologique selon les paramètres du modèle GNA

Zone	Zone ID	Degré de risque archéologique
Couloir de pose des câbles d' exportation	**001**	La présence de signalements relatifs à l'existence de sites archéologiques sous-marins connus dans la zone, bien qu'ils ne coïncident pas avec la zone prévue pour la pose de la ligne électrique d'exportation de l'énergie produite par le parc éolien et qu'ils soient au moins en partie situés dans la zone où la pose est prévue avec la technologie T.O.C, détermine un degré de risque archéologique ÉLEVÉ en ce qui concerne les travaux prévus dans le projet.
	002	En l'absence de signalements provenant ponctuellement de la surface du projet, bien que la zone présente un potentiel archéologique moyen, le système de pose des câbles prévu à ce stade permet d'attribuer à cette zone un risque archéologique de niveau FAIBLE.
	003	Bien que le tracé de la canalisation soit situé à une distance de sécurité de l'épave localisée dans la zone étudiée dans le cadre du présent document, localisée au cours du projet Archeomar 2, la possibilité qu'une partie de la cargaison de cette épave ait été déplacée par les activités de pêche au chalut impose de considérer le degré de risque archéologique comme ÉLEVÉ par rapport à la pose du conduit, en particulier si celle-ci est prévue dans une tranchée.
	004	L'absence de signalements et de cibles situés exactement dans la zone du projet, d'une part, la morphologie du fond, qui présente un dénivelé important au point d'entrée de la zone du parc éolien, et les modalités de pose des câbles prévues dans le cadre du projet, suggèrent que cette zone peut être considérée comme présentant un risque archéologique FAIBLE.
Zone d'installation des éoliennes	**005**	La diffusion des découvertes d'intérêt historique et archéologique dans la partie sud de la zone où il est prévu d'installer les éoliennes, compte tenu également de la présence de cibles non vérifiées visuellement mais compatibles avec des anomalies de nature archéologique, impose d'attribuer à cette zone un risque archéologique ÉLEVÉ. Les besoins logistiques liés à l'installation des systèmes d'amarrage et d'ancrage, des câbles inter-réseaux et des conduits de raccordement au sol présentent en effet des aspects critiques non seulement en ce qui concerne la protection effective des découvertes individuelles, pour lesquels une zone tampon de respect devra être envisagée, mais aussi en raison de la possibilité que les activités de pêche au chalut, dont les traces sont reconnaissables sur le relief topographique du fond, aient entraîné le déplacement de vestiges archéologiques, même de petite taille, à une grande distance de leurs sites d'origine.
	006	Même en l'absence de concentrations de vestiges suggérant la présence d'épaves dans cette zone, il est nécessaire d'attribuer à la zone en question un degré de risque archéologique MOYEN. Les besoins liés à l'installation des éoliennes individuelles, des systèmes d'amarrage et d'ancrage et des câbles inter-réseaux, n'affectent pas directement les zones où se trouvent des anomalies acoustiques, mais interfèrent avec la stratigraphie exposée et les sédiments enfouis dans une zone où l'on ne peut exclure la présence d'éléments archéologiques provenant de sites situés à proximité et déplacés par les activités de pêche.
	007	Comme pour la partie sud de la zone, la répartition des découvertes historiques et archéologiques d'intérêt dans la zone où l'installation des éoliennes est prévue, à la limite nord, impose l'attribution d'un risque archéologique ÉLEVÉ à la zone. Les besoins logistiques liés à l'installation des systèmes d'amarrage et d'ancrage, des câbles inter-réseaux et des conduits de raccordement au sol présentent en effet des aspects critiques non seulement en ce qui concerne la protection effective des découvertes individuelles, pour lesquelles une zone tampon de respect devra être envisagée, mais aussi en raison de la possibilité que les activités de pêche au chalut aient entraîné le déplacement de vestiges archéologiques, même de petite taille, à une grande distance de leurs sites d'origine.

En conclusion, 12 épaves d'intérêt culturel ont été localisées dans la zone choisie pour l'installation des éoliennes, ainsi que 3 sites précédemment identifiés au cours des projets Archeomar 2 et Siti e Relitti. Le potentiel archéologique a donc été évalué selon les critères du modèle du Géoportail

National Archaeology (GNA) pour les 7 zones identifiées au sein des deux composantes que sont *le couloir d'installation des câbles d'exportation* et *la zone d'installation des éoliennes,* et s'est avéré varier de MOYEN à ÉLEVÉ. Pour ces mêmes zones, le risque archéologique a également été évalué. Il s'est avéré FAIBLE/ÉLEVÉ pour le *couloir de pose des câbles d'exportation et* MOYEN/ÉLEVÉ pour *la zone d'installation des éoliennes.*

5.14 Population et santé publique

L'analyse de cette section a été principalement tirée des données secondaires disponibles sur les composantes « population », « santé publique », « espérance de vie » et « mortalité et morbidité », en utilisant les informations de Tuttitalia, qui a fourni des détails supplémentaires à l'échelle régionale et locale sur la base des données de l'ISTAT.

Plus précisément, en ce qui concerne les informations provenant de l'état de la « population », examinées les données au niveau régional (Toscane), provincial (Livourne) et communal (Rosignano Marittimo).

Pour la composante « Espérance de vie », les données régionales (Toscane) ont été comparées aux données nationales, en tenant également compte des implications de la récente pandémie de COVID-19 et en considérant également la province de Livourne.

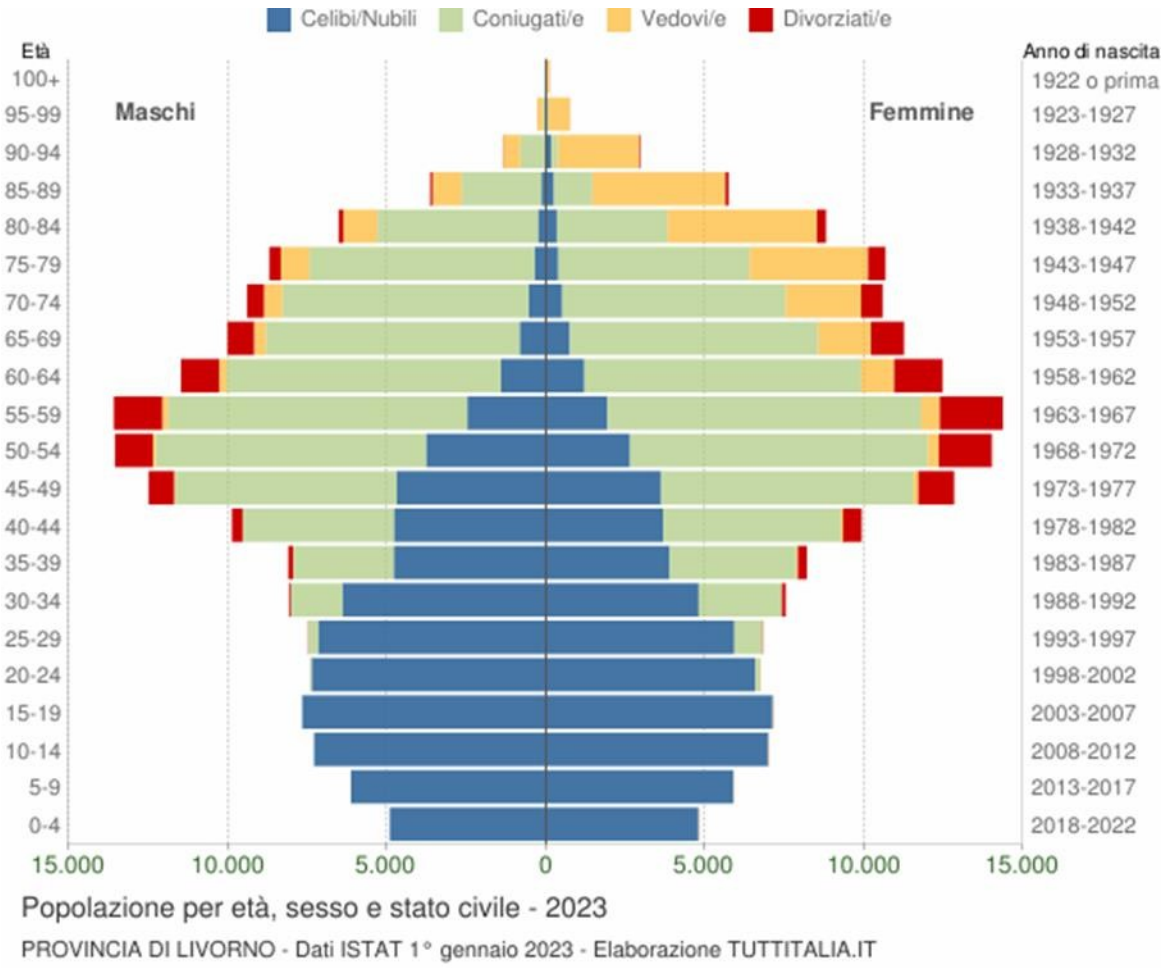
Pour la composante « Mortalité et morbidité », là encore, les données nationales ont été comparées avec les données régionales et provinciales.

5.14.1 Population

Au 1er janvier 2023, la population de la Toscane était de 3 661 981 habitants, avec une densité de population de 159,30 habitants au km². La population de la Toscane se répartit entre 48,5 % d'hommes et 51,5 % de femmes.

La province de Livourne présente des proportions similaires à celles de la Toscane, avec 48,4 % d'hommes et 51,6 % de femmes résidents, sur un total de 326 605 habitants (données ISTAT). Au niveau provincial également, les tranches d'âge les plus représentatives sont celles des 50-54 ans et des 55-59 ans, qui représentent respectivement 8,4 % et 8,6 % de la population (figure 5-164).

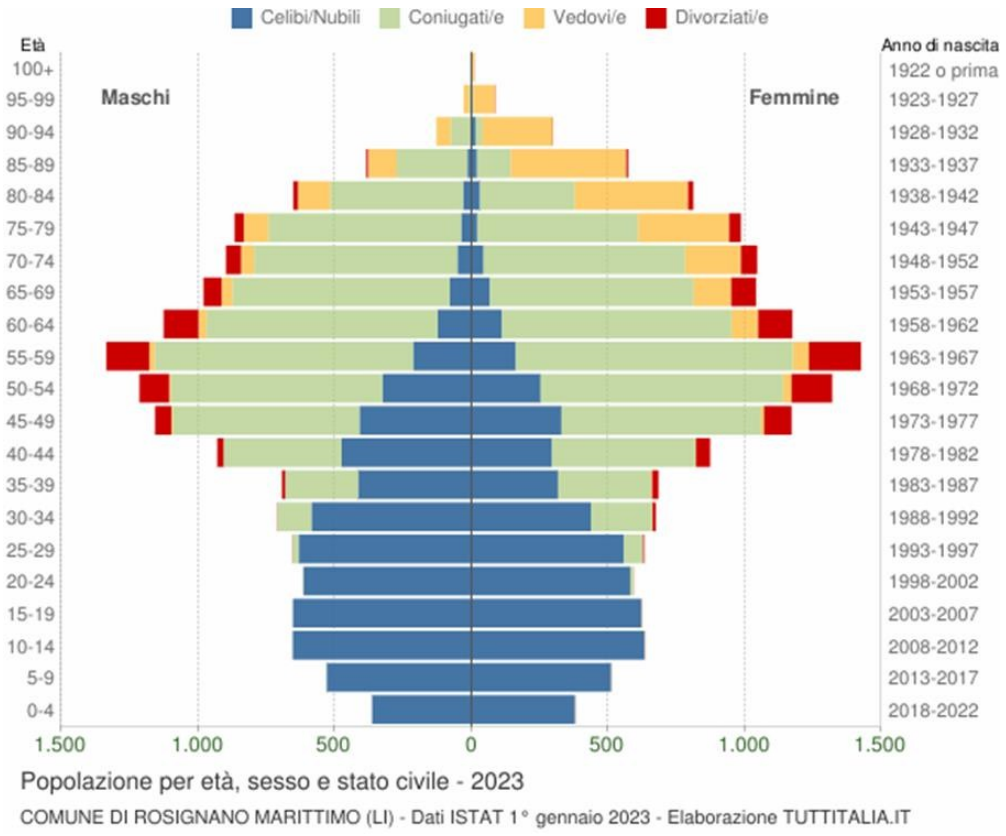
Figure 5-164 Population de la province de Livourne par âge, sexe et état civil, 2023



Source : Données ISTAT au 1er janvier 2023 – Élaboration tuttitalia.it

Au niveau communal, Rosignano Marittimo compte 30 125 habitants (données ISTAT), dont 48,4 % d'hommes et 51,6 % de femmes. La tranche d'âge la plus représentative est celle des 55-59 ans, qui représente 9,2 % de la population (Figure 5-165).

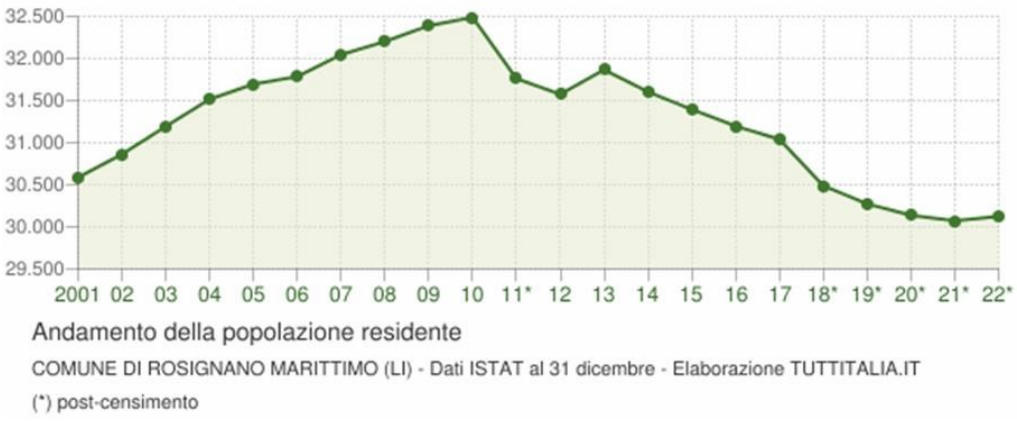
Figure 5-165 Population de la commune de Rosignano Marittimo par âge, sexe et état civil, 2023



Source : Données ISTAT au 1er janvier 2023 – Traitement tuttitalia.it

L'évolution démographique de la commune de Rosignano Marittimo depuis 2013 montre une tendance à la baisse constante (figure 5-166), particulièrement marquée entre 2018 et 2021.

Figure 5-166 Évolution de la population résidente de Rosignano Marittimo, 2001-2022



Source : Données ISTAT au 31 décembre 2022 – Élaboration tuttitalia.it

5.14.2 Espérance de vie

L'espérance de vie est l'un des indicateurs de l'état de santé de la population les plus fréquemment utilisés. En Italie, en 2019, l'espérance de vie à la naissance était de 81,1 ans pour les hommes et de 85,4 ans pour les femmes. Au cours des quatre dernières années, de 2016 à 2019, les hommes ont gagné 0,5 an et les femmes 0,3 an. En 2020, en revanche, à la suite de la pandémie de Covid-19, l'espérance de vie à la naissance a diminué par rapport à 2019, s'établissant à 79,8 ans pour les hommes et 84,5 ans pour les femmes. Toutefois, en 2021, l'espérance de vie à la naissance est en légère augmentation, s'établissant à 80,1 ans pour les hommes et 84,7 ans pour les femmes. Bien que l'écart entre la durée de vie moyenne des femmes et des hommes se réduise de plus en plus (+4,4 ans en 2016 contre +4,2 ans en 2019), il reste nettement en faveur des femmes.

Les différences territoriales ne se comblent pas avec le temps : l'écart entre la région la plus favorisée et la moins favorisée est d'environ 3 ans, tant pour les hommes que pour les femmes. Pour les deux sexes, c'est la province autonome de Trente qui détient le record de l'espérance de vie à la naissance. La région la plus défavorisée est, en revanche, tant pour les hommes que pour les femmes, la Campanie.

Pour la région Toscane, l'espérance de vie à la naissance en 2021 est respectivement de 81,1 ans pour les hommes et de 85,2 ans pour les femmes, soit des valeurs supérieures à la moyenne nationale. Plus précisément, pour la province de Livourne, l'espérance de vie à la naissance en 2021 est respectivement de 80,8 ans pour les hommes et de 84,9 ans pour les femmes. Le tableau ci-dessous analyse les valeurs de cet indicateur à la naissance, en distinguant le sexe et la région de résidence (tableau 5-48).

Tableau 5-48 Espérance de vie à la naissance et variations absolues par sexe et région de résidence (années 2017-2021)

Regioni/Macroaree	Maschi							Femmine						
	2017	2018	2019	2020	2021*	Δ (2020-2019)	Δ (2021-2020)	2017	2018	2019	2020	2021*	Δ (2020-2019)	Δ (2021-2020)
Piemonte	80,4	80,5	80,8	79,1	80,1	-1,7	1,0	84,7	84,9	85,2	83,9	84,8	-1,3	0,9
Valle d'Aosta	79,8	79,1	79,9	78,4	80,1	-1,5	1,7	84,3	84,8	85,6	83,5	84,3	-2,1	0,8
Lombardia	81,2	81,3	81,5	79,0	80,8	-2,6	1,8	85,5	85,7	85,9	84,0	85,4	-1,9	1,4
Bolzano-Bozen	*81,4*	*81,7*	*81,8*	*80,7*	*81,1*	*-1,1*	*0,4*	*86,2*	*86,1*	*86,2*	*85,0*	*85,5*	*-1,2*	*0,5*
Trento	*81,6*	*82,0*	*82,0*	*80,5*	*81,3*	*-1,5*	*0,8*	*86,3*	*86,2*	*86,6*	*85,2*	*86,3*	*-1,4*	*1,1*
Veneto	81,3	81,4	81,7	80,7	81,0	-1,1	0,3	85,6	85,8	86,1	85,2	85,6	-0,9	0,4
Friuli Venezia Giulia	80,7	80,8	81,3	80,3	79,6	-1,0	-0,7	85,5	85,4	85,9	85,1	84,8	-0,8	-0,3
Liguria	80,6	80,5	80,9	79,3	80,4	-1,5	1,1	84,9	85,0	85,5	84,1	85,0	-1,4	0,9
Emilia-Romagna	81,2	81,5	81,6	80,3	80,8	-1,3	0,5	85,4	85,6	85,7	84,8	85,1	-0,8	0,3
Toscana	81,3	81,6	81,7	81,1	81,1	-0,6	0,0	85,4	85,7	85,8	85,3	85,2	-0,5	-0,1
Umbria	81,3	81,8	82,1	81,2	80,9	-0,9	-0,3	85,4	85,8	86,2	85,7	85,4	-0,5	-0,3
Marche	81,2	81,6	81,9	81,0	80,9	-1,0	-0,1	85,5	85,9	86,1	85,2	85,1	-0,9	-0,1
Lazio	80,4	81,0	81,4	80,5	80,4	-0,9	-0,1	84,7	85,1	85,5	84,9	84,9	-0,5	0,0
Abruzzo	80,3	80,8	81,2	80,2	80,0	-0,9	-0,2	84,9	85,3	85,7	85,1	84,7	-0,6	-0,4
Molise	79,9	80,1	80,5	79,8	78,3	-0,6	-1,5	84,9	85,4	85,7	84,7	84,0	-1,0	-0,7
Campania	78,9	79,3	79,7	78,5	78,3	-1,2	-0,2	83,3	83,7	83,9	83,4	82,9	-0,5	-0,5
Puglia	80,6	81,0	81,4	80,2	79,6	-1,1	-0,6	84,8	85,1	85,4	84,6	84,1	-0,8	-0,5
Basilicata	79,9	80,3	80,4	80,0	79,7	-0,4	-0,3	84,8	85,1	84,8	84,6	84,4	-0,2	-0,2
Calabria	79,9	80,3	80,3	79,9	79,0	-0,4	-0,9	84,4	84,7	84,8	84,5	83,6	-0,3	-0,9
Sicilia	79,5	79,9	80,2	79,4	78,7	-0,8	-0,7	83,7	84,0	84,2	83,7	83,1	-0,4	-0,6
Sardegna	80,3	80,7	80,4	79,8	79,8	-0,7	0,0	85,3	85,6	85,8	85,0	85,4	-0,8	0,4
Nord	*81,0*	*81,2*	*81,4*	*79,6*	*80,7*	*-1,8*	*1,1*	*85,4*	*85,5*	*85,8*	*84,4*	*85,2*	*-1,4*	*0,8*
Centro	*80,8*	*81,3*	*81,5*	*80,8*	*80,7*	*-0,7*	*-0,1*	*85,0*	*85,4*	*85,6*	*85,1*	*85,1*	*-0,5*	*0,0*
Mezzogiorno	*79,6*	*80,1*	*80,3*	*79,5*	*79,0*	*-0,8*	*-0,5*	*84,0*	*84,5*	*84,6*	*84,1*	*83,7*	*-0,5*	*-0,4*
Italia	80,6	80,9	81,1	79,8	80,1	-1,3	0,3	84,9	85,2	85,4	84,5	84,7	-0,9	0,2

Source : Rapport Osservasalute, élaboration à partir des données ISTAT disponibles sur le site www.demo.istat.it, 2022

5.14.3 Mortalité et morbidité

Les données obtenues pour le taux de mortalité ont été ventilées par région et par tranche d'âge.

En 2019, en Italie, dans la tranche d'âge 1-19 ans, les taux de mortalité les plus élevés ont été enregistrés pour les causes externes de traumatismes et d'empoisonnements chez les hommes (0,6) et pour les cancers chez les femmes (0,3). En deuxième position, la mortalité par cause indique les cancers chez les hommes et les causes externes de traumatismes et d'empoisonnements chez les femmes.

