



REALISATION D'UNE CARTOGRAPHIE DES HABITATS INTERTIDIAUX DE L'ARCHIPEL DE MOLENE ET DE LA COTE NORD DU PARC

RAPPORT FINAL



Date : Décembre 2020



SOMMAIRE

1	Contexte	9
2	Acquisition et analyse des données pour les habitats intertidaux	13
2.1	Méthodologie générale	13
2.2	Limites des prospections	22
2.2.1	Les îlots et petits îlots	22
2.2.2	Complexité du site	24
2.2.3	Herbiers de zostères marines	27
2.2.4	Indice de confiance	29
2.3	Suivi champs de blocs	29
3	Cartographie des habitats intertidaux	39
3.1	Carte des habitats d'intérêt européen	39
3.2	Indices de confiance	64
3.3	Descriptions des habitats	67
3.3.1	Substrats rocheux	67
3.3.2	Substrats meubles	83
3.3.3	Habitats non classés dans la typologie MNHN 2019	91
3.4	Analyse de la répartition des habitats	96
3.4.1	Bannec	96
3.4.2	Balanec	96
3.4.3	Molène et son Lédénès	97
3.4.4	Trielen et l'Île aux Chrétiens	98
3.4.5	Quéménès et son Lédénès	99
3.4.6	Litiry	99
3.4.7	Morgol	100
3.4.8	Béniguet	101
3.4.9	Les îlots et petits îlots de l'archipel de Molène	101
3.4.10	Partie Nord du PNMI	102
3.4.11	Synthèse	103
4	Suivi champs de blocs	105
4.1	Description du champ de blocs	105
4.2	Indice Visuel de Retournement des blocs (IVR)	105
4.3	Indicateur de Qualité Ecologique des Champs de Blocs (QECB)	107
4.4	Conclusions	108
5	Etat de conservation	108
5.1.1	Les laisses de mer	108
5.1.2	Les champs de blocs	113
5.1.3	Autres habitats	115
5.1.4	Synthèse état de conservation et enjeux	115
6	Elaboration d'un processus de cartographie à partir d'images hyperspectrales	120

6.1	Zones d'intérêts	120
6.2	Création d'une librairie spectrale	120
6.2.1	<i>Equipements</i>	120
6.2.2	<i>Protocole de mesure</i>	121
6.2.3	<i>Elaboration de la librairie</i>	121
6.2.4	<i>Visualisation de la librairie spectrale</i>	122
6.3	Propositions pour l'élaboration du processus de cartographie.....	124
6.3.1	<i>Approche générale</i>	124
6.3.2	<i>Définition de la nomenclature hiérarchique</i>	126
6.3.3	<i>Méthode de classification</i>	126
6.4	Résultats et analyses.....	142
6.4.1	<i>Résultats de classification</i>	142
6.4.2	<i>Evaluation des résultats de classification</i>	149
6.4.3	<i>Synthèse qualitative des capacités de classification</i>	152
7	Discussion	153
7.1	Approche classique	153
7.2	Approche hyperspectrale.....	153
7.3	Comparaisons, et complémentarité des deux approches.....	154
7.4	Perspectives	156
8	Bibliographie	158

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'inventaires et de cartographie dans l'archipel de Molène	10
Figure 2 : Localisation de la zone d'inventaires et de cartographie du Pays d'Iroise de la pointe de Kermorvan à la pointe Saint-Mathieu.....	11
Figure 3 : Localisation des deux zones ateliers pour les travaux de cartographie hyperspectrales.....	12
Figure 4 : Localisation des relevés GPS de la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Mathieu ZOOM 1	15
Figure 5 : Localisation des relevés GPS de la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Mathieu ZOOM 2	16
Figure 6 : Localisation des relevés GPS de la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Mathieu ZOOM 3	17
Figure 7 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Bannec.....	18
Figure 8 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Banalec.....	18
Figure 9 : Localisation des relevés GPS sur Molène et son Lédénès	19
Figure 10 : Localisation des relevés GPS sur Trielen et l'Île aux Chrétiens	19
Figure 11 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Litiri et observations en bateau autour de l'île de Morgol.....	20
Figure 12 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Béniguet.....	20
Figure 13 : Localisation des relevés GPS l'île de Quéménès et son Lédénès	21
Figure 14 : Exemples d'îlots et petits îlots.....	22
Figure 15 : Localisation des îlots de Kervouroc.....	23
Figure 16 : Manque de prospections que le secteur Ouest de Molène.....	24
Figure 17 : Exemple de ceintures entremêlées.....	25
Figure 18 : Exemples de cuvettes non cartographiables.....	26
Figure 19 : Saccharina latissima	27
Figure 20 : Anse de Béniguet où se trouve un herbier de zostères marines	28
Figure 21: Localisation du site de suivi champs de blocs	30
Figure 22: Représentation schématique (a) des trois communautés du champ de blocs et (b) des sous-communautés (Le Hir, 2002)	30
Figure 23: Synthèse des relevés nécessaire pour effectuer l'IVR et le QECB (Bernard, 2015)	31
Figure 24: Exemple de localisation d'un quadrat permanent (25 m ²)	33
Figure 25: Exemples de quadrat de 0,1 m ² (dessus et dessous).....	36
Figure 26 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur l'île de Bannec	40
Figure 27 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur l'île de Balanec	41
Figure 28 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) pour Molène	42
Figure 29 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