Dans la tranche d'âge 20-39 ans, en 2019, la région présentant le taux de mortalité le plus élevé chez les hommes est la Vallée d'Aoste (6,9 décès pour 10 000 habitants), tandis que la province indépendante de Bolzano détient le record chez les femmes (3,3 décès pour 10 000 habitants). Comme pour la tranche d'âge 1-19 ans, les taux de mortalité les plus élevés par cause sont également enregistrés pour les causes externes de traumatismes et d'empoisonnements chez les hommes (2,2) et pour les cancers chez les femmes (1). Viennent ensuite les cancers chez les hommes et les causes externes de traumatismes et d'empoisonnements chez les femmes.

En ce qui concerne la tranche d'âge des 40-59 ans, en 2019, le Molise affiche le taux de mortalité le plus élevé chez les hommes (32,9 décès pour 10 000 habitants), tandis que la Campanie détient le record chez les femmes (19,2 décès pour 10 000 habitants). Dans cette tranche d'âge, les taux de mortalité les plus élevés par cause

sont attribuables aux cancers pour les deux sexes (10,4 et 9,8 pour les hommes et les femmes respectivement). Viennent ensuite les maladies du système circulatoire.

Les données pour la tranche d'âge 60-74 ans, en 2019, montrent que la région de Campanie est celle qui présente le taux de mortalité le plus élevé tant chez les hommes (158) que chez les femmes (90,9). Dans ce cas également, comme dans la tranche d'âge précédente, les taux de mortalité les plus élevés par cause sont attribuables aux cancers pour les deux sexes, avec une valeur supérieure chez les hommes par rapport aux femmes (62 et 37,7 respectivement). Viennent ensuite, dans ce cas également, les maladies du système circulatoire pour les deux sexes.

Enfin, pour la classe d'âge 75-89 ans, en 2019, c'est la région de Campanie qui affiche le taux de mortalité le plus élevé tant chez les hommes (695,7) que chez les femmes (480,9). En ce qui concerne les taux de mortalité les plus élevés par cause, ceux-ci sont attribuables aux maladies du système circulatoire tant chez les hommes que chez les femmes (respectivement 196,7 et 144,5). Viennent ensuite, dans ce cas, les cancers pour les deux sexes.

D'un point de vue général, la région de Campanie occupe la première place avec un taux de mortalité global de 116,8 chez les hommes et de 80,8 chez les femmes, suivie par la Sicile (112,4) et la Vallée d'Aoste (107,2) pour les hommes, et par la Sicile (79,1) et la Calabre (72,2) pour les femmes.

En ce qui concerne la mortalité par cause, les données sur les principales causes de décès au niveau national, régional (Toscane) et provincial (Livourne) ont été utilisées.

L'Institut national de statistique fournit les données relatives aux principales causes de décès en Italie, ventilées par région et par province. Comme le montre le tableau ci-dessous, dans la province de Livourne, la première cause de mortalité en 2019 était constituée par les maladies du système circulatoire, suivies par les tumeurs, puis par celles du système respiratoire, tandis que les autres maladies étaient moins nombreuses. Par rapport à 2010, presque toutes les causes de décès ont connu une augmentation du nombre de cas.

Au niveau régional, comme au niveau provincial, les principales causes de décès sont les maladies du système circulatoire, suivies des cancers, puis des maladies du système respiratoire. Là encore, la tendance est à la hausse pour presque toutes les maladies par rapport à 2010.

Tableau 5-49 Principales causes de décès au niveau national, régional et provincial (valeurs absolues) – Années 2010 et 2019

Cause de décès	2010			2019		
	Italie	Toscane	Prov. Livourne	Italie	Toscane	Prov. Livourne
Tumeurs	175040	12103	1142	178440	12047	1199
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	25766	1721	183	28801	1844	166
Troubles psychiques et comportementaux	14659	954	68	26006	1574	151
Maladies du système nerveux et des organes sensoriels	22454	1759	203	30281	2368	216
Maladies du système circulatoire	221617	15880	1633	2204993	14547	1374
Maladies respiratoires	38798	2811	22	53446	3708	308
Maladies de l'appareil digestif	23808	1612	163	23022	1550	131

Cause du décès	2010			2019		
	Italie	Toscane	Prov. Livourne	Italie	Toscane	Prov. Livourne
Causes externes : traumatisme et empoisonnement	466	1593	166	23911	1633	175

Source : Élaboration ERM à partir des données Istat, 2019

5.15 Activités anthropiques

5.15.1 Infrastructures

Aux fins de cette étude, un ensemble d'éléments a été sélectionné afin d'évaluer la présence d'infrastructures en mer qui sont généralement considérées comme des obstacles potentiels à la réalisation de projets éoliens offshore, en particulier en ce qui concerne la pose de câbles, en relation avec les mesures et techniques applicables pour éviter ces obstacles. Sur la base des données accessibles au public, les éléments suivants ont été sélectionnés :

- les câbles sous-marins existants (lignes de transmission, conduites et télécommunications) ;
- les structures pétrolières et gazières (gazoducs et puits de forage) et les zones soumises à un permis d'exploration ;
- plateformes d'amarrage et d'ancrage ;
- phares ;
- les ports.

Les campagnes géophysiques et environnementales en milieu marin, menées à l'aide d'un sonar à balayage latéral et d'un magnétomètre, ont permis de détecter la position exacte de six conduites sous-marines existantes dans la zone du projet du parc, dont une inactive :

- câble C1 qui traverse la partie occidentale de l'OWF dans le sens NO-SE ;
- le câble C2 qui s'étend de manière discontinue dans la partie centre-ouest de l'OWF ;
- le câble C3 qui s'étend dans la direction NE-SO dans la partie centrale de l'OWF ;
- câble C4 qui s'étend en direction courbe du nord-ouest au sud-est à l'extrémité occidentale de l'OWF ;
- câble C5 qui s'étend dans la partie terminale de l'ECC de manière discontinue du nord-est au sud-est ;
- câble OOS (Out-Of-Service) qui s'étend dans la partie sud-est de l'OWF, du nord au sud-est de manière discontinue.

Une interférence directe est signalée uniquement entre le câble C5 et le câble OOS avec le conduit marin d'exportation.

Par la suite, les interférences possibles entre les travaux du projet offshore et les conduites et gazoducs existants ou prévus ont été vérifiées. Plus précisément, les éléments suivants ont été identifiés :

- le projet de gazoduc « Sa.Co.I.3 » visant à moderniser et à renforcer la ligne électrique historique à courant continu de 200 kV vers la Sardaigne, la Corse et la Toscane (« Sa.Co.I.2 »), autorisé en septembre 2023 ;
- la conduite sous-marine d'évacuation des eaux usées de l'usine Rosignano Solvay.

Ces infrastructures sont situées respectivement au sud de la zone du projet et au nord du conduit sous-marin, et aucune interférence directe n'est donc prévue. Pour plus de détails, veuillez vous référer au « Rapport de recensement et de résolution des interférences (ATI-ING-VIA-RELINT-R06-00) ».

Dans la zone d'intérêt onshore, la mobilité routière est assurée par la « Route nationale 1 (SS1) – Via Aurelia », qui traverse la Toscane presque entièrement du nord au sud.

Le tronçon entre Grosseto et Livourne est une voie rapide à chaussées séparées, classée comme route extra-urbaine principale, avec deux voies dans chaque sens et un large accotement pavé ; l'ancien tracé, qui coïncidait avec l'Aurelia médiévale et, par endroits, avec le tracé romain, a été désaffecté par l'ANAS et est passé sous la gestion directe des provinces qu'il traverse. L'ancienne Aurelia est devenue une route provinciale (SP 152 dans la province de Grosseto et SP 39 dans la province de Livourne).

La province de Livourne compte 19 infrastructures portuaires. Parmi celles-ci, les plus importantes dans la zone du projet sont : Port de Livourne :

- Le principal port de Toscane et l'un des plus importants ports italiens et de toute la Méditerranée, tant pour le trafic passagers que, surtout, pour le trafic marchandises (qui s'élève à près de 37 millions de tonnes pour l'année 2018)[68] . Il comprend 11 km linéaires de quais et de pontons avec 100 points d'amarrage, et une profondeur allant de 25 pieds dans le bassin de Florence à 40 pieds dans le quai à grande profondeur. La seule Darsena Toscana compte environ 1 700 mètres d'accostage sur la rive ouest et 750 mètres sur la rive est. Il y a également trois bassins de carénage, deux en béton et un flottant. Les zones portuaires s'étendent sur environ 800 000 mètres carrés à l'intérieur des portes douanières, mais si l'on tient compte également des zones adjacentes, qui sont toutefois utilisées pour accueillir de grands entrepôts, des magasins et des esplanades pour les activités portuaires, la superficie atteint 2 500 000 mètres carrés. La superficie maritime du port de Livourne est d'environ 1 600 000 mètres carrés et les grands ouvrages architecturaux qui en marquent le périmètre sont constitués, outre la Darsena Toscana au nord, de trois digues : la digue de la Vegliaia, la digue courbe qui se prolonge par la digue rectiligne (ou de la Meloria) à l'ouest et la digue du Marzocco au nord-ouest. Il y a plus de 60 km de voies ferrées directement reliées à la ligne Livourne - Pise. Le port est également relié aux principaux nœuds routiers de la région par des raccordements avec la voie rapide Florence - Pise - Livourne, l'autoroute A12 et la Variante Aurelia. Les mouvements de conteneurs sont nombreux, mais une grande quantité et une grande diversité de marchandises sont stockées et manutentionnées (des liquides aux solides en vrac, en passant par les automobiles, les produits congelés, les fruits et les équipements destinés aux entreprises industrielles). De plus, les méthaniers à double coque, qui proviennent généralement d'Afrique du Nord, déchargent du gaz liquéfié dans des cavités artificielles situées à 100 mètres sous le niveau de la mer. Ce type de stockage est unique en Italie et le deuxième en Europe après celui de Lavéra (Marseille). Le trafic de passagers n'est pas négligeable : au trafic habituel des ferries vers les îles s'ajoute la présence constante de navires de croisière, avec environ 510 escales par an et plus de 700 000 croisiéristes en transit.

68 https://www.assoporti.it/media/4305/adsp_movimenti_portuali_2018_agg_18aprile2019.pdf, (2019)

- Port d'Antignano : le débarcadère se compose de deux quais et peut accueillir environ 160 à 240 bateaux en fonction de leur taille (6 mètres de longueur maximum). La présence de rochers émergents rend l'entrée du port difficile en cas de sirocco et de libeccio. En cas de violentes tempêtes, même les bateaux qui se trouvent à l'intérieur doivent renforcer leurs amarres. La profondeur des fonds marins est de 3 mètres. Le petit port offre un service de remisage (pour les bateaux dont le tirant d'eau est inférieur à un mètre), l'électricité, une rampe, une grue, une cale de halage, des toilettes, des réparations de moteurs et des réparations d'installations électriques.
  Porto del Chioma : le port de Chioma est situé à l'embouchure du torrent du même nom, dans la commune de Rosignano Marittimo, juste à la frontière avec celle de Livourne, entre les stations balnéaires de Quercianella et Castiglioncello. Les fonds marins, plutôt peu profonds, rendent le port adapté uniquement aux petits bateaux d'une longueur maximale de 8 mètres.
  Port d'Ardenza : caractérisé par des fonds marins très peu profonds (moins de 1,80 mètre) et par quelques rochers affleurants qui peuvent créer des difficultés. Parmi les places disponibles (266), seule une petite partie est réservée aux bateaux en transit. Toutefois, les bateaux en transit peuvent être temporairement amarrés aux places laissées libres par les membres. En cas de vent de sud-ouest, les conditions d'entrée dans le port sont prohibitives. La longueur maximale des bateaux pouvant accéder au port est de 10,50 mètres. Le petit port offre de l'eau et de l'électricité, une cale de halage, une grue et des toilettes.
  Port de Cala de' Medici : situé dans la commune de Rosignano Marittimo, construit au début du XXIe siècle, il est l'un des principaux ports de plaisance de la province de Livourne. Le port est constitué d'un grand bassin ouvert au nord et protégé par une digue coudée au sud. Cala de' Medici dispose d'environ 650 places de mouillage, dont une partie est réservée aux bateaux en transit grâce à un logiciel innovant et expérimental.
  Port de Capraia Isola : le port de Capraia Isola est le principal port de l'île, en plus d'être la seule voie de communication avec la péninsule et les autres îles faisant partie de l'archipel toscan. Il est situé entre deux jetées, la jetée nord de 140 mètres de long et la jetée sud d'environ 200 mètres. Le port dispose d'environ 200 places pour les bateaux à moteur jusqu'à 38 mètres et pour les voiliers jusqu'à 26 mètres. C'est le seul point d'amarrage disponible sur l'île pour le ferry et la seule possibilité d'effectuer des excursions en mer vers les différentes criques de Capraia.
- Port de Marina di Cecina : il est situé à l'embouchure du fleuve Cecina et, en 2004, il était constitué d'une série de pontons pour un total d'environ 650 places, dont au moins 15 réservées aux bateaux en transit d'une longueur ne dépassant pas 12 mètres. Dans la zone portuaire, des services de ravitaillement en carburant, de travel lift, de grue et de réparation de différents types de coques, y compris les moteurs, étaient assurés. L'accès au port-canal était dangereux en cas de vent de sud-ouest et pendant la nuit, en raison de la faible profondeur des fonds marins.

Il existe également une installation d'aquaculture terrestre dans la commune de Rosignano Solvay. Maricoltura Solvay et la commune de Rosignano ont coopéré à la réalisation d'une installation d'aquaculture à Lillatro, sur la base de technologies développées au cours de dix années de recherche dans les installations pilotes de l'usine de Rosignano. Sur une superficie de plus de 10 000 mètres carrés appartenant à Solvay, un million d'alevins de poissons de grande valeur (bar et dorade) sont produits chaque année, auxquels s'ajoute, dans un second temps, la production de crevettes juvéniles.

La zone comprend également plusieurs capitaineries :

- Direction maritime de Livourne ;
- Bureau maritime local de Castiglioncello ;

- Bureau maritime local de Vada ;
- Bureau maritime local de San Vincenzo ;
- Bureau maritime local de Cecina ;
- Bureau maritime local de Capraia.

Les phares sont également considérés comme des infrastructures à prendre en compte dans la zone du projet :

- Phare de Livourne ;
- Phare sur les Secche della Meloria, Livourne ;
- Phare de Vada ;
- Phare des Secche di Vada ;
- Phare de Capraia
- Phare de l'île de La Giraglia ;

Cependant, les phares les plus proches de la zone du projet sont le phare de l'île de La Giraglia au sud-sud-est et le phare de Capraia au sud de la zone du projet.

Dans la partie orientale de la zone du projet, sur l'île de Gorgona, se trouvent trois phares de navigation. Deux phares marquent les extrémités nord et sud de l'île, tandis qu'un feu rouge est situé près du port principal de l'île, Gorgona Scalo.

Il n'y a pas d'infrastructures d'extraction de pétrole et/ou de gaz dans la zone du projet. La structure la plus proche de la zone est un terminal flottant de regazéification situé à 21 milles marins au nord-est du projet et à 14 milles marins au nord-ouest de Livourne : Floating Storage and Regasification Unit (FSRU), qui fait partie du projet Offshore Liquified Natural Gas Toscana (OLT). OLT stocke le gaz naturel à la FSRU Toscana et le transforme à l'état gazeux normal. Le gaz est ensuite transporté vers le continent italien via un gazoduc sous-marin qui arrive au nord de Livourne.

5.15.2 Déchets

Le texte unique sur l'environnement, à l'article 183, définit comme déchet toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou a décidé ou est tenu de se défaire. La norme classe les déchets en fonction de leur origine en déchets urbains et déchets spéciaux et en fonction de leur dangerosité en déchets dangereux et non dangereux.

5.15.2.1 *Déchets urbains*

Grâce aux dernières données de l'Agence régionale pour la récupération des ressources (ARRR)[69] et au Rapport sur les déchets urbains édition 2023[70] , il est possible de schématiser la composition des déchets urbains collectés en 2022 et leur quantité (tableau 5-50).

En 2022, la production nationale de déchets urbains s'est élevée à environ 29,1 millions de tonnes, soit une diminution de 1,8 % (544 000 tonnes) par rapport à l'année précédente. En ce qui concerne la région Toscane, la production de déchets urbains s'est élevée à 2 153 005 tonnes au cours de la même année.

Tableau 5-50 Production totale de déchets urbains pour la région Toscane en tonnes, sur une période allant de 2018 à 2022

Région	2018	2019	2020	2021	2022
Toscane	2 284 143	2 277 254	2 153 388	2 199 464	2 153 005
Italie	30 158 280	30 023 033	28 941 376	29 595 522	29 051 314

Source : ISPRA, 2022

En 2022, la production nationale de déchets par habitant s'est élevée à 494 kilogrammes par habitant (sur la base d'une population de 58 850 717 habitants en 2022, selon les données de l'ISTAT), soit une baisse de 1,6 % par rapport à 2021, comme le montre le tableau 5-51. En ce qui concerne la région Toscane, qui comptait 3 651 152 habitants en 2022 (données ISTAT), la production par habitant s'élevait à environ 590 kilogrammes de déchets urbains par habitant pour la même année.

*Tableau 5-51 Production par habitant de déchets urbains pour la région Toscane en kg/habitant*an, sur une période allant de 2018 à 2022.*

Région	2018	2019	2020	2021	2022
Toscane	617,1	616,7	587,0	598,3	589,7
Italie	504,2	503,4	488,4	501,8	493,6

Source : ISPRA, 2022

En ce qui concerne le tri sélectif des déchets urbains, l'objectif fixé par la réglementation (décret législatif n° 152/2006 et loi n° 296 du 27 décembre 2006) est de 65 % ; la Toscane atteint 66 %, ce qui ne correspond pas à l'objectif national, mais représente tout de même une augmentation par rapport aux années précédentes. Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de tri sélectif des déchets urbains pour la région Toscane et les pourcentages nationaux de 2018 à 2022.

69 **https://www.arrr.it/dati-regionali**

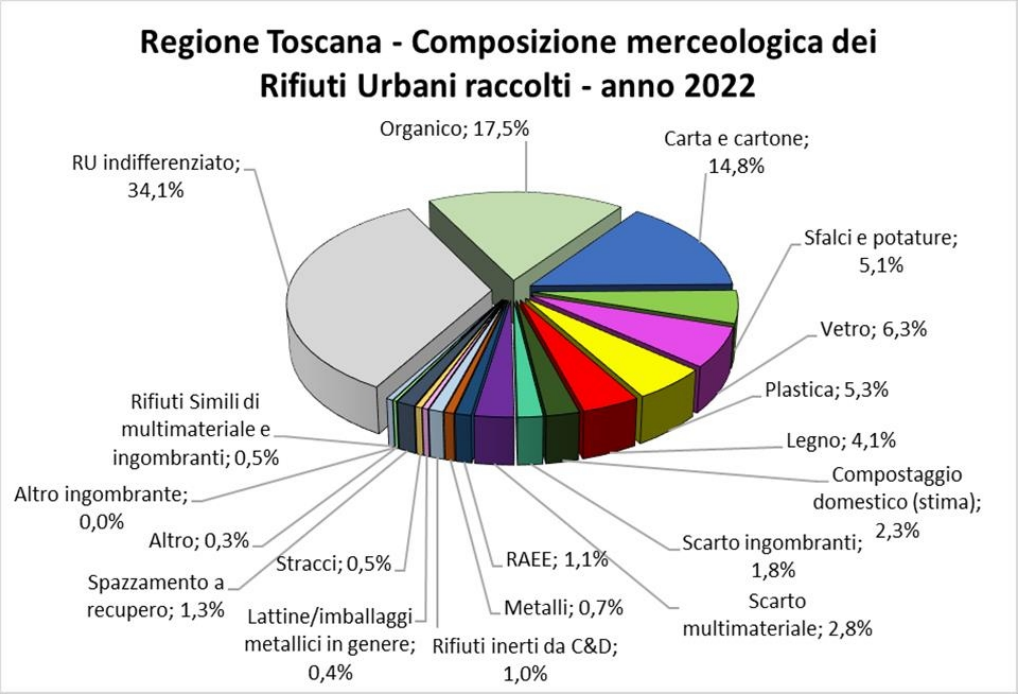
70 **https://www.isprambiente.gov.it/files2023/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutiurbani_ed-2023_n-393_versioneintegrale.pdf**

Tableau 5-52 Pourcentages de collecte sélective des déchets urbains pour la région Toscane, sur une période allant de 2018 à 2022.

Région	2018	2019	20	2021	2022
Toscane	56,1	60,2	62,1	64,1	65,6
Italie	58,2	61,3	63,0	64,0	65,2

Source : ISPRA, 2022

Figure 5-167 Composition des déchets urbains collectés en 2022



Source : https://www.arrr.it/dati-regionali, 2022

5.15.2.2 Déchets spéciaux

En 2021, la Lombardie est le premier producteur national de déchets spéciaux, avec 38,8 % du total des déchets spéciaux générés par le nord de l'Italie, soit environ 96,4 millions de tonnes. Elle est suivie par la Vénétie, l'Émilie-Romagne et le Piémont. La Toscane a produit environ 10 millions de tonnes.

La répartition régionale des déchets spéciaux non dangereux reflète globalement celle observée pour la production totale. On note que les plus grandes quantités de déchets spéciaux provenant de la construction et de la démolition se trouvent dans le nord.

En ce qui concerne les déchets dangereux, la Toscane affiche des valeurs de production proches de 4 millions de tonnes.

Les principaux types de déchets produits en Toscane sont les déchets provenant des opérations de construction et de démolition (40,2 % de la production régionale totale) et ceux provenant du traitement des déchets et des eaux usées (33,9 %).

Le tableau 5-53 présente les données relatives aux quantités de déchets spéciaux co-incinérés au cours de la période 2020-2021. En 2021, plus de 1,7 million de tonnes de déchets spéciaux non dangereux (93,5 % du total) ont été traités en Italie, soit une légère augmentation de 0,9 % par rapport à 2020. Les déchets spéciaux dangereux co-incinérés ont quant à eux atteint 121 000 tonnes (6,5 % du total), soit une augmentation de 7,6 %. La plupart des installations se trouvent dans le nord (199), suivi du sud (62) et enfin du centre (41).

Tableau 5-53 Quantité de déchets spéciaux co-incinérés, pour la région Toscane (tonnes)

Région	Déchets spéciaux dangereux (tonnes)		Déchets spéciaux non dangereux (tonnes)		Total des déchets spéciaux (tonnes)		%
Année	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2021
Toscane	-	-	30 237	31 927	30 237	31 927	1,7
Italie	112 534	121 044	1 716 104	1 731 009	1 828 638	1 852 053	100

Source : ISPRA, 2022

Toujours en Italie, en 2021, 1,1 million de tonnes de déchets spéciaux ont été incinérés, dont 653 000 tonnes (59,2 % du total) non dangereuses et environ 450 000 tonnes dangereuses (40,8 % du total). La plupart des installations sont situées dans le nord (46), suivi du sud (21) et du centre (7).

Le tableau 5-54 présente les données relatives aux quantités de déchets spéciaux incinérés au cours de la période 2020-2021.

Tableau 5-54 Quantités de déchets spéciaux incinérés, pour la région Toscane (tonnes)

Région	Déchets spéciaux dangereux (tonnes)		Déchets spéciaux non dangereux (tonnes)		Total des déchets spéciaux (tonnes)	
Année	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Toscane	4 717	4 678	6 422	21 096	11 139	25 774
Italie	416 437	449 864	899 366	653 580	1 315 803	1 103 444

Source : ISPRA, 2022

Les déchets spéciaux mis en décharge sont principalement des déchets issus du traitement des déchets, des déchets provenant des opérations de construction et de démolition et des déchets issus des processus thermiques. Le tableau 5-55 ci-dessous présente les quantités de déchets spéciaux mis en décharge dans les différentes catégories de décharges, par type de déchets, en comparant l'Italie et la région Toscane en 2020 et 2021.

Tableau 5-55 Déchets spéciaux mis en décharge, par catégorie (tonnes)

Région	Décharges pour déchets inertes		Décharges pour déchets non dangereux		Décharges pour déchets dangereux		Total	
Année	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Toscane	0	851 364	79 935	931 299	0	1 025 239	105 773	1 131 012
Italie	3 592 148	3 758 445	5 305 732	5 291 644	974 978	1 131 544	9 872 858	10 181 633

Source : ISPRA, 2022

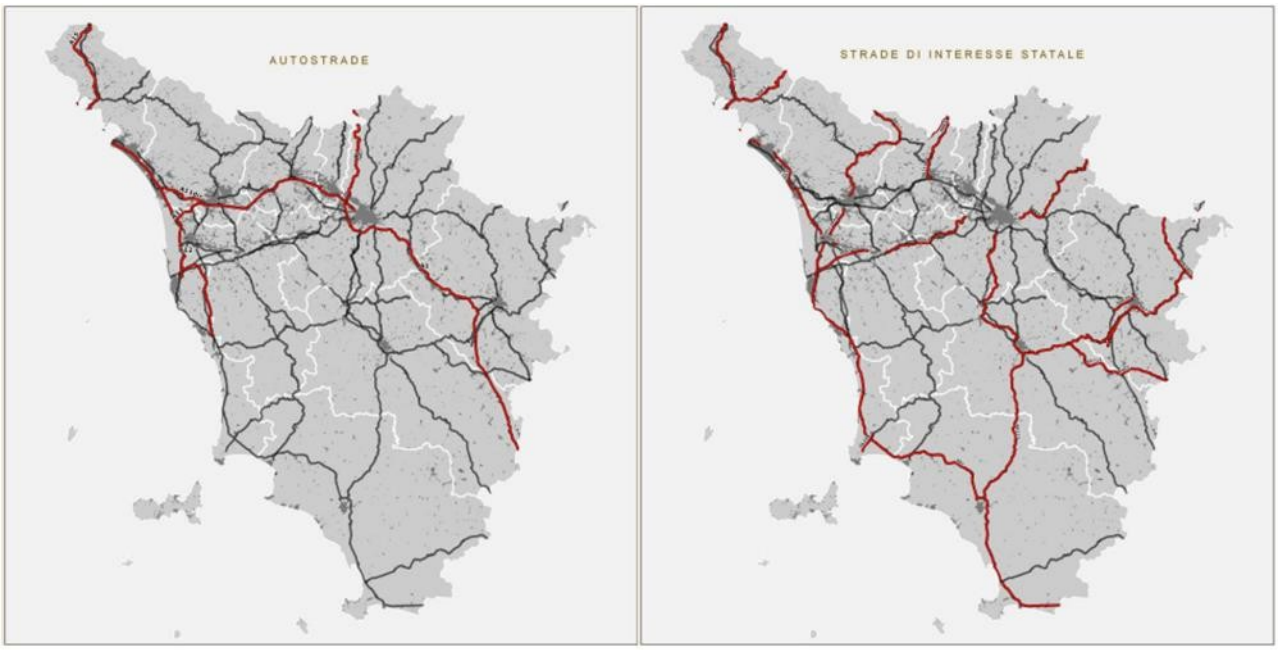
5.15.3 Transports et mobilité

La composante Transports et mobilité analyse la mobilité interne dans la zone métropolitaine. Cette section décrit décrit le réseau routier, ferroviaire, portuaire et aéroportuaire.

5.15.3.1 Réseau routier et analyse du trafic

En ce qui concerne la viabilité et les routes de la région Toscane, une carte récapitulative est présentée à la figure 5-168.

Figure 5-168 Carte récapitulative des routes – Autoroutes de la région Toscane



Source : Autoroutes et routes d'intérêt national – Région Toscane, 2013

Le réseau autoroutier d'intérêt national, défini par le décret législatif n° 461 du 29 octobre 1999 et ses modifications ultérieures, présent sur le territoire toscan, s'étend sur 423,9 km et se répartit comme suit :

Tableau 5-56 Extension des autoroutes sur le territoire toscan.

Autoroutes	Longueur [km]	Points clés de l'itinéraire	Exploitant
Autoroute A1 Milan-Naples	38,5	Bologne - Florence	ASPI
Autoroute A1 Milan-Naples	137,9	Florence - Rome	ASPI
Autoroute A11 Florence-Pise N.	81,7	Florence – Pise Nord	ASPI
Embranchement A11/A12 Viareggio-Lucques	20,8	Lucques - Viareggio	SALT
Autoroute A12 Gênes-Livourne	65,8	Sestri Levante – Livourne	SALT
Autoroute A12 Livourne-Rosignano	36,6	Livourne – Rosignano	SAT
Autoroute A15 Parme-La Spezia	42,6	Parme – La Spezia	Autoroute CISA
Total	**423,9**		

Source : Autoroutes et routes d'intérêt national – Région Toscane, 2013

Compte tenu d'un réseau autoroutier national (y compris les bretelles et les raccordements autoroutiers) de plus de 6 300 km, l'équipement du territoire toscan est conforme à la moyenne nationale, tant en termes de rapport avec la population que de rapport avec la superficie moyenne du territoire.

L'autoroute la plus proche de la zone du projet est l'A12 – Rosignano – Civitavecchia (Figure 5-169) à 10 km, corridor multimodal tyrrhénien (itinéraire tyrrhénien européen E80), intégré avec les raccordements nécessaires aux ports et au réseau routier local, représente une infrastructure stratégique d'intérêt régional, national et communautaire, mentionnée dans les instruments correspondants des organismes de planification. Depuis 2013, des travaux d'achèvement sont en cours sur le tronçon susmentionné afin de remédier aux conditions dangereuses actuelles de l'Aurelia et de permettre des niveaux adéquats de mobilité et d'intermodalité.

Figure 5-169 Réseau routier à proximité des travaux du projet



Source : Geoscopio Cartoteca Toscana

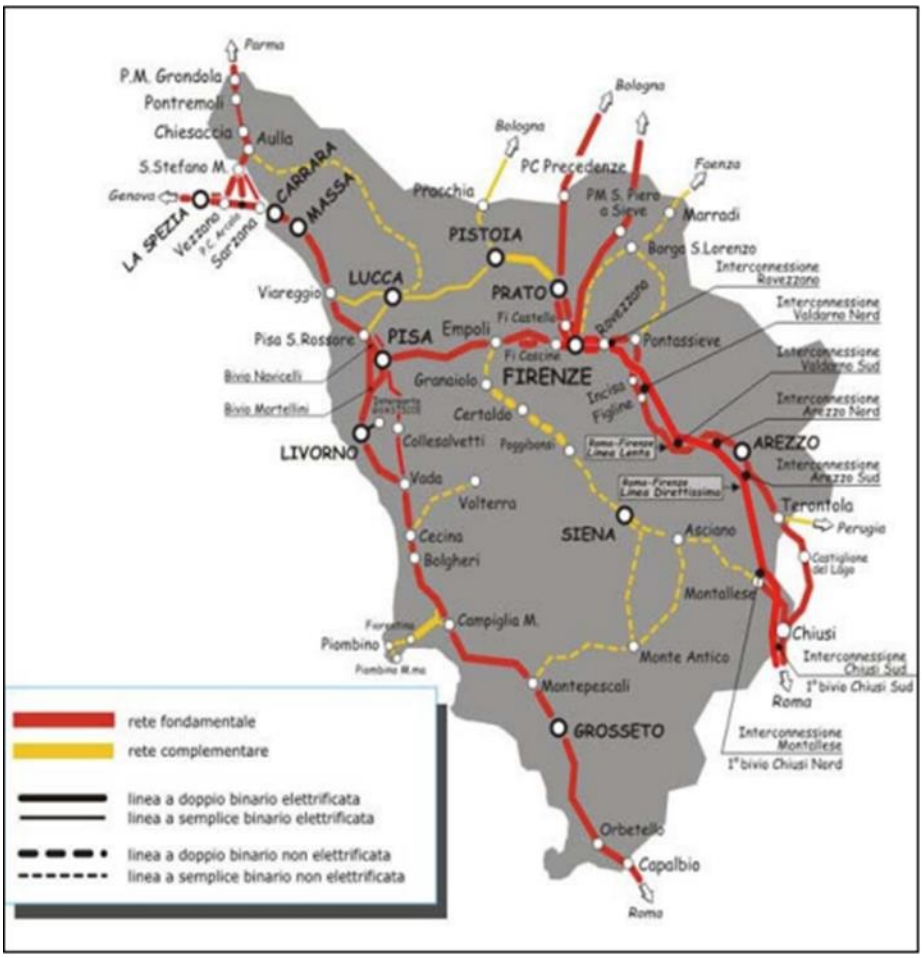
5.15.3.2 *Transport ferroviaire*

Le territoire régional compte 209 gares ferroviaires réparties selon les catégories suivantes :

- 2 gares R.F.I. (grandes installations) : cette catégorie comprend les gares caractérisées par une fréquentation supérieure à 6 000 voyageurs en moyenne par jour et un nombre élevé de trains en moyenne par jour, avec une forte proportion de trains de qualité. Il s'agit des gares de Florence Santa Maria Novella et de Pise Centrale ;
- 11 gares R.F.I. (installations moyennes à grandes) : cela comprend les installations qui présentent une fréquentation assez élevée, avec une offre de transport locale et de qualité significative ;
- 80 gares R.F.I. (installations moyennes-petites) : cette catégorie comprend toutes les autres installations dont la fréquentation moyenne pour les services métropolitains-régionaux et longue distance est inférieure à celle de la catégorie précédente ;
- 93 gares R.F.I. (petites installations à faible fréquentation) : cette catégorie comprend les petites installations à faible fréquentation qui assurent des services régionaux ;
- 23 gares R.F.T. sur la ligne régionale Stia-Arezzo-Sinalunga (14 actives + 9 arrêts facultatifs sur demande).

Le réseau ferroviaire régional est constitué de réseaux fondamentaux et de réseaux complémentaires (Figure 5-170).

Figure 5-170 Réseau R.F.I en Toscane



Source : Rete Ferroviaria Italiana, 2013

Figure 5-171 Cadrage des travaux du projet par rapport au réseau ferroviaire de la zone concernée



Source : Geoscopio Cartoteca Toscana

Le réseau principal est constitué des lignes suivantes :

- La ligne « Direttissima » Rome - Florence, qui s'étend le long de l'axe principal nord-sud et constitue la première ligne à grande vitesse en Europe ; elle est actuellement en cours d'adaptation aux nouvelles normes AV/AC ;
- La ligne AV/AC Bologne - Florence ;
- La ligne conventionnelle Rome-Chiusi-Arezzo-Florence-Bologne-Milan, qui traverse l'arrière-pays de la région et s'étend également le long de l'axe nord-sud principal ;
- La ligne de la dorsale tyrrhénienne La Spezia-Sarzana-Massa-Pise-Livourne-Grosseto-Montalto di Castro-Rome, qui s'étend à proximité de la bande côtière ;
- La ligne Pise-Collesalvetti-Vada ;
- La ligne Florence-Empoli-Pise, qui relie l'axe nord-sud et l'axe tyrrhénien ;
- La ligne La Spezia-S.Stefano di Magra-Aulla-Pontremoli-Borgo Val di Taro-Parme, qui fait partie de la ligne transalpestre « Pontremolese ».

Le réseau complémentaire est quant à lui constitué des lignes suivantes :

- la ligne Prato-Pistoia ;
- la ligne Pise-Lucques ;
- la ligne Lucques-Pistoia ;
- la ligne Lucques-Aulla ;
- la ligne Lucques-Viareggio ;
- la ligne Porretta Terme-Pistoia ;
- la ligne Faenza-Marradi-Borgo S. Lorenzo ; la ligne Borgo San Lorenzo-Vaglia-Florence ; la ligne Pontassieve-Borgo San Lorenzo ;
- la ligne Empoli-Sienne-Chiusi ; la ligne Sienne – Asciano,
- la ligne Campiglia M.ma-Piombino M.ma ;
- la ligne Sienne-Monte Antico-Montepescali ;
- la ligne Asciano-Monte Antico ;
- la ligne Cecina-Volterra.

Le réseau ferroviaire le plus proche de la zone du projet est le réseau régional La Spezia-Sarzana-Massa-Pise-Livourne-Grosseto-Montalto di Castro-Rome, qui croise le câble souterrain mais n'est pas directement concerné car il passe sur une voie surélevée.

5.15.4 Pêche et aquaculture

La pêche italienne est régie par la loi n° 963/1965 et par le décret du président de la République italienne n° 1639/1968 intitulé « Règlement d'application de la loi n° 963 du 14 juillet 1965 relative à la réglementation de la pêche maritime ». Ces réglementations contiennent également des dispositions déléguant l'adoption d'actes législatifs secondaires pour des secteurs spécifiques. La gestion de la pêche repose en outre sur la loi n° 41 de 1982, qui vise à promouvoir l'exploitation rationnelle et la valorisation des ressources biologiques de la mer grâce à un développement équilibré de la pêche maritime.

La Commission générale des pêches pour la Méditerranée (CGPM) est l'organisation régionale de pêche chargée de la gestion des ressources halieutiques en Méditerranée et en mer Noire, dont l'objectif est de promouvoir l'utilisation rationnelle et optimale des ressources marines vivantes.

La pêche industrielle, c'est-à-dire celle qui peut être surveillée à l'aide de systèmes objectifs tels que l'AIS, est pratiquée à l'aide de navires de plus de 12 mètres de long équipés de divers instruments. Elle est classée en :

- pêche au chalut ;
- pêche au filet tournant ;
- pêche à la palangre.

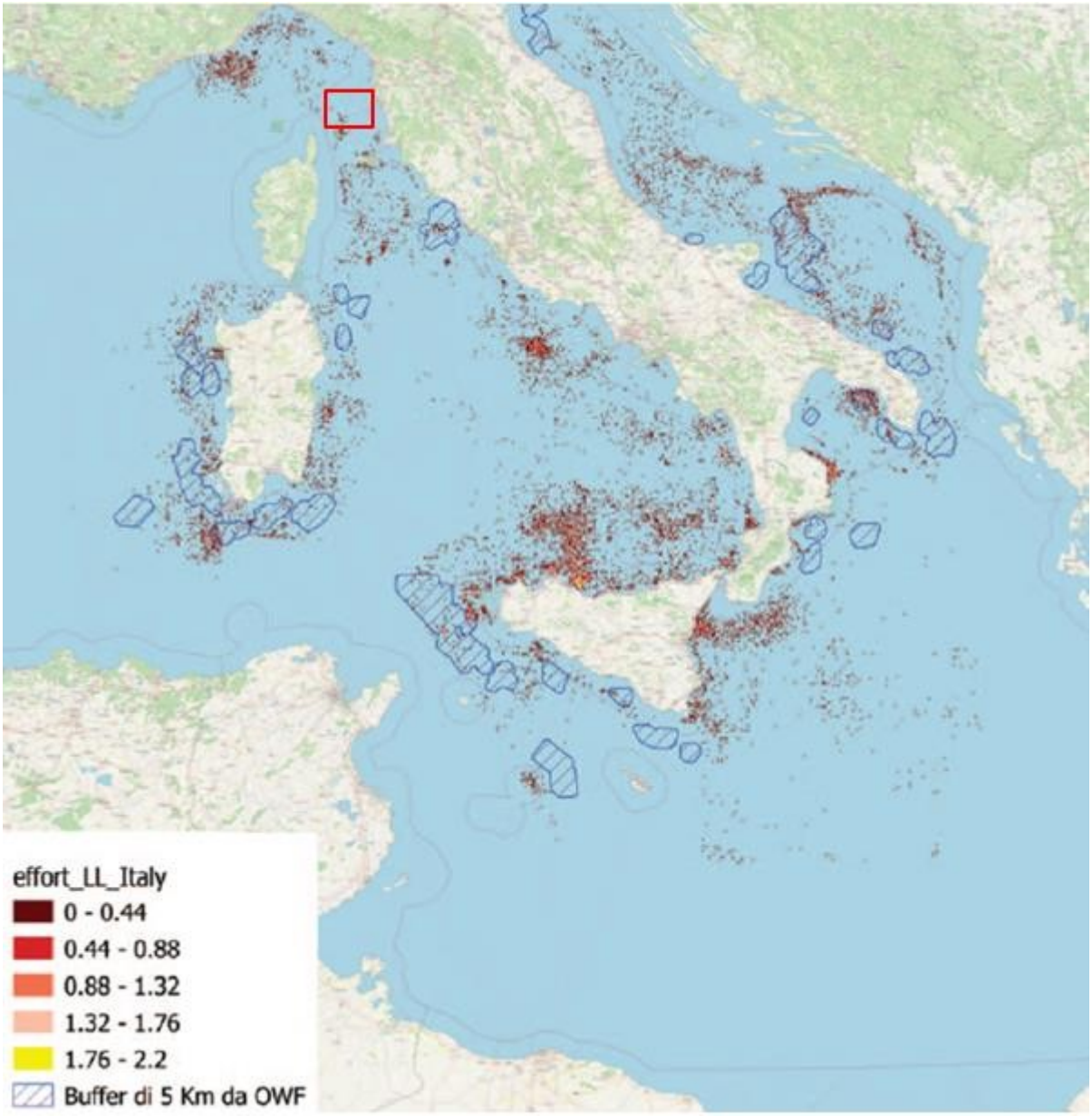
Les figures suivantes montrent l'effort de pêche pour les différents types, la pêche au chalut (figure 5-172), la pêche à la palangre (figure 5-173) et la pêche au filet tournant (figure 5-174) le long des côtes italiennes (La Pesca Italiana nell'Uso dello Spazio Marittimo, F. Andaloro 2022).

Figure 5-172 Activité de pêche au chalut



Source : Andaloro F., MASE, 2023

Figure 5-173 Activité de pêche à la palangre dérivante



Source : Andaloro F., MASE, 2023

Figure 5-174 Activité de pêche au filet tournant



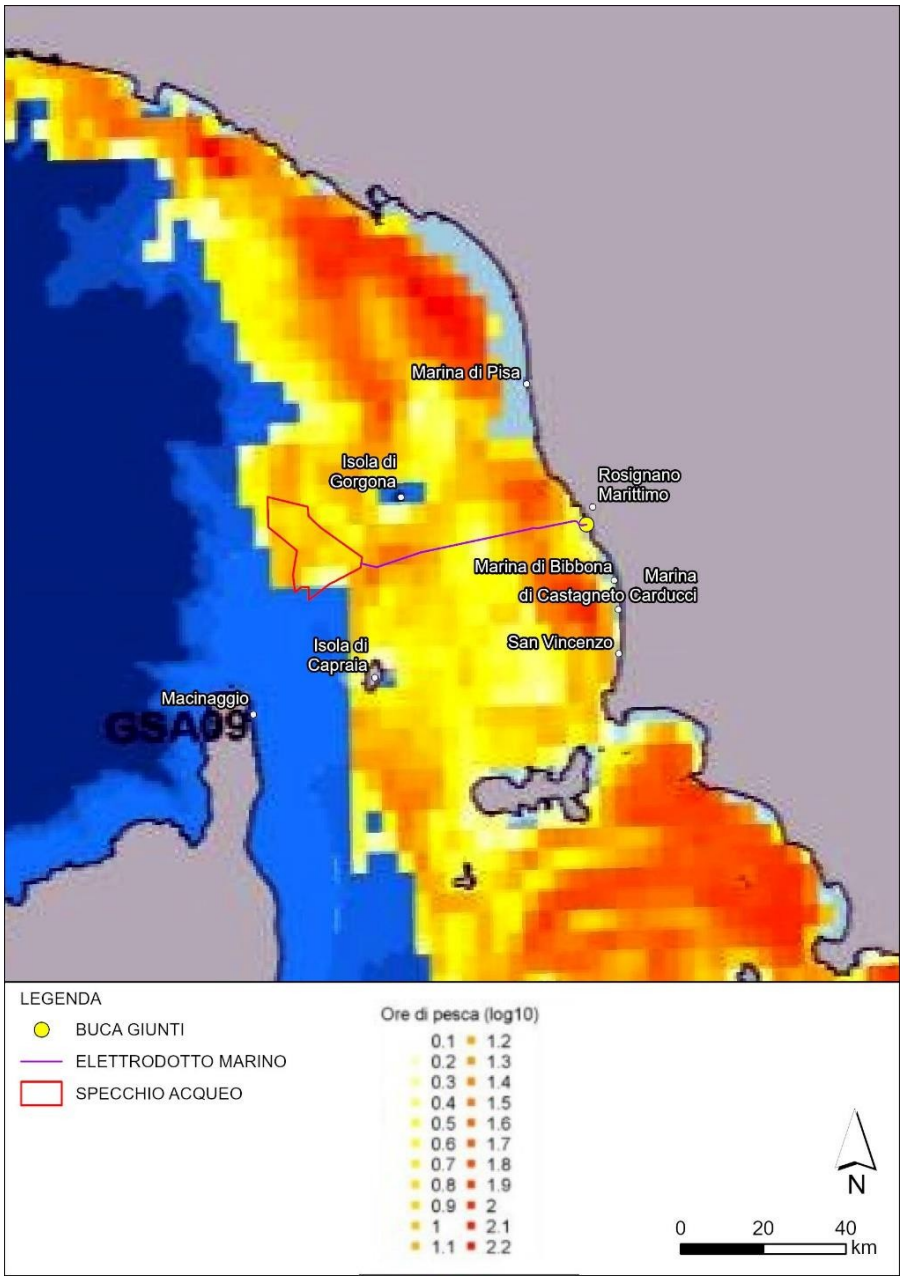
Source : Andaloro F., MASE, 2023

Comme déjà mentionné au paragraphe 5.11.1.5, la zone couverte par l'Area Vasta se situe principalement dans la GSA 09 « Mer Ligure et Tyrrhénienne centre-nord » et, dans une moindre mesure, dans la partie sud-ouest de la zone relevant de la GSA 08 « Corse ».

La flotte de pêche dans la GSA 09 présente une répartition territoriale très dispersée dans un ensemble de ports et de débarcadères, variés en termes de structure et de taille. La capacité de pêche de la flotte de chalutiers opérant dans la GSA 09, qui représentait 17 % de la flotte totale opérant dans cette zone en 2015, a diminué d'environ 20 % en douze ans. En 2015, 1 442 bateaux opéraient dans la GSA 09. La flotte de chalutiers se composait de 279 bateaux atteignant un tonnage légèrement supérieur à 10 126 tonnes brutes.

La petite pêche comprenait 1 035 bateaux, représentant 72 % du nombre total mais seulement 14 % du tonnage. Venaient ensuite les bateaux polyvalents passifs de plus de 12 mètres (53 unités), la flotte de senneurs (50 unités) et les dragues (24 unités).

Figure 5-175 : Activité de pêche de la flotte de chalutiers dans la GSA 09



Source : Données GSA 09 - réélaboration ERM, 2023

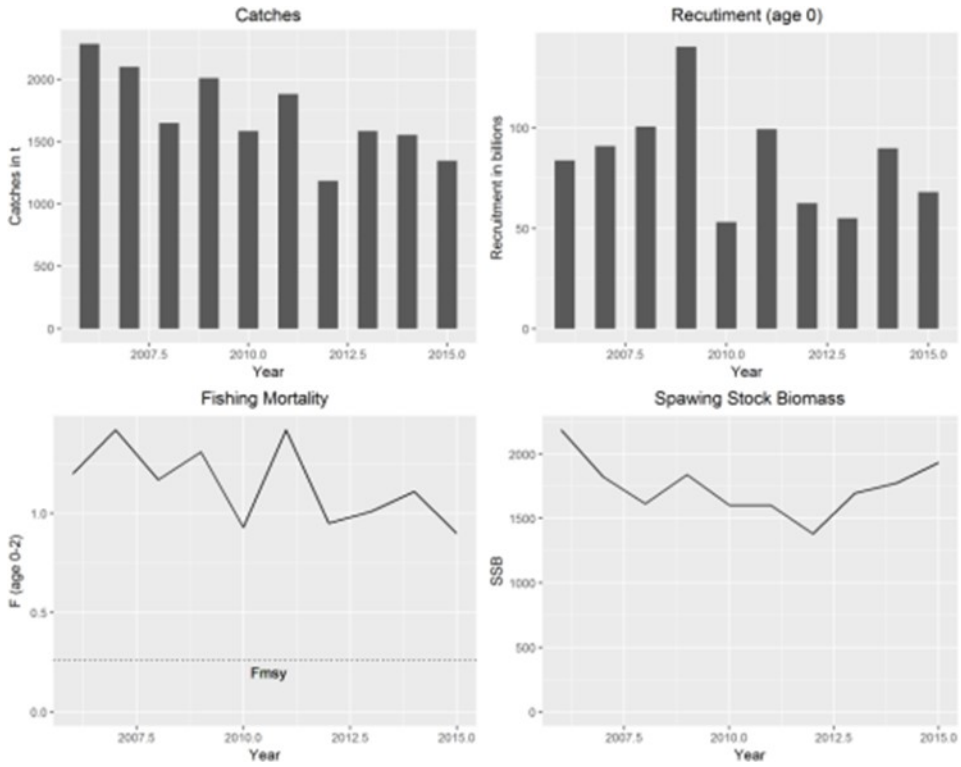
Les principales espèces ciblées par la pêche dans cette zone sont le merlu, la langoustine, le rouget de roche, le rouget de roche et la crevette rose/blanche. Grâce aux données secondaires, il a été possible de reconstituer l'état

de la santé des stocks de certaines espèces cibles que l'on peut trouver dans la GSA 09 (La pêche italienne dans l'utilisation de l'espace maritime, F. Andaloro 2022).

Merlu (*Merluccius merluccius*)

Le stock de merlu de la GSA 09 est surexploité (CGPM, 2017). La mortalité par pêche (F, fishing mortality) affiche une tendance fluctuante au fil des ans, avec une légère tendance à la baisse, mais toujours supérieure à la valeur de référence, Fmsy, égale à 0,26 (F/Fmsy = 3,86). Il convient de noter que pour l'évaluation du stock de merlu, comme pour les autres espèces cibles, la valeur de référence de la mortalité par pêche utilisée est F0,1, qui peut être considérée comme une approximation de Fmsy. Les captures (Catches) affichent également une tendance à la baisse. La biomasse des reproducteurs (SSB, Spawning Stock Biomass) affiche une tendance à la baisse au cours de la première partie de la période étudiée (2005-2011), tandis qu'elle semble inverser cette tendance à partir de 2011. Le recrutement (Recruitment (age 0)), c'est-à-dire les individus âgés de 0 an, fluctue tout au long de la série historique (2005-2015), avec un pic en 2009. Après ce pic, les valeurs du recrutement sont parmi les plus basses de toute la période étudiée.

Figure 5-176 : Merlu – GSA 9

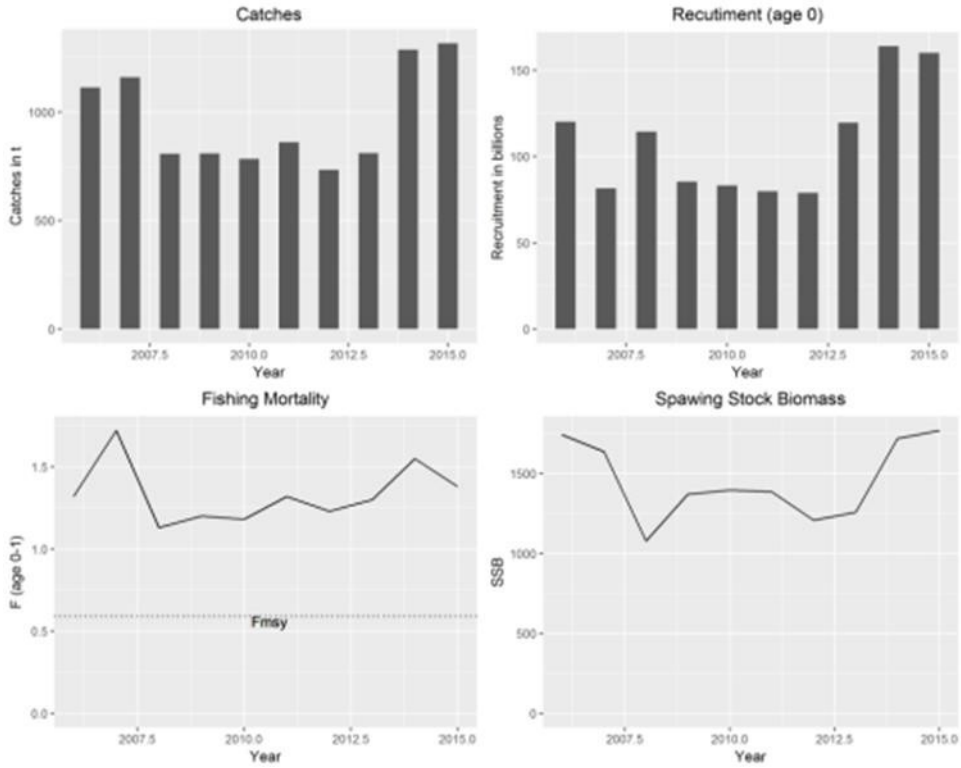


Source : CGPM, 2017

Rouget barbet (*Mullus barbatus*) ;

Le stock de rouget barbet de la GSA 09 semble être exploité de manière non durable. La mortalité par pêche (F, Fishing mortality) a atteint un pic en 2006, suivi d'une réduction drastique ; après cette phase, la mortalité par pêche suit une tendance claire à la hausse (F/Fmsy = 2,39). Le recrutement (Recruitment (age 0)) affiche une tendance plutôt constante, mais avec une nette augmentation au cours des trois dernières années (2013-2015). La biomasse des reproducteurs (SSB, Spawning Stock Biomass) affiche également une tendance à la hausse ces dernières années, atteignant sa valeur maximale en 2015.

Figure 5-177 Mulet de vase - GSA9

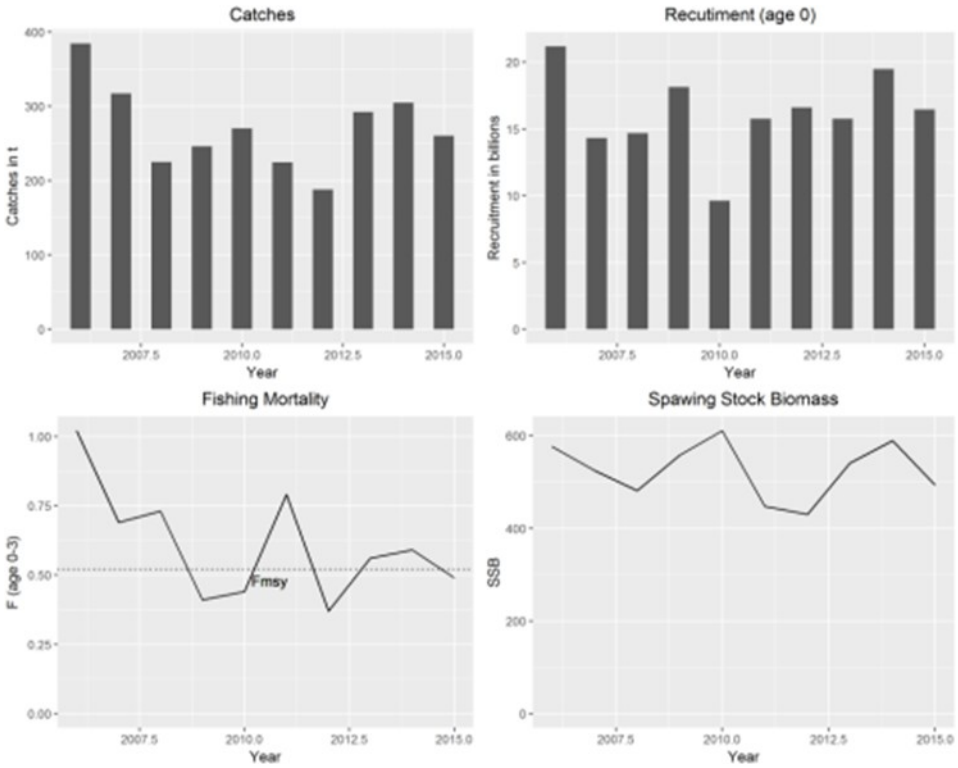


Source : CGPM, 2017

Mulet de roche (*Mullus surmuletus*)

Le stock de rouget de roche de la GSA 09 semble être exploité de manière non durable (STECF, 2017) (Fig. 5.1.5). La mortalité par pêche (F, Fishing mortality) affiche une tendance fluctuante qui, après avoir atteint un maximum au début de la période étudiée (2005), a connu un pic en 2011. Toutefois, la tendance générale de la mortalité par pêche est à la baisse et se situe légèrement au-dessus de la valeur de référence Fmsy (F/Fmsy = 1,05) ces dernières années (2013-2015). Le recrutement (Recruitment (age 0)) et la biomasse des reproducteurs (SSB, Spawning Stock Biomass) affichent une tendance fluctuante, mais la tendance générale semble globalement constante au cours de la période observée (2005-2015).

Figure 5-178 Rouget de roche – GSA 09

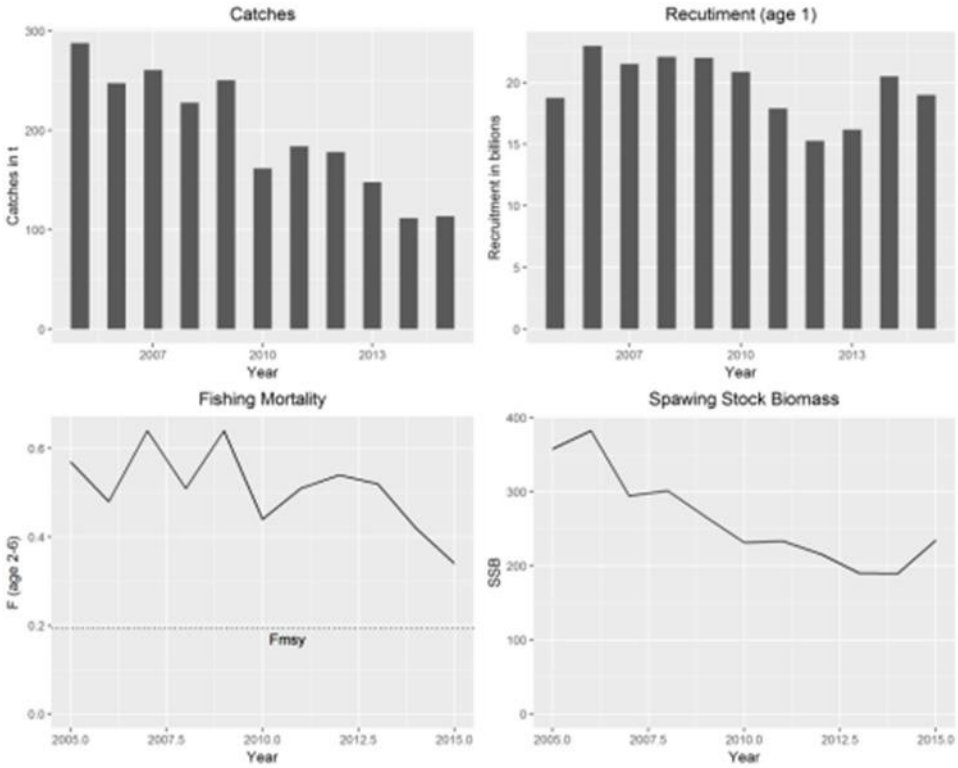


Source : CSTEP, 2017

Langoustine (*Nephrops norvegicus*)

Le stock de langoustines de la GSA 09 semble être surexploité (STECF, 2017). La mortalité par pêche (F, Fishing mortality) décrit une tendance générale à la baisse sur la série historique considérée (2005-2015). Les valeurs actuelles de F ont été estimées supérieures à la valeur de référence (F0,1 qui peut être considérée comme une approximation de Fmsy), Fmsy = 0,19 (F/Fmsy = 2,19). Les captures (Catches) affichent également une tendance négative, atteignant leurs valeurs les plus basses en 2014 et 2015. Le recrutement (Recruitment (age 1)), bien qu'oscillant, est resté plus ou moins stable tout au long de la série historique. La biomasse des reproducteurs (SSB, Spawning Stock Biomass), en revanche, a connu une baisse continue, avec des valeurs estimées les plus basses en 2013 et 2014.

Figure 5-179 Langoustine – GSA 09

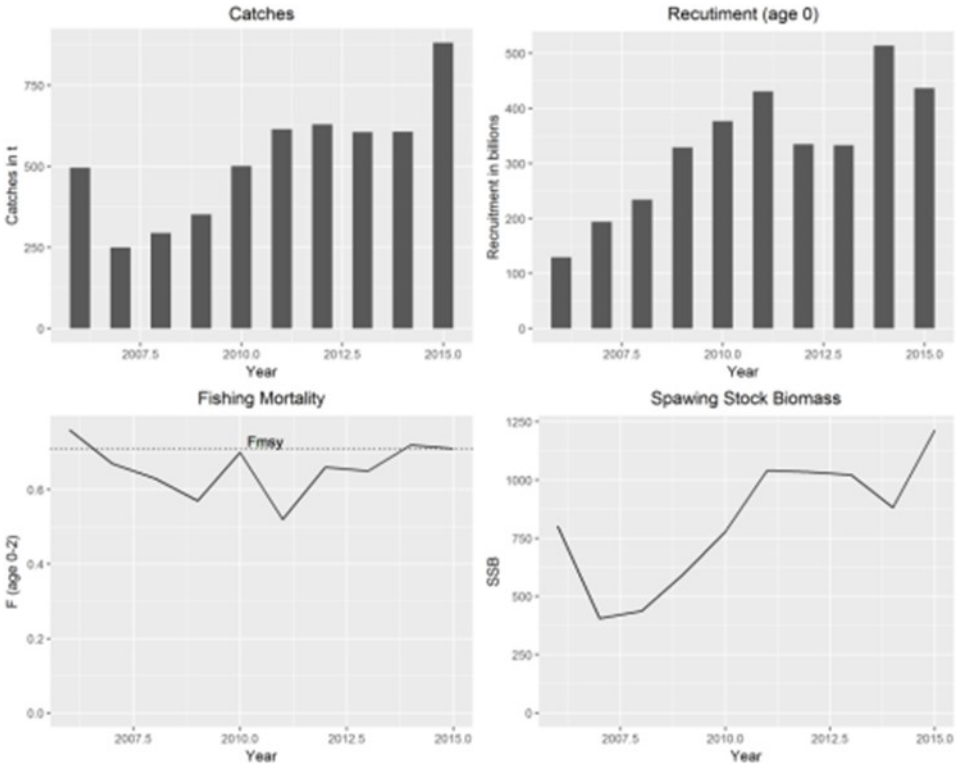


Source : CSTEP, 2017

Crevette rose ou blanche (*Parapenaeus longirostris*)

Le stock de crevettes roses de la GSA 09 semble être exploité de manière durable avec une biomasse relativement élevée (CGPM, 2017). La mortalité par pêche (F, fishing mortality) a été estimée légèrement en dessous de la valeur de référence, Fmsy = 0,71 (F/Fmsy = 0,97), bien qu'elle affiche une tendance à la hausse ces dernières années. Les captures (Catches) affichent une nette tendance à la hausse, tout comme le nombre de recrues (Recruitment (age 0)) et la biomasse des reproducteurs (SSB, Spawning Stock Biomass).

Figure 5-180 Crevette rose – GSA 09



Source : CGPM, 2017 ;

L'aquaculture italienne s'est développée comme une activité très diversifiée grâce à la grande diversité environnementale qui caractérise le territoire italien. La combinaison entre la gestion halieutique des lagunes côtières, nombreuses en Italie, et le potentiel des environnements permet à ce type d'élevage de jouer un rôle important dans les ressources économiques italiennes.

En fonction du type de gestion et de l'intensité des flux énergétiques impliqués, l'aquaculture est principalement divisée en aquaculture extensive, intensive et hyperintensive. L'aquaculture extensive se pratique généralement, mais pas nécessairement, sur des superficies assez vastes, dans des environnements où les poissons se nourrissent des produits de la chaîne alimentaire naturelle ; dans l'aquaculture intensive, la densité d'élevage est augmentée au-delà de la productivité naturelle du bassin d'élevage par l'administration d'aliments naturels (poissons ou céréales) ou d'aliments formulés, avec un renouvellement constant de l'eau qui dépend de la densité d'élevage et de la quantité d'aliments administrés ; dans l'aquaculture hyperintensive, la densité d'élevage et la quantité d'aliments nécessitent un renouvellement continu de l'eau avec des débits tels qu'ils évitent la sédimentation des solides (« système à courant » ou « raceways »).

En outre, il est important de souligner que, selon le type d'environnement dans lequel l'aquaculture est pratiquée, on distingue généralement la mariculture (en eau salée) et l'aquaculture continentale. La mariculture peut être pratiquée dans des installations de cages flottantes ou dans des installations côtières à terre. Ces

dernières peuvent être de type extensif, généralement dans des environnements lagunaires (valliculture), ou intensif et organisées en bassins avec un renouvellement forcé de l'eau. L'aquaculture continentale, en revanche, se pratique dans des systèmes de bassins terrestres avec un système de renouvellement de l'eau constamment surveillé.

L'aquaculture en Toscane peut se targuer d'avoir été l'un des pôles de production italiens les plus importants de ces dernières années, tant en termes de qualité que de quantité (plus de 20 % de la production nationale) (ARPAT, 2008). Le territoire toscan compte douze installations d'aquaculture marine dont la production représentait en 2009 73 % (3 550 tonnes) du total régional de poissons d'élevage (4 850 tonnes).

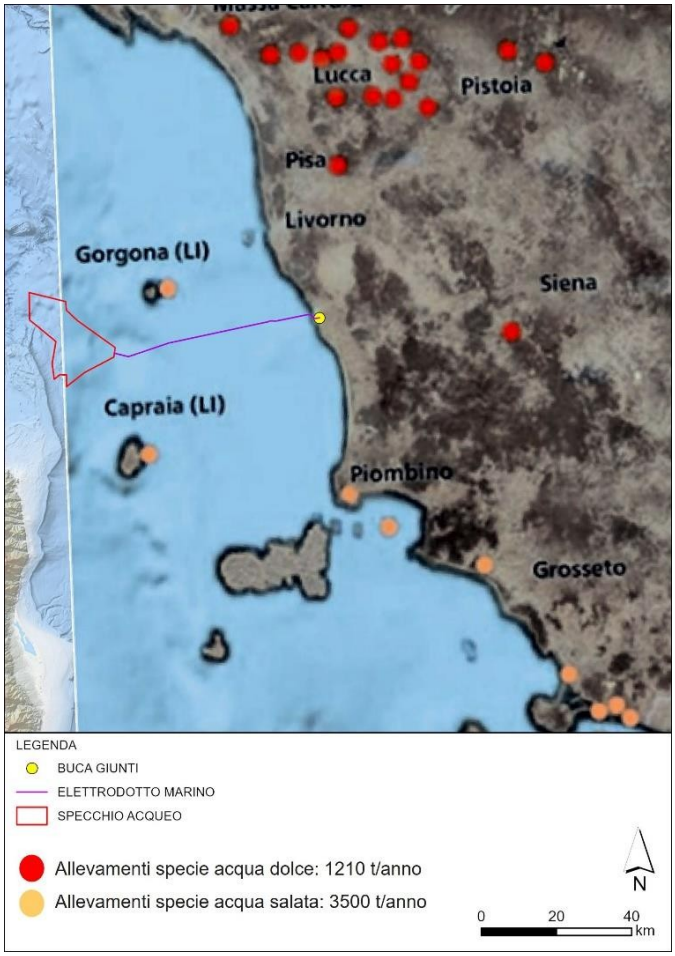
Dans le contexte de l'aquaculture italienne, la Toscane compte deux zones distinctes en fonction du type de produit et de la situation géographique : une zone côtière et une zone apennine. Les entreprises qui utilisent de l'eau de mer ou saumâtre sont toutes situées dans les provinces de Livourne et de Grosseto. Ces dernières années, les premières installations de mariculture ont vu le jour : dans le golfe de Follonica, la plus récente et la plus étendue, près de l'île de Capraia, sur l'île de Gorgona et le long des côtes du Monte Argentario. Dans les Apennins, la plupart des pisciculture sont situées dans le nord-est de la région, dans la province de Lucques. Les autres installations sont situées dans les provinces d'Arezzo et de Massa Carrara. Il existe une entreprise qui élève des poissons d'ornement (Figure 5-181).

Les installations côtières produisent de manière intensive des bars et des dorades qui, selon une enquête menée par l'ARSIA, représentent 97 % de la production. Trois entreprises élèvent également des ombrines (*Argyrosomus regius*) et une des soles (*Solea solea et Solea senegalensis*). La coopérative des pêcheurs de la lagune d'Orbetello constitue une exception, pratiquant un élevage intégré de dorades, qu'elle élève de manière intensive jusqu'à 100-150 g, dans des bassins en filet dans une zone circonscrite de la lagune, puis les relâche dans celle-ci où l'on passe à un véritable élevage extensif comparable à la valliculture. Il existe quatre nurseries pour la reproduction des bars et des dorades, deux à des fins commerciales et les autres à usage exclusivement professionnel.

Les élevages en eaux intérieures, principalement familiaux, sont tous de type intensif, consacrés à la truite fario (*Salmo trutta*) et à la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*) et, dans une moindre mesure, à quelques autres espèces. La plupart des exploitations d'eau douce vendent leur production à des étangs de pêche sportive, certaines en destinent une partie à la consommation alimentaire et au repeuplement des cours d'eau. Une seule exploitation produit uniquement à des fins de repeuplement.

Il convient de signaler les recherches menées ces dernières années et financées par la région Toscane sur de nouvelles espèces
élevables, telles que le poulpe, la sériole, la sole et l'ombrine à bouche d'or.

Figure 5-181 Localisation géographique des installations aquacoles en Toscane



Source : ARPAT, 2008

5.15.5 Trafic maritime

Le système portuaire toscan est composé des trois principaux ports de Livourne, Piombino et Marina di Carrara. Les ports les plus importants de la zone élargie ont déjà été traités au paragraphe 5.15.1 .

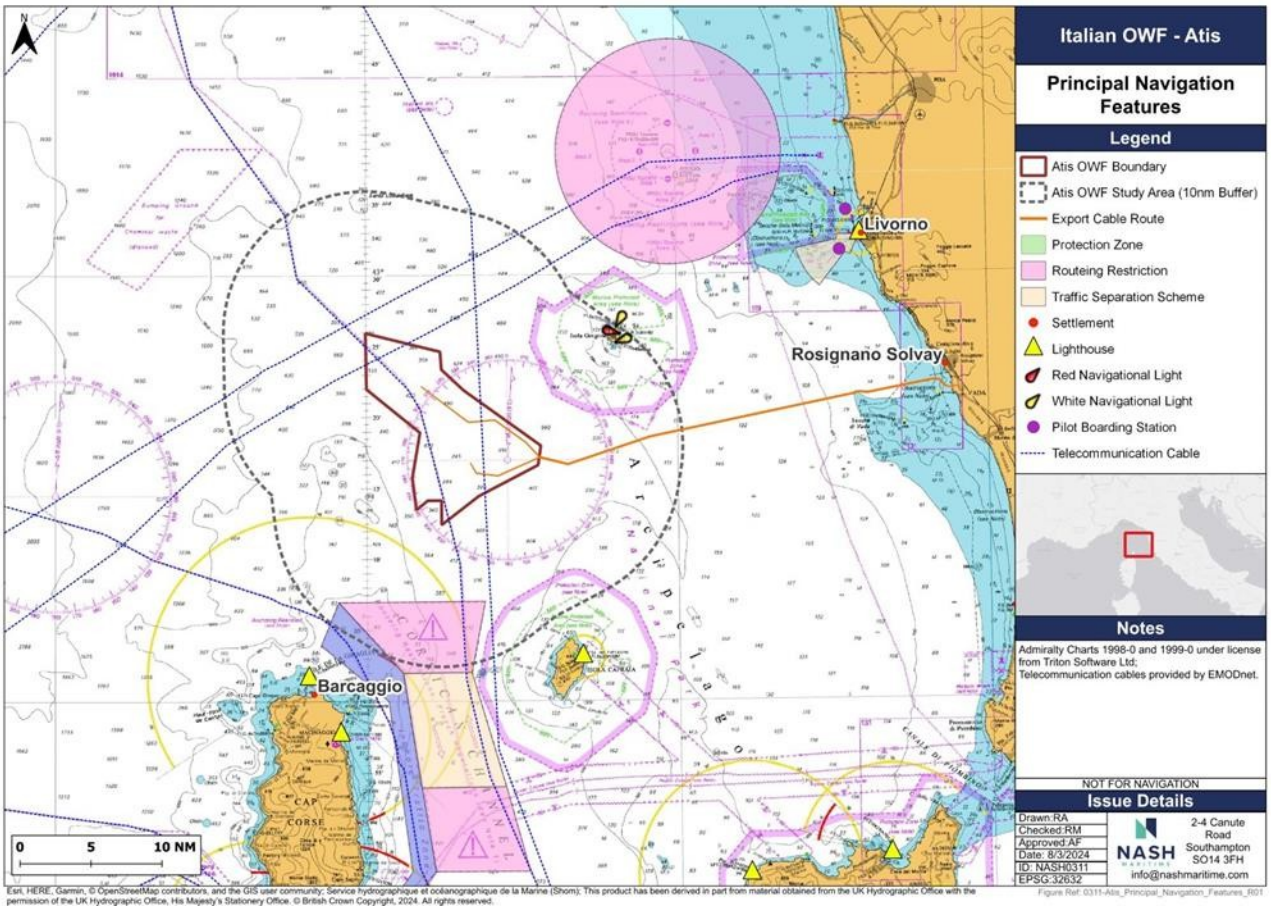
La zone du projet se trouve dans une zone de navigation qui comprend à la fois les eaux italiennes et françaises. Les autorités chargées d'assurer la sécurité de la navigation sont respectivement la Garde côtière et la Direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture (DGAMPA) pour l'Italie et la France.

Les ports les plus proches de la zone du projet sont le port de l'île de Gorgona (10 nm), le port de Livourne (27 nm), le port de Piombino (39 nm), le port de Portoferraio (37 nm), le port de Bastia et le port de Toga (tous deux à 31 nm). En ce qui concerne la zone d'accostage, le port le plus proche est celui de Livourne, situé à environ 30 km.

Dans la partie sud-ouest de la zone du projet se trouve la zone de précaution (en rose « Routeing Restriction ») qui indique l'emplacement où les navires transitent par le dispositif de séparation du trafic (DST)

(TSS) du canal de Corse. Les restrictions en vigueur pour la zone de précaution se réfèrent à la réglementation française qui stipule que les navires de plus de 1 600 tonnes de jauge brute (GT) transportant des hydrocarbures ou des cargaisons dangereuses doivent rester à au moins sept milles marins de la côte corse (sauf à l'intérieur du TSS du canal de Corse et des zones de précaution) (Figure 5-182).

Figure 5-182 Principales caractéristiques de navigation



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

Pour obtenir une vue détaillée du trafic maritime dans la zone, veuillez vous reporter au « Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00) ».

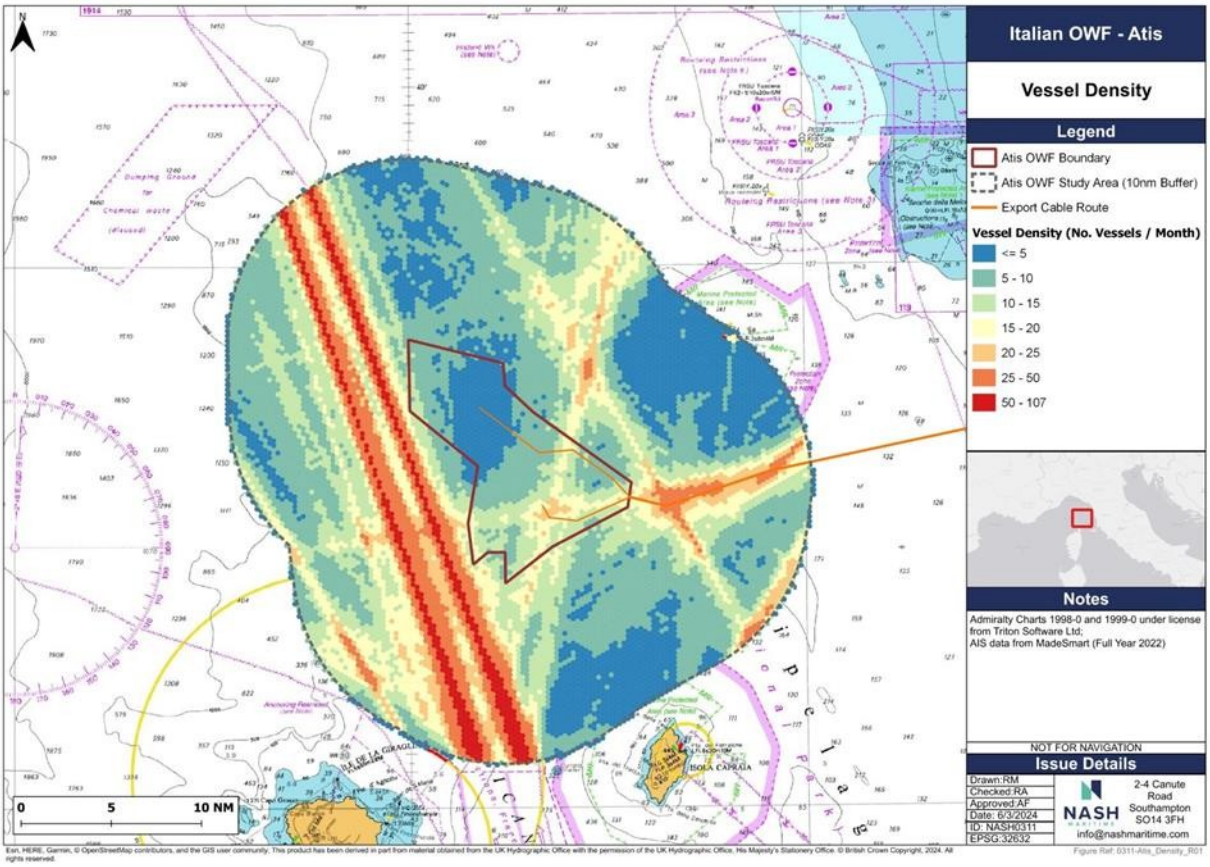
Les données sur le trafic maritime ont été tirées de deux sources et utilisées pour déterminer l'activité navale dans la zone étudiée :

- Données du système d'identification automatique (AIS) 2022 pour la zone du projet ;
- Réseau européen d'observation et de données marines (EMODnet, 2022) : grilles de densité des bateaux par saison pour la zone du projet.

Les données ont été collectées sur une période de 12 mois (du 01/12/2022 au 31/12/2022) selon les dernières données de la source MadeSmart Group, en tenant compte de la variabilité saisonnière et temporelle ainsi que du type et de la taille des bateaux.

La figure 5-183 donne un aperçu de la densité du trafic maritime dans la zone du projet.

Figure 5-183 Densité du trafic maritime dans la zone du projet

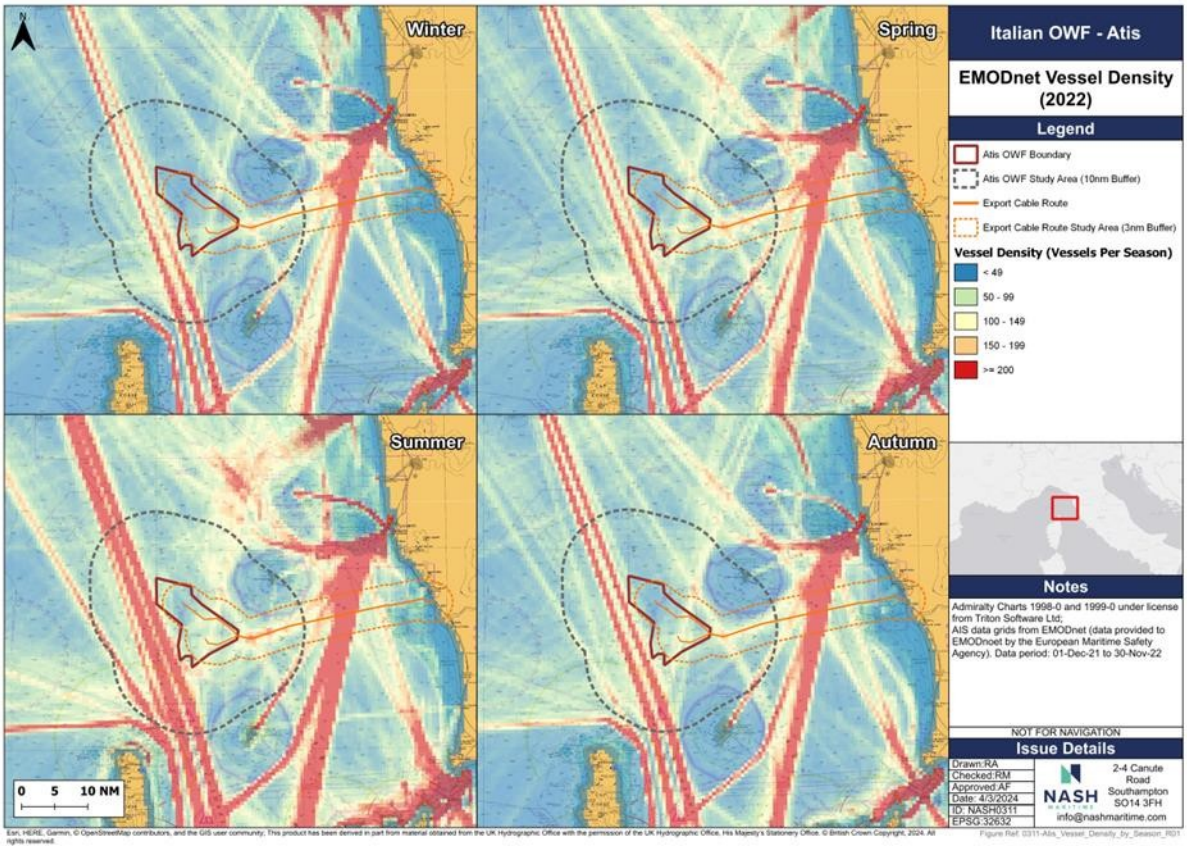


Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

5.15.5.1 Trafic maritime par saison

En observant la densité du trafic maritime dans la zone d'étude en fonction des saisons, on ne constate pas de variations significatives d'une saison à l'autre. La densité des routes est constante entre l'hiver, le printemps et l'automne. Pendant l'été, on observe une fréquence plus élevée de navires transitant dans le sens nord/sud à travers le canal de Corse TSS à l'ouest de la zone du projet, en raison de l'augmentation des services de croisière et de ferry (Figure 5-184).

Figure 5-184 Trafic maritime par saison

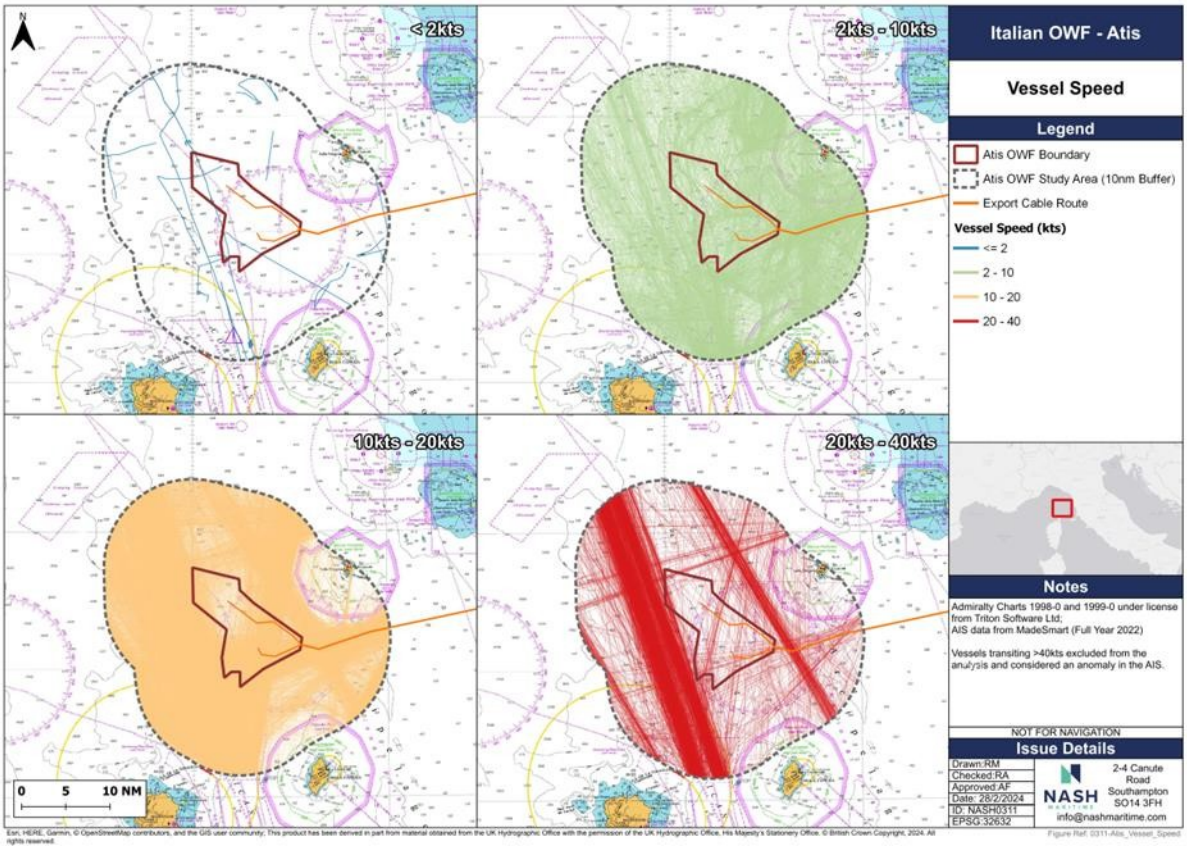


Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

5.15.5.2 Trafic maritime par vitesse

La vitesse la plus fréquente des bateaux traversant la zone est de 2 à 10 nœuds et de 10 à 20 nœuds (Kts), qui sont les vitesses auxquelles naviguent les petits bateaux pour les premiers et la plupart des bateaux commerciaux lors du passage entre les ports pour les seconds. De plus, en raison de la profondeur de l'eau dans la zone étudiée, le mouillage ne serait pas possible (figure 5-185).

Figure 5-185 Trafic maritime par vitesse

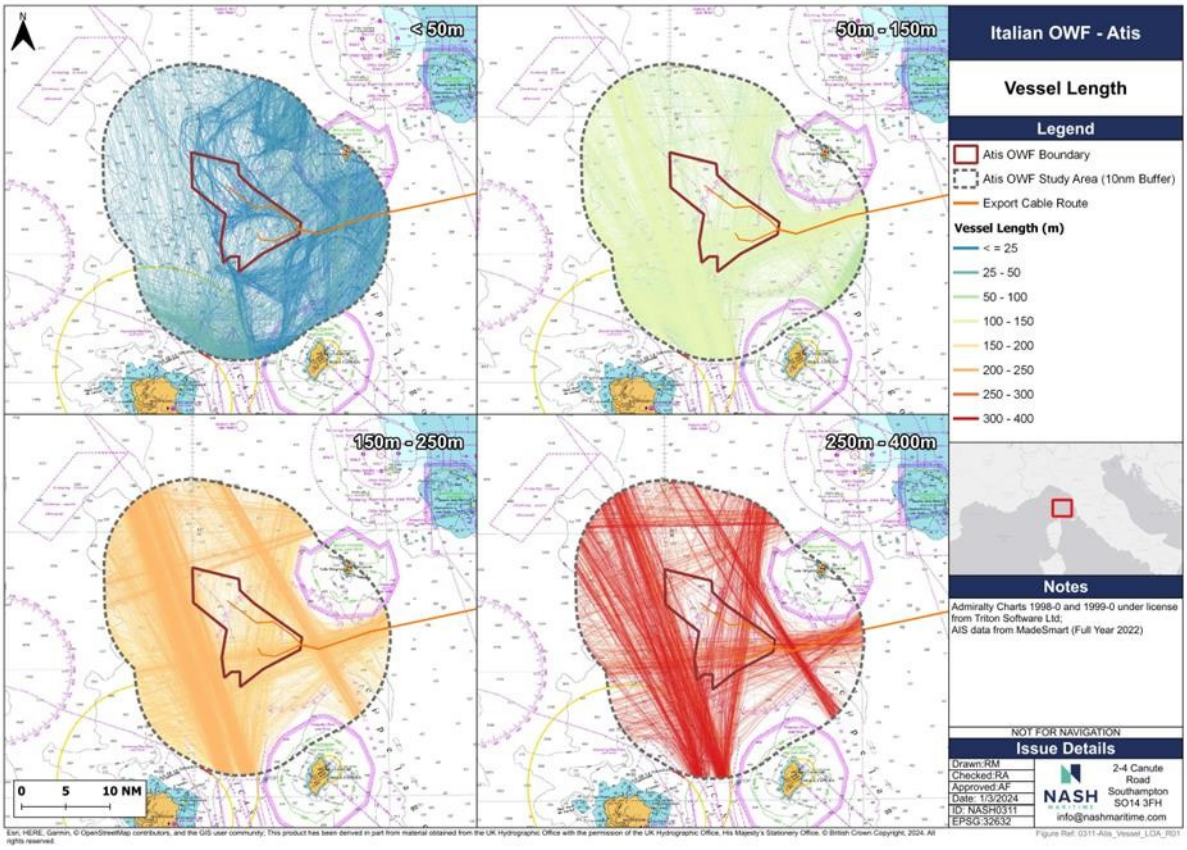


Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

5.15.5.3 Trafic maritime par taille

Les bateaux de moins de 50 mètres naviguent plus près des côtes, en particulier autour des îles Capraia et Gorgona. Il s'agit principalement de bateaux de plaisance et de pêche. La taille la plus courante des navires est comprise entre 150 et 200 mètres, avec 1 186 navires transitant dans la zone du projet. Il s'agit principalement de navires-citernes, de cargos et de navires à passagers qui opèrent sur les principales routes de la région, généralement en transit entre les plus grands ports commerciaux (figure 5-186).

Figure 5-186 Trafic maritime par taille

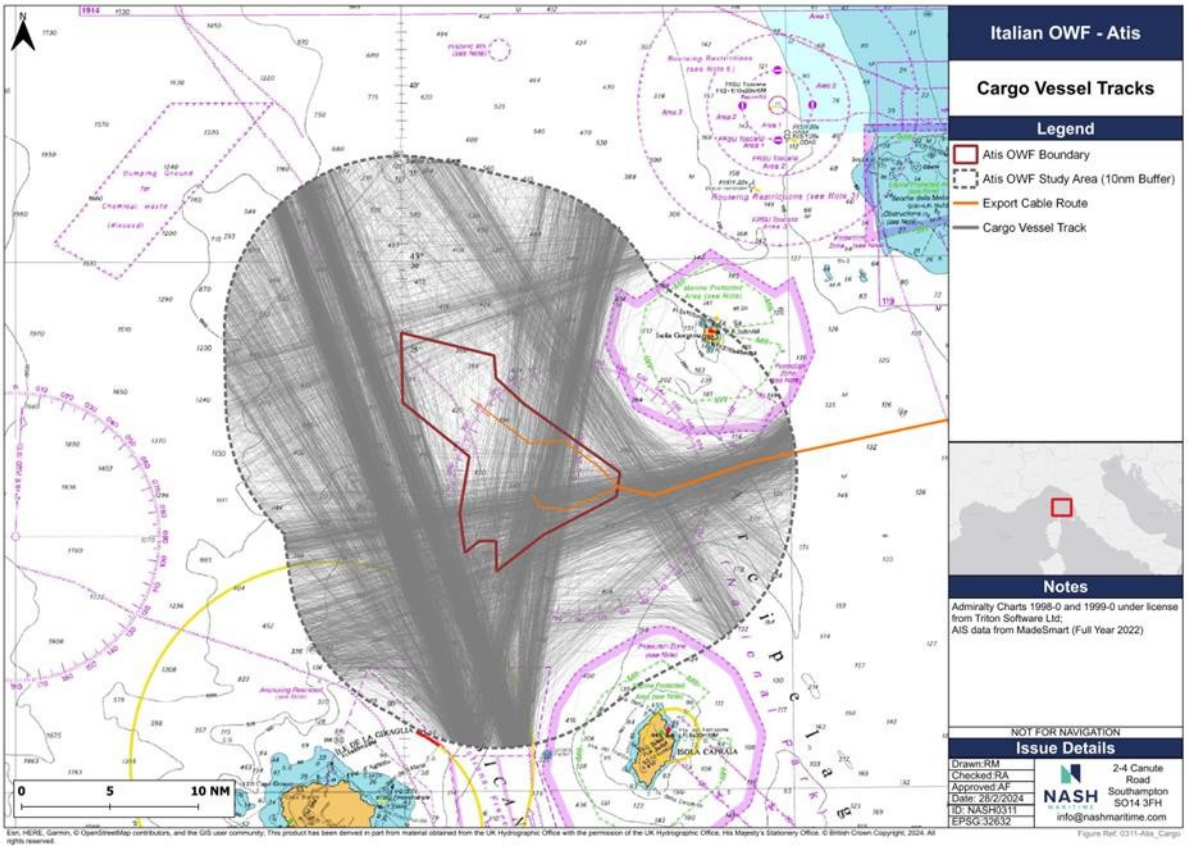


Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

5.15.5.4 Trafic maritime par type de navire

Les navires de marchandises, tels que les porte-conteneurs, ont pour principales routes de transport de marchandises dans la zone du projet un trafic qui emprunte la route est/ouest à l'entrée/sortie du port de Livourne et une route nord/est/sud/ouest alignée sur le port de La Spezia et le canal de Corse TSS. Le nombre moyen de navires transitant chaque mois sur ces routes est de 72 (2 par jour). Au total, 688 navires de charge uniques ont transité dans la zone d'étude. 2 027 navires de charge transitent dans la zone du projet (Figure 5-187).

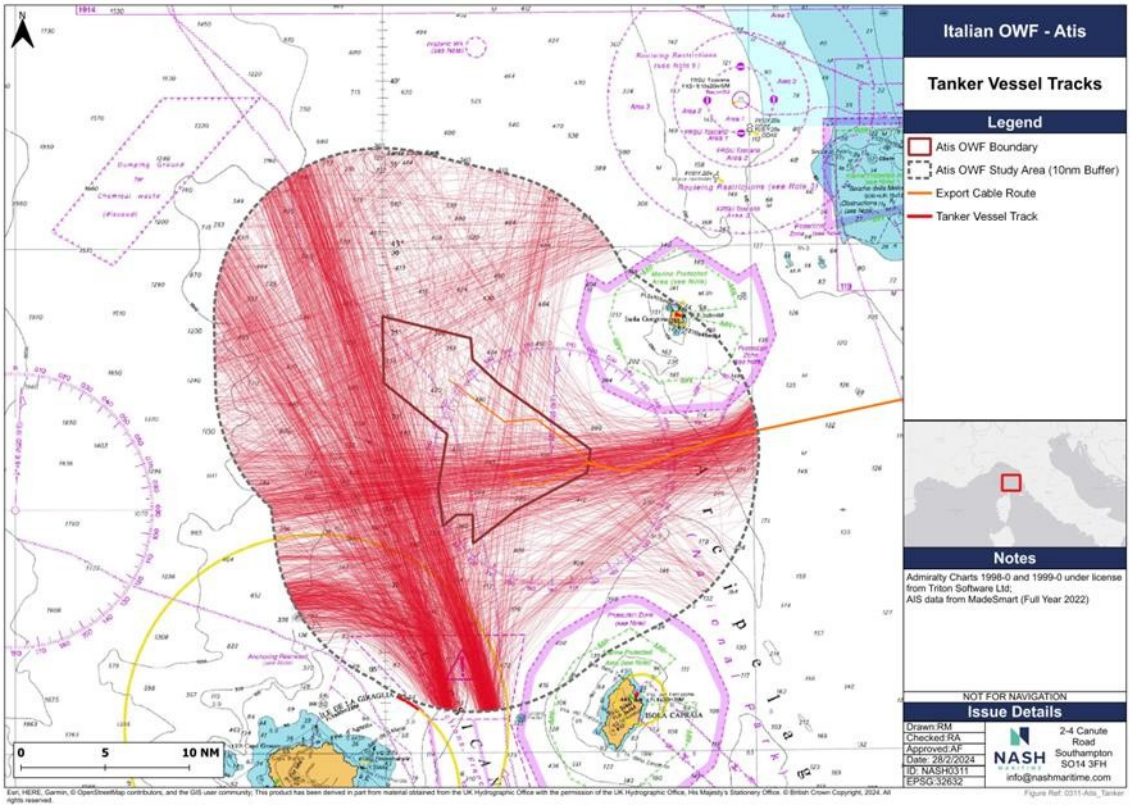
Figure 5-187 Trafic maritime par type de navire



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

Les pétroliers sont des navires commerciaux qui transportent des cargaisons liquides, telles que du pétrole et des produits chimiques. Les principales routes des pétroliers se trouvent à l'ouest de la zone du projet, en ligne avec le canal de Corse TSS et la côte nord-ouest de l'Italie, avec 58 transits par mois ou 2 par jour, et à l'est/ouest, à l'entrée/sortie du port de Livourne, dans une zone plus au sud de la zone du projet, avec 25 transits par mois ou moins de 1 par jour (Figure 5-188).

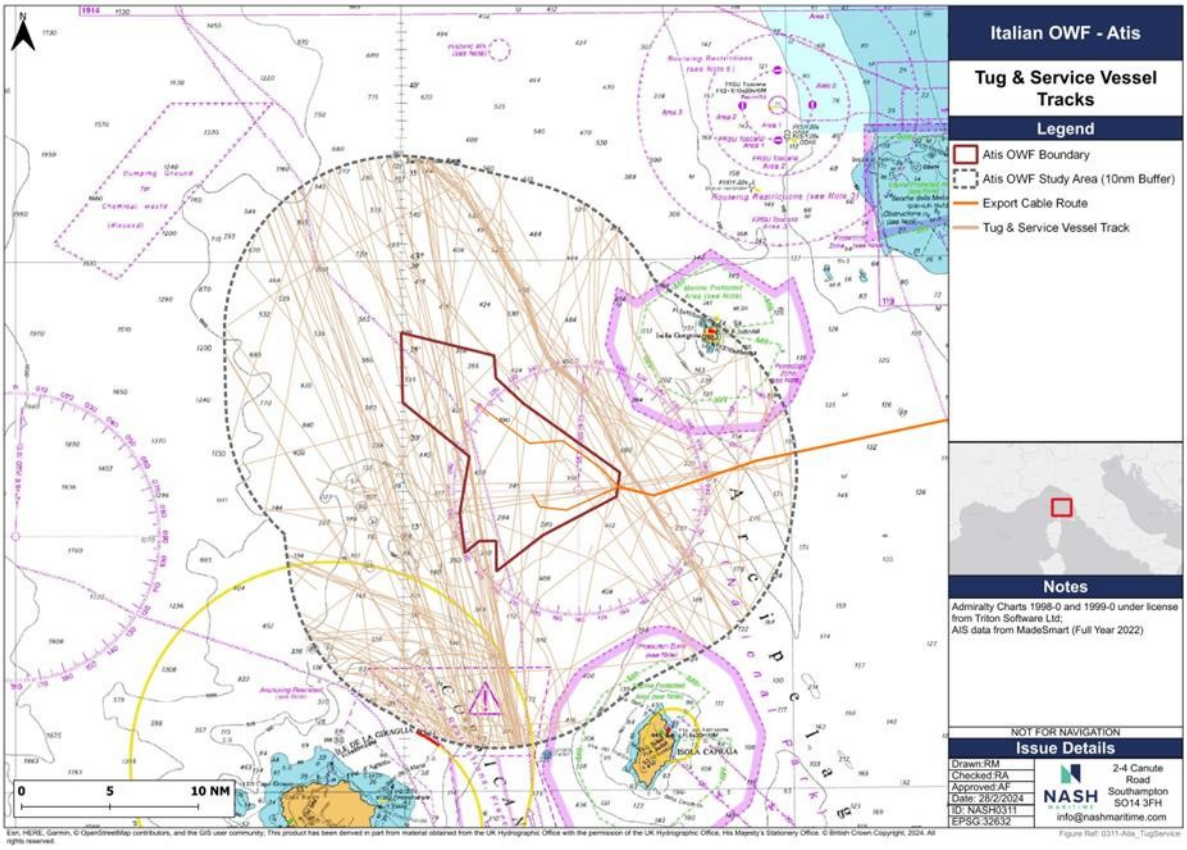
Figure 5-188 Trafic maritime des pétroliers



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

Les remorqueurs/bateaux de service ont une activité faible dans la zone du projet, avec un total de 192 traces enregistrées en 2022. Quinze transits de remorqueurs et de navires de service ont été observés, traversant le canal de Corse TSS en direction du nord et la zone ouest du projet. L'activité des remorqueurs/bateaux de service a également été enregistrée à l'est de la zone du projet, avec des bateaux passant au nord-ouest/sud-est à moins de 0,5 mille nautique de la zone du projet (8 transits en 2022). Il a été observé qu'il s'agissait de bateaux engagés dans des opérations de détection/recherche (figure 5-189).

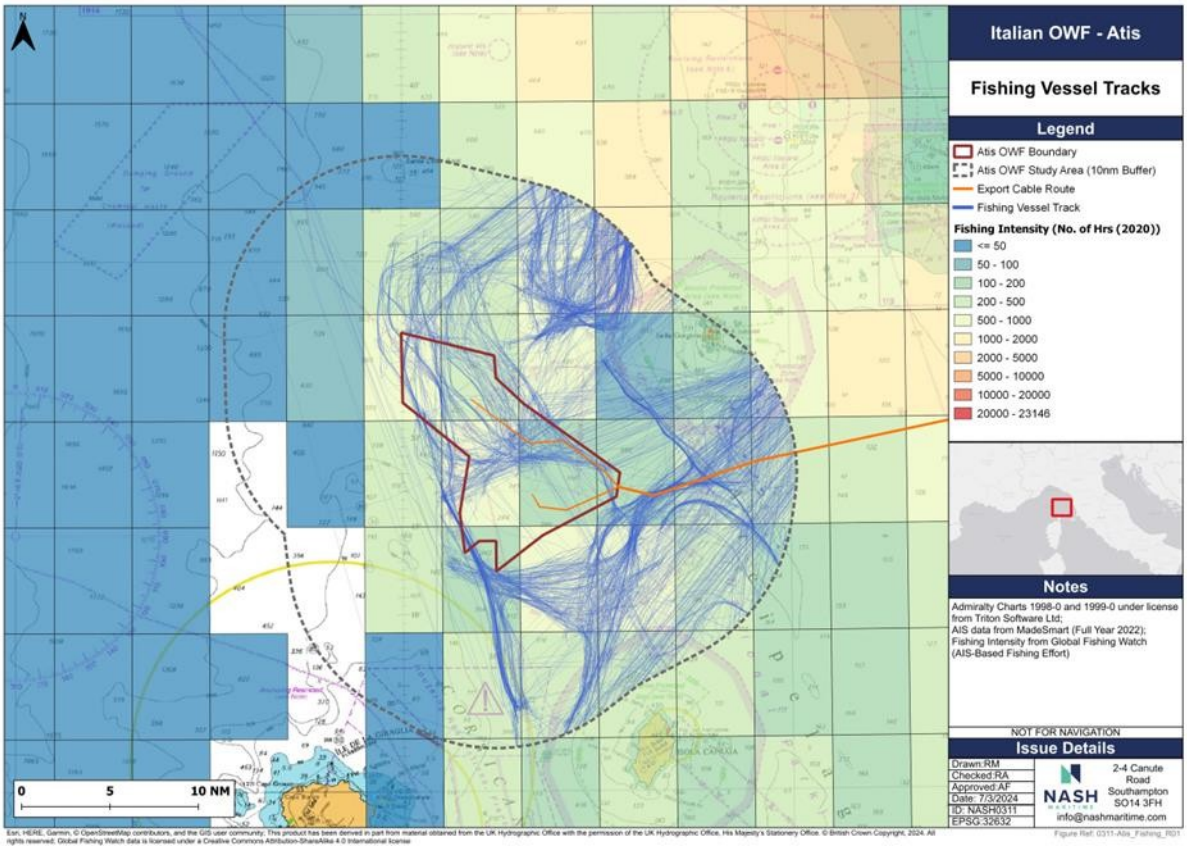
Figure 5-189 Trafic maritime des remorqueurs et des bateaux de service



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

L'activité des navires de pêche a été observée principalement dans la moitié orientale du projet, à l'est de la TSS du canal de Corse et de la frontière de la zone économique exclusive (ZEE) France/Italie. Les navires de pêche semblent être engagés dans des activités de pêche au centre du projet et aux extrémités nord-est, sud et sud-est de la zone d'étude. Au cours de la période d'observation, 261 traces individuelles de 13 navires de pêche ont été détectées dans la zone du projet, mais il pourrait y avoir d'autres activités de navires de pêche plus petits qui ne sont pas représentées dans l'analyse (figure 5-190).

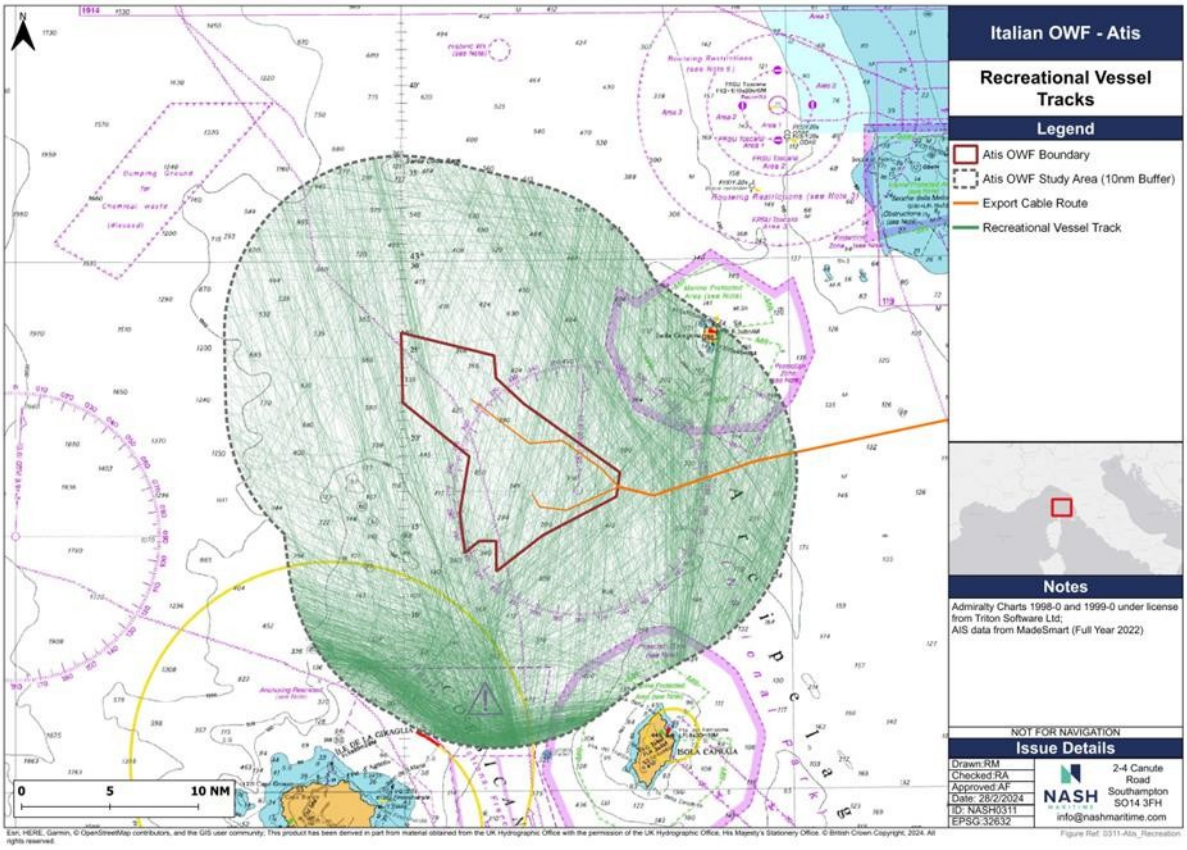
Figure 5-190 Trafic maritime des bateaux de pêche



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

Les bateaux de plaisance transitent principalement dans la partie sud de la zone d'étude, autour de la côte corse. On observe également des transits entre le cap Corse et l'île de Capraia, et entre l'île de Capraia et l'île de Gorgona. Au total, 452 traces de bateaux de plaisance provenant de 326 bateaux uniques ont été enregistrées dans la zone du projet (Figure 5-191).

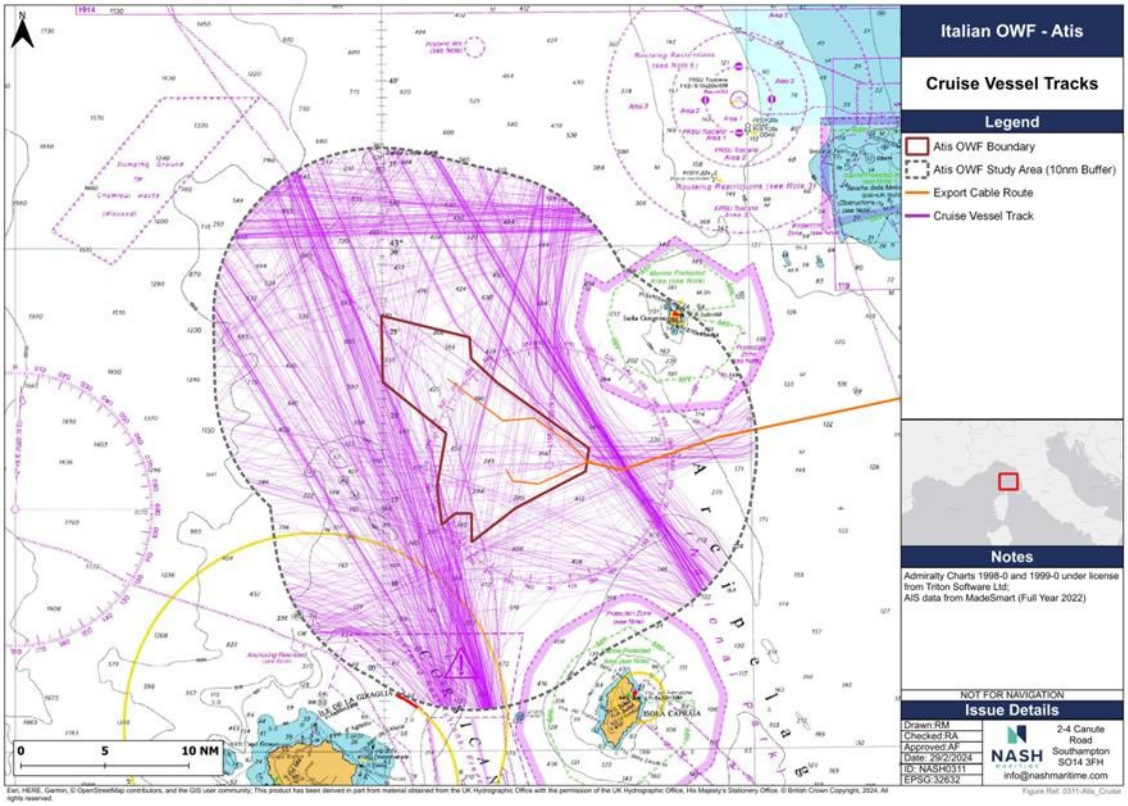
Figure 5-191 Trafic maritime des bateaux de plaisance



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

Les navires de croisière empruntent des routes passant à l'est et à l'ouest de la zone du projet, avec une orientation nord-ouest/sud-est, à destination et en provenance de ports tels que Gênes, Naples, Livourne, Civitavecchia, La Spezia, Savone, Portoferraio et Portofino. Une route est/ouest passe à environ 5 nm au nord de la zone du projet, avec des navires arrivant/partant du port de Livourne vers/depuis des destinations en Italie et en France. Au total, 233 transits de 56 navires de croisière uniques ont été enregistrés dans la zone du projet. Parmi ceux-ci, 32 % avaient une taille comprise entre 250 m et 300 m (figure 5-192).

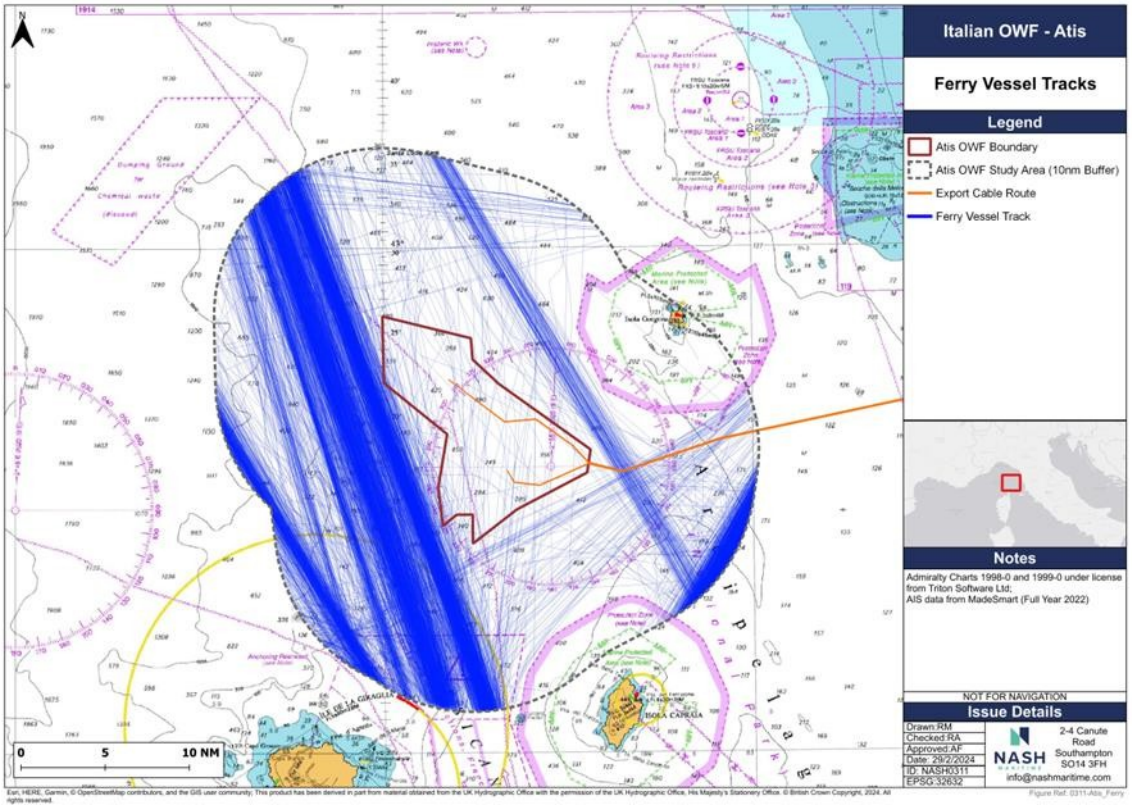
Figure 5-192 Trafic maritime de croisière



Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

Les ferries empruntent des routes passant à l'est et à l'ouest de la zone du projet. Une moyenne de 75 transits par mois (2 à 3 par jour) a été enregistrée. Au sud-est de la zone d'étude, il existe une route de ferry qui relie Livourne à l'île de Capraia. Le service de ferry est géré par Toremar avec une moyenne d'un trajet par jour (Figure 5-193).

Figure 5-193 Trafic maritime des ferries



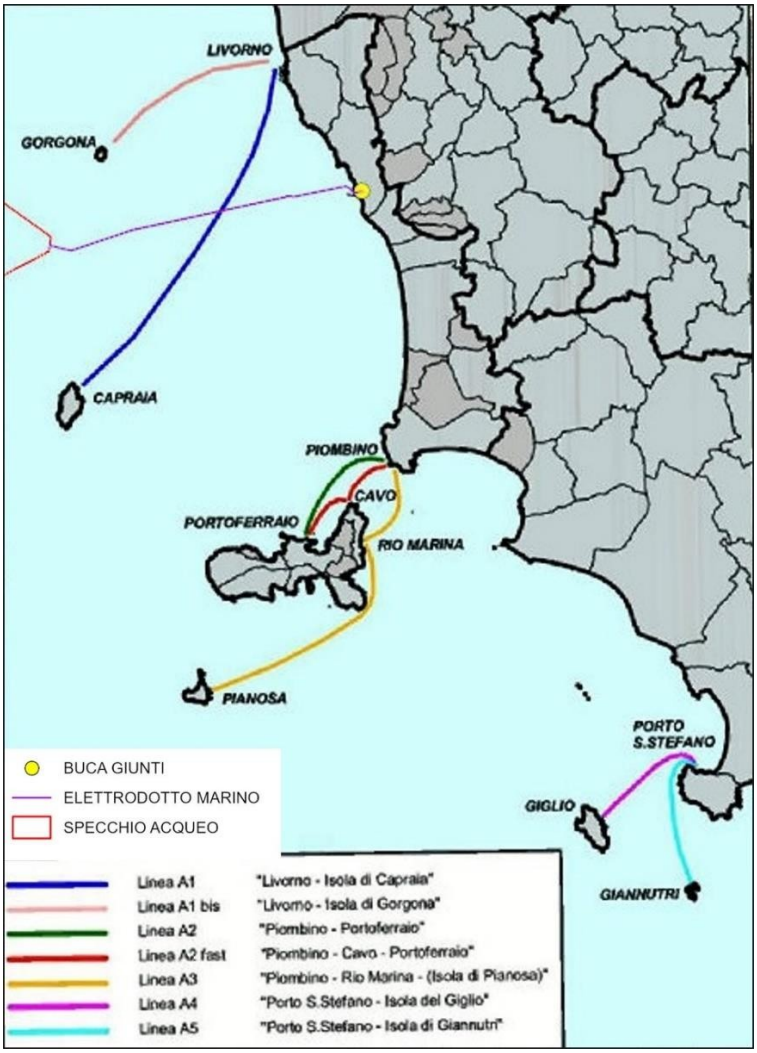
Source : Rapport sur le trafic maritime et l'évaluation des impacts sur la navigation (ATI-AMB-VIA-TRFMAR-R08-00)

En outre, les liaisons maritimes garantissant la continuité territoriale avec l'archipel toscan sont organisées sur 7 lignes[71] :

- Ligne A1 « Livourne – Île de Capraia » ;
- Ligne A1 Bis « Livourne – Île de Gorgona » ;
- Ligne A2 « Portoferraio – Piombino » ;
- Ligne A2 Fast « Portoferraio – Cavo – Piombino » (liaison rapide) ;
- Ligne A3 « Piombino – Rio Marina – Île de Pianosa » ;
- Ligne A4 « Île du Giglio - Porto S. Stefano » ;
- Ligne A5 « Porto Santo Stefano – Île de Giannutri ».

71 **https://www.regione.toscana.it/traghetti**, (2024)

Figure 5-194 Lignes de liaison maritime dans la région Toscane



Source : https://www.regione.toscana.it/traghetti, 2019

5.15.6 Tourisme

Au cours de l'année 2023, la Toscane a connu une évolution positive en termes d'arrivées et de présences touristiques. Une augmentation constante a été observée depuis le début de l'année jusqu'à la saison estivale, avec un pic maximal d'arrivées en juin, juillet et août, suivi d'une baisse pendant les mois d'hiver. L'année 2023 a confirmé et amplifié la tendance de 2022, avec une augmentation moyenne des arrivées de 21 %. Cependant, les différences significatives entre les arrivées et les présences pendant la haute saison suggèrent que la destination est caractérisée par un tourisme saisonnier prononcé (Figure 5-195).

Figure 5-195 Arrivées et nuitées en Toscane 2022/2023

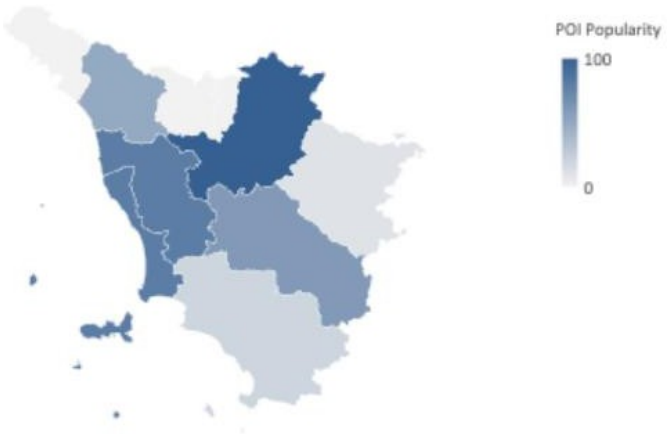


Source : OTR Toscane, 2024

Plus précisément, le tourisme intérieur a enregistré des pics en avril, août et décembre, avec une augmentation des arrivées (+3,09 %) et des nuitées (+3,32 %) par rapport à 2022, et une augmentation notable en janvier. Cependant, de mai à octobre, on a observé une diminution par rapport à l'année précédente. Le tourisme international a connu une croissance significative (+56 % d'arrivées, +42 % de présences), avec une tendance constante depuis avril et un pic en juillet, enregistrant des augmentations surtout au cours du premier trimestre et du trimestre estival. Les arrivées internationales en 2023 montrent que les provenances des arrivées et des nuitées sont en grande partie américaines (16,1 % et 14,7 %), suivies par les Allemands (12,3 % et 18,6 %) et les Français (6,9 % et 6,2 %).

La carte suivante (figure 5-196) montre la répartition annuelle moyenne des points d'intérêt (POI) par province dans les secteurs de l'hébergement, des locations de courte durée, des attractions et de la restauration. Florence a la plus forte densité de POI (69 %), suivie de Pise, Sienne et Livourne.

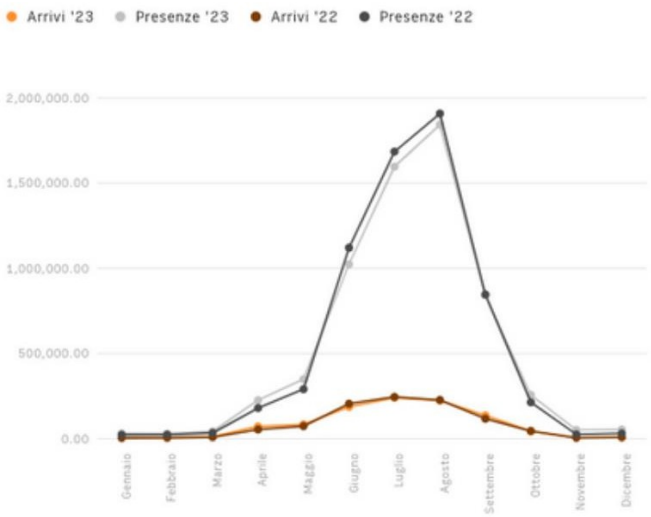
Figure 5-196 Répartition annuelle moyenne des points d'intérêt par province



Source : OTR Toscane, 2024

En ce qui concerne la Côte des Étrusques, la tendance des arrivées et des présences est identique à celle de l'année précédente. On a constaté une augmentation des présences en avril et mai, mais une diminution pendant le trimestre estival.

Figure 5-197 Présences et arrivées sur la Côte des Étrusques 2022/2023



Source : OTR Toscane, 2024

Enfin, les chiffres des arrivées et des présences pour l'année 2022 sont présentés ci-dessous, ventilés par établissement d'hébergement
territoire de Livourne.

Tableau 5-57 Mouvements touristiques dans les établissements d'hébergement de la province de Livourne (2022)

Type d'établissement	Arrivées	Présences
Établissements hôteliers	716535	2731850
Hôtels 5 étoiles, 5 étoiles luxe et 4 étoiles	259517	915670
Hôtels 3 étoiles et résidences hôtelières	400126	1638576
Hôtels 2 étoiles et hôtels 1 étoile	56892	177604
Établissements extra-hôteliers	946410	6724773
Campings et villages touristiques	640721	5041744
Logements locatifs gérés sous forme d'entreprise	179747	1078418
Gîtes ruraux	99691	478 945
Chambres d'hôtes	8641	20401
Autres établissements d'hébergement	17610	105265
Total des établissements d'hébergement	1662945	9456623

Source : Istat, 2024

5.15.7 Énergie

La composante Énergie décrit la production d'énergie à partir des différentes sources disponibles et la consommation d'énergie. En l'absence de données spécifiques sur l'énergie pour la zone du projet et compte tenu des caractéristiques de la zone onshore du projet et de l'étendue du projet, les dernières données fournies par le bureau statistique de Terna[72] ont permis de reconstituer et de retravailler la demande énergétique en Italie et dans la région de Toscane.

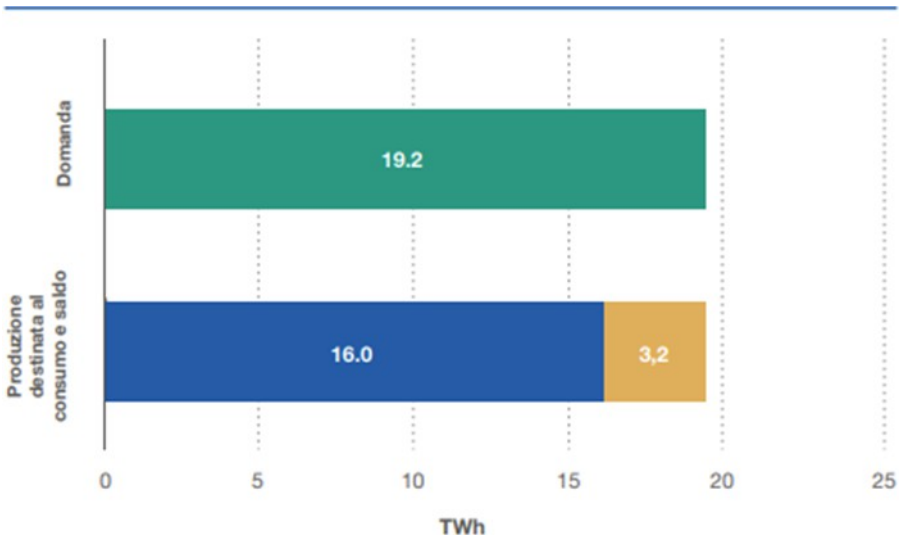
La demande en électricité en Italie en 2022 s'est élevée à 315 TWh, soit une baisse de 1,5 % par rapport à l'année précédente. La production nationale a couvert 86,4 % des besoins, tandis que les 13,6 % restants ont été importés. Les régions qui ont enregistré la plus forte baisse de consommation sont la Lombardie et la Vénétie, tandis que la Sicile et la Campanie ont enregistré des hausses. Les sources thermoélectriques non renouvelables ont couvert 63,9 % de la production, tandis que parmi les sources renouvelables, le photovoltaïque a enregistré un record historique,

72 https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche, (2022)

qui a totalisé en 2022 une hausse de 12,3 % par rapport à 2021. À l'inverse, la production hydroélectrique a atteint un niveau historiquement bas et les autres sources renouvelables ont enregistré une baisse. Au cours de l'année 2023, la consommation électrique italienne a diminué de 2,8 % par rapport à 2022, s'établissant à 306,1 milliards de kWh.

En ce qui concerne la situation de l'électricité en Toscane, la figure 5-198 montre qu'en 2022, la demande (19,2 TWh) a dépassé la production (16,0 TWh) et l'acquisition d'électricité provenant d'autres régions (3,2 TWh). En 2023, la consommation totale d'électricité passera de 18 616,9 GWh en 2022 à 18 072,4 GWh, soit une baisse d'environ 2,9 % (Terna, Publications statistiques, Consommation 2023).

Figure 5-198 Structure de la demande et de la production d'énergie en Toscane – Année 2020



Source : Statistiques régionales – Toscane, 2021

En particulier, en 2022, la production nette provenait principalement des sources thermiques (8,3 TWh) et géothermiques (5,4 TWh) (Figure 5-199), tandis que la consommation était principalement répartie entre les industries et les services.

Du point de vue de la production d'énergie à partir d'installations FER, les données enregistrées en 2023 sont positives, celles-ci ayant couvert au total 36,8 % de la demande nationale, contre 31 % en 2022 (Terna, communiqué de presse du 22/01/2024). Pour la Toscane, les données les plus récentes concernent l'année 2021, pour laquelle le GSE indique une part totale de production d'énergie couverte par des sources renouvelables égale à 8 531 GWh (site web du GSE).

Figure 5-199 Bilan régional de la Toscane – Année 2022

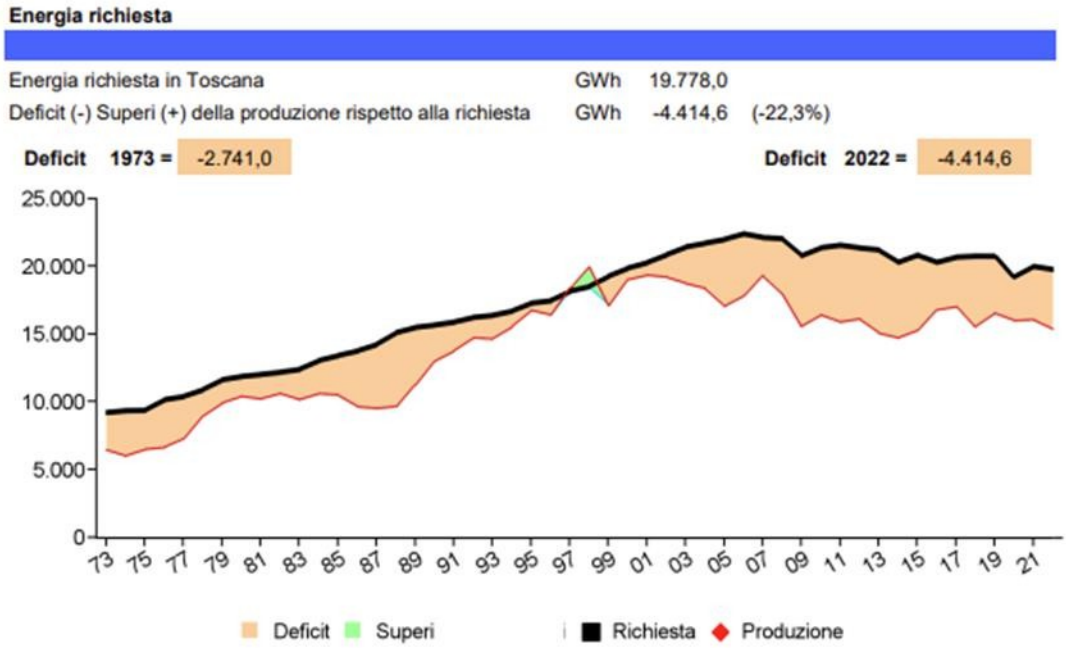
Bilancio dell'energia elettrica

GWh				2022
		Operatori del mercato elettrico [2]	Autoproduttori	Toscana
Produzione lorda				
- idroelettrica		359,0	2,0	361,1
- termoelettrica tradizionale		6.711,7	1.795,0	8.506,7
- geotermoelettrica		5.836,9	-	5.836,9
- eolica		245,3	0,0	245,3
- fotovoltaica		1.066,7	-	1.066,7
Totale produzione lorda		**14.219,7**	**1.797,1**	**16.016,7**
		-	-	-
Servizi ausiliari della Produzione		**577,9**	**75,5**	**653,4**
		=	=	=
Produzione netta				
- idroelettrica		353,5	2,0	355,5
- termoelettrica tradizionale		6.542,6	1.719,5	8.262,1
- geotermoelettrica		5.449,3	-	5.449,3
- eolica		243,3	0,0	243,3
- fotovoltaica		1.053,0	-	1.053,0
Totale produzione netta		**13.641,8**	**1.721,6**	**15.363,3**
		-	-	-
Energia destinata ai pompaggi		-	-	-
		=	=	=
Produzione destinata al consumo		**13.641,8**	**1.721,6**	**15.363,3**
		+	+	+
Cessioni degli Autoproduttori agli Operatori		**+170,9**	**-170,9**	-
		+	+	+
Saldo import/export con l'estero		**-171,3**	-	**-171,3**
		+	+	+
Saldo con le altre regioni		**+4.585,9**	-	**+4.585,9**
		=	=	=
Energia richiesta		**18.227,3**	**1.550,6**	**19.778,0**
		-	-	-
Perdite		**1.160,9**	**0,3**	**1.161,1**
		=	=	=
Consumi	Autoconsumo	642,0	1.550,4	2.192,3
	Mercato libero [3]	15.130,1	-	15.130,1
	Mercato tutelato	1.294,5	-	1.294,5
	Totale Consumi	**17.066,5**	**1.550,4**	**18.616,9**

Source : Terna, 2024

Si l'on examine l'évolution historique, de 1973 à 2022, on constate dès le début une tendance à une demande supérieure à la production d'énergie, à l'exception de 1997, où la production d'énergie est supérieure à la demande, avant de revenir à un déficit, avec une tendance jamais constante (Figure 5-200).

Figure 5-200 Demande énergétique dans la région Toscane.



Source : Terna, 2024

Bibliographie

Aliani, S., Bianchi, C.N., Morri, C. (1995) The use of nontaxonomic descriptors for reef valuation: an example from The Maldives (Indian Ocean). International Society for Reef Studies European Meeting Newcastle-upon-Tyne, UK: 13

Andaloro F., Pucillo A., Ferrone, R. (2022). La pêche dans le medwind. Impact socio-économique du futur parc éolien sur la pêche sicilienne

Angeletti, L., Castellan, G., Montagna, P., Remia, A., & Taviani, M. (2020). La « province corallienne d'eau froide du canal de Corse » (mer Méditerranée). Frontiers in Marine Science, 7, 661.

Angelici, F.M., Laurenti, A., Nappi, A. (2009) LISTE DES MAMMIFÈRES DES PETITES ÎLES ITALIENNES
Université de Tuscia, Département des sciences environnementales, largo dell'Università s.n.c

ARPA Toscana (2024), Rapport annuel sur l'état de la qualité de l'air en Toscane en 2023

Arrigoni, P.V., Menicagli, E., (1999). Carte de la végétation forestière – Région Toscane. Groupe de recherche des universités de Florence, Pise et Sienne, collecte de données sur le terrain.

Astraldi, M., Gasparini, G.P., 1994. Les caractéristiques saisonnières de la circulation dans la mer Tyrrhénienne. Dans : La Violette, P.E. (Ed.), La variabilité saisonnière et interannuelle de la mer Méditerranée occidentale. Études côtières et estuariennes, vol. 46. AGU, WA, pp. 115-134.

Atlas des amphibiens et des reptiles de Toscane I. Vanni, Stefano II. Nistri, Annamaria III. Université de Florence. Musée d'histoire naturelle. Section de zoologie La Specola IV. Toscane. Direction générale des politiques territoriales et environnementales 1. Amphibiens et reptiles – Toscane – Atlas 597.809455 597.909455

Azzellino, S. Gaspari, S. Airoldi, B. Nani, Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea, Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, Volume 55, Issue 3, 2008, Pages 296-323, ISSN 0967-0637, https://doi.org/10.1016/j.dsr.2007.11.006.

Bearzi, G., Reeves, R. R., NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. I. U. S. E. P. P. E., Politi, E., Canadas, A. N. A.,
Frantzis, A., & Mussi, B. (2003). Écologie, statut et conservation des dauphins communs à bec court Delphinus delphis en mer Méditerranée. Mammal Review, 33(3-4), 224-252.

Bentivegna, F. (2002). Migrations intra-méditerranéennes des tortues caouannes (Carettacaretta) suivies par télémétrie satellite. Marine Biology, 141(4), 795–800. https://doi.org/10.1007/s00227-002-0856-z

Bentivegna, F., Ciampa, M., &Hochscheid, S. (2011). La présence de la tortue verte, Chelonia mydas, dans les eaux côtières italiennes au cours des deux dernières décennies. Marine Turtle Newsletter, 131, 41.

Bentivegna, F., Valentino, F., Falco, P., Zambianchi, E., &Hochscheid, S. (2007). La relation entre les schémas de déplacement de la tortue caouanne (Caretta caretta) et les courants méditerranéens. Marine Biology, 151(5), 1605–1614. https://doi.org/10.1007/s00227-006-0600-1

Bérubé, M., Aguilar, A., Dendanto, D., Larsen, F., Notarbartolo Di Sciara, G., Sears, R., ... & Palsbøll, P. J. (1998). Structure génétique des populations de rorquals communs (Balaenoptera physalus) de l'Atlantique Nord, de la Méditerranée et de la mer de Cortez : analyse des loci mitochondriaux et nucléaires. Molecular ecology, 7(5), 585-599.

Bochert, R., & Zettler, M. L. (2006). Effet des champs électromagnétiques sur les organismes marins. Dans Énergie éolienne offshore : recherche sur les impacts environnementaux (pp. 223-234). Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Borrello, P., De Angelis, R., Pallottini E., et al., 2010. Formation et gestion des banquettes de Posidonia oceanica sur les plages ». ISPRA, Manuels et lignes directrices 55/2010, pp. 124-http://www.isprambiente.gov.it

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Londres.

Cañadas, A., De Soto, N. A., Aissi, M., Arcangeli, A., Azzolin, M., B-Nagy, A., ... & Roger, T. (2018). Le défi de la modélisation de l'habitat des espèces menacées à faible densité à l'aide de données hétérogènes : le cas des baleines à bec de Cuvier en Méditerranée. Indicateurs écologiques, 85, 128-136.

Caputo, A. (2021). Indicateurs d'efficacité et de décarbonisation du système énergétique national et du secteur électrique. Rapport technique ISPRA.

Caracappa, S., Persichetti, M. F., Gentile, A., Caracappa, G., Curro, V., Freggi, D., & Arculeo, M. (2017). Nouveaux records de la tortue luth, Dermochelys coriacea (Vandelli, 1761) (Testudines : Dermochelyidae) dans le détroit de Sicile. Cah. Biol. Mar, 58, 353-357.

Carlucci R., Akkaya Baş A., Liebig P., Renò V., Santacesaria F. C., Bellomo S., et al. 2020b. Modèles de résidence et fidélité au site de Grampus griseus (Cuvier 1812) dans le golfe de Tarente (mer Ionienne septentrionale, centre-est de la mer Méditerranée). Mamm. Res. 65 (3), 445–455. doi: 10.1007/s13364-02000485-z

Colloca F., Carpentieri P., Balestri E. et Ardizzone G.D. Un habitat essentiel pour les ressources halieutiques méditerranéennes : les zones de rupture du plateau continental où vit Leptometra phalangium (Echinodermata, Crinoidea). Mar. Biol., 145: 1129-1142 200

Colloca F., Maiorano L., Carpentieri P., Baino R., Mannini A., Sartor P., Belluscio A., Corsi F. et Ardizzone G.D. Abondance du merlu et nurseries en mer Ligure et en mer Tyrrhénienne (GSA 9) : de 1985 à 2003. Biol. Mar. Mediterr., 13 (1) : 219-222. 2006

Commune de Rosignano (2003), Plan structurel – Composante géologique – Technique et hydrogéologique

Copping, A. (2018). État des connaissances sur les effets environnementaux : favoriser l'acceptation/l'autorisation de l'industrie des énergies marines renouvelables. Rapport du Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), 25.

Dapporto, L. ; Strumia, F. (2008). Évaluation rapide de la biogéographie des lépidoptères dans l'archipel toscan à l'aide de pièges Malaise économiques. Italian Journal of Zoology, 75(2), 219–224. doi:10.1080/11250000701867735

DE DOMINICIS V., CASINI S., MARIOTTI M. & BOSCAGLI V., 1988 - La végétation de Punta Ala (province de Grosseto). Webbia 42(1) : 101-143.

De Simone R., Ferretti O., Manfredi Frattarelli F.M., 1993. Analyse statistique multivariée appliquée à l'interprétation des processus de sédimentation. Dans : Archipel toscan. Étude océanographique, sédimentologique, géochimique et biologique, ENEA, 229-250.

Decembrini, F., Caroppo, C., & Azzaro, M. (2009). Structure dimensionnelle et production de la communauté phytoplanctonique et canaux de transfert du carbone dans le sud de la mer Tyrrhénienne (Méditerranée occidentale). Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 56(11-12), 687–699. doi:10.1016/j.dsr2.2008.07.022

Drouot, V., Gannier, A., & Goold, J. C. (2004). Comportement de plongée et d'alimentation des cachalots (Physeter macrocephalus) dans le nord-ouest de la mer Méditerranée. Mammifères aquatiques, 30(3), 419-426.

Fanizza, C., Dimatteo, S., Pollazzon, V., Prunella, V., Carlucci, R., 2014. An update of cetaceans occurrence in the Gulf of Taranto (Western-Central Mediterranean Sea). Biol. Mar. Mediterr. 21 (1), 373–374.

Fanucci et al., 1994, La mer Ligure : origine et histoire d'un bassin méditerranéen

Farr, H., Ruttenberg, B., Walter, R. K., Wang, Y. H., & White, C. (2021). Effets environnementaux potentiels des installations éoliennes offshore flottantes en eaux profondes. Ocean & Coastal Management, 207, 105611.

Foggi, Bruno ; Guidi, Tommaso ; Capecchi, Maria ; Baldini, Riccardo M. ; Grigioni, Andrea (2009). Flore biologique des îlots de l'archipel toscan (mer Tyrrhénienne). Webbia, 64(1), 23–45. doi:10.1080/00837792.2009.10670851

Fortuna C., Canese S., Giusti M., Revelli E., Consoli P., Florio G., Greco S., Romeo T., Andaloro F., Fossi M. C. et Lauriano G. 2007. Aperçu de la situation des dauphins rayés (Stenella coeureoalba) dans le sud de la mer Tyrrhénienne. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 87:1321-1326

Franco Ricci Lucchi, Sédimentologie. Processus et mécanismes de sédimentation, 1980

Frantzis et Herzing, Associations mixtes d'espèces de dauphins rayés (Stenella coeruleoalba), de dauphins communs à bec court (Delphinus delphis) et de dauphins de Risso (Grampus griseus) dans le golfe de Corinthe (Grèce, mer Méditerranée), 2002, Mammifères aquatiques, 28.2, 188-197

G. Serri, F. Innocenti, P. Manetti, Preuves géochimiques et pétrologiques de la subduction de la lithosphère continentale adriatique délaminée dans la genèse du magmatisme néogène-quaternaire de l'Italie centrale, Tectonophysics, Volume 223, Numéros 1–2, 1993, Pages 117-147, ISSN 0040-1951, **https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90161-C**.

Gravez V., Ruitton S., Boudouresque C.F., Le Direac'h L., Meinesz A., Scabbia G. & Verlaque M. « Fourth International Workshop on Caulerpa taxifolia » eds., GIS Posidonie publ., Fr., 2001 : i-xvi + 1-406

Holcer, D., Di Sciara, G. N., Fortuna, C. M., Lazar, B., & Onofri, V. (2007). Occurrence of Cuvier's beaked whales in the southern Adriatic Sea: evidence of an important Mediterranean habitat. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 87(1), 359-362.

Hooff, R. C., & Peterson, W. T. (2006). La biodiversité des copépodes comme indicateur des changements dans les conditions océaniques et climatiques de l'écosystème du courant nord-californien. Limnology and Oceanography, 51(6), 2607-2620.

Hopkins, T.S., 1988. Observations récentes sur la circulation des eaux intermédiaires et profondes dans le sud de la mer Tyrrhénienne. Oceanologica Acta, n° SP, 41–50.

Hutchison, Z. L., Gill, A. B., Sigray, P., He, H., & King, J. W. (2020). Les champs électromagnétiques anthropiques (CEM) influencent le comportement des espèces marines benthiques. Rapports scientifiques, 10(1), 4219.

Karaa, S., Jribi, I., Bouain, A., Girondot, M., & Bradai, M. N. (2013). Sur la présence des tortues luths Dermochelys coriacea (Vandelli, 1761). Eaux tunisiennes (mer Méditerranée centrale). Herpetozoa, 26(1/2), 65-75.

Kasparek, M., Godley, B. J., & Broderick, A. C. (2001). Nesting of the green turtle, Chelonia mydas, in the Mediterranean: a review of status and conservation needs. Zoology in the Middle East, 24(1), 45-74.

Lipej, L., Dulčić, J., & Kryštufek, B. (2004). On the occurrence of the fin whale (Balaenoptera physalus) in the northern Adriatic. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 84(4), 861-862.

M. Azzolin, A. Arcangeli , I. Campana , R. Crosti , A. Giovannini , M. Paraboschi , M. Ramazio , E. Turano, T. Vlachogianni , A. Zampollo, C. Giacoma, Conservation de Tursiops truncatus et Stenella coeruleoalba dans l'Adriatique et la mer Ionienne, Biol. Mar. Mediterr. (2016), 23 (1) : 336-340

Madsen, P. T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K., & Tyack, P. (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. Marine ecology progress series, 309, 279-295.

Maglio, A., Pavan, G., Castellote, M., & Frey, S. (2015). Aperçu des points chauds sonores dans la zone ACCOBAMS. Rapport final au Secrétariat ACCOBAMS.

Mancusi, C., Clo', S., Affronte, M., Bradaï, M.N., Hemida, F. et al., 2005. On the presence of basking shark (Cetorhinus maximus) in the Mediterranean Sea, Cybium 29 (4), 399- 405.

Marmo, B. (2013). Modélisation des effets sonores des éoliennes offshore en service, y compris la transmission du bruit à travers différents types de fondations.

MATTM, 2014, Rapport sur l'état des connaissances scientifiques relatives aux impacts, à la vulnérabilité et à l'adaptation au changement climatique en Italie.

Montefalcone, M., Tunesi, L., & Ouerghi, A. (2021). A review of the classification systems for marine benthic habitats and the new updated Barcelona Convention classification for the Mediterranean. Marine Environmental Research, 169, 105387.

Occhipinti-Ambrogi, A., Marchini, A., Cantone, G., Castelli, A., Chimenz, C., Cormaci, M., … Piraino, S. (2010). Espèces exotiques le long des côtes italiennes : aperçu général. Biological Invasions, 13(1), 215–237. doi:10.1007/s10530-010-9803-y

Öztürk, B. 2021. Espèces non indigènes en Méditerranée et en mer Noire. Études et revues n° 87 (Commission générale des pêches pour la Méditerranée). Rome, FAO. https://doi.org/10.4060/cb5949en.

Panigada, S., Zanardelli, M., MacKenzie, M., Donovan, C., Mélin, F., & Hammond, P. S. (2008). Modélisation des préférences d'habitat des rorquals communs et des dauphins rayés dans le sanctuaire Pelagos (Méditerranée occidentale) à l'aide de variables physiographiques et de télédétection. Télédétection de l'environnement, 112(8), 3400-3412.

Piazzi L., La Manna G., Cecchi E., Serena F., Ceccherelli G. (2016), Protection changes the relevancy of scales of variability in coralligenous assemblages.

Pisano, A., Marullo, S., Artale, V., Falcini, F., Yang, C., Leonelli, F. E., & Buongiorno Nardelli, B. (2020). New evidence of Mediterranean climate change and variability from sea surface temperature observations. Remote Sensing, 12(1), 132.

Reale B., Sartor P., Ligas A., Viva C., Bertolini D., De Ranieri S., Belcari P. (2005) – Assemblage d'espèces démersales sur les fonds marins de Leptometra phalangium (J. Müller, 1841) (Echinodermata ; Crinoidea) dans le nord de la mer Tyrrhénienne. Biol. Mar. Mediterr., 12 (1) : 571-574

Remia, A., & Taviani, M. (2005). Monticules coralliens du Pléistocène dominés par Madrepora, enfouis à faible profondeur sur un talus continental boueux, archipel toscan, nord-est de la mer Tyrrhénienne. Facies, 50, 419-425.

Rapport ARPAT, Surveillance des eaux marines côtières de Toscane – Activités de surveillance 2015. Classification de la période 2013-2015, sous la direction de Giancarlo Sbrilli

Romano E., Ausili A., Bergamin L., Celia Magno M., Pierfranceschi G., Venti F., 2018. Analyses granulométriques des sédiments marins. Lignes directrices SNPA 18/2018

Rovida A., Lovati M, Camassi R., Lolli B. et Gasperini P. (sous la direction de), 2016. CPTI15, version 2016 du Catalogue paramétrique des tremblements de terre italiens. Milan, Bologne, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15Lorito et al., 2015

Serena F., Voliani A., Abella A.J., Valentini A., Verniani D., Cecchi E., Magnelli G., Cruscanti M., Trevisan M., Ria M.,(2008) BioMarT Composants biotiques et environnementaux déterminants pour la biodiversité

Sommier S., 1910. – Calycotome villosa (Vahl.) link var. inermis Somm. Nuovo Giorn. Bot. Ital., n.s., 9: 88-89.

Sparnocchia, S., Gasparini, G.P., Astraldi, A., Borghini, M., Pistek, P., 1999. Dynamics and mixing of the Eastern Mediterranean outflow in the Tyrrhenian Sea. Journal of Marine Systems 20, 301–317

Taormina et al., 2018. Impact des champs magnétiques générés par les câbles électriques sous-marins AC/DC sur le comportement des jeunes homards européens (Homarus gammarus), Aquatic Toxicology, vol.220.

Thomsen, F., Mendes, S., Bertucci, F., Breitzke, M., Ciappi, E., Cresci, A. Debusschere, E., Ducatel, C., Folegot, F., Juretzek, C., Lam, F-P., O'Brien, J., dos Santos, M. E. (2021) Addressing underwater noise in Europe: Current state of knowledge and future priorities. Kellett, P., van den Brand, R., Alexander, B., Muniz Piniella,

A., Rodriguez Perez, A., van Elslander, J., Heymans, J. J. [Eds.] Future Science Brief 7 of the European Marine Board, Ostend, Belgium. ISSN: 2593-5232. ISBN: 9789464206104. DOI: 10.5281/zenodo.5534224.

Tougaard, J., Henriksen, O. D., & Miller, L. A. (2009). Underwater noise from three types of offshore wind turbines: estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. The Journal of the Acoustical Society of America, 125(6), 3766-3773.

Udden, J. A., 1898. The mechanical composition of wind deposits, Geol. Soc. America Bull. 25, 655–744 (également Rock Island, Ill. : Lutheran Augustana Book Concern, Printers, 69 p.).

Valdés, L., & Moral, M. (1998). Analyse chronologique de la diversité et de la richesse des espèces de copépodes dans le sud du golfe de Gascogne au large de Santander, en Espagne, en relation avec les conditions environnementales. ICES Journal of marine Science, 55(4), 783-792.

Valdés, L., Harris, R., Ikeda, T., McKinnell, S., & Peterson, W. T. (2004). Le rôle du zooplancton dans la dynamique des écosystèmes mondiaux : études comparatives des océans du globe. ICES Journal of Marine Science, 61(4), 441-444.

Verborgh, P., Gauffier, P., Esteban, R., Giménez, J., Cañadas, A., Salazar-Sierra, J. M., & De Stephanis, R. (2016). Conservation status of long-finned pilot whales, Globicephala melas, in the Mediterranean Sea. Advances in marine biology, 75, 173-203.

Volpi C., Benvenuti D., Borri M., Cannicci S., Lazzara L., Sartori G., Nuccio C., Trombetti C. (2009), BioMarT Atlante della Biodiversità

Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2005). Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. Marine Ecology Progress Series, 288, 295-309.

Wentworth, C.K. (1922) A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. Journal of Geology, 30, 377-392.https://doi.org/10.1086/622910

Zavatarelli, M., et G. L. Mellor, A numerical study of the Mediterranean Sea circulation, J. Phys. Oceanogr., sous presse, 1995.

Zingone A. (2010) - Harmful Algal Blooms in the Mediterranean: an historical overview. In: Briand F. (ed), Phytoplankton responses to Mediterranean environmental changes. CIESM Workshop Monographs n. 40, Monaco: 19-24.

Bibliographie

CMACS, 2003. https://www.marinedataexchange.co.uk/details/TCE-238/2003-cmacs-cowrie-research-electromagnetic-fields-generated-by-offshore-windfarm-cables

Ministère de l'Environnement et de la Sécurité énergétique (MASE), 2024. https://www.mase.gov.it/

NOAA, Rapports climatiques mensuels 2023 | Rapport climatique mondial | Annuel 2023 | Centres nationaux d'information environnementale (NCEI)

PNUE, 2021. https://www.unep.org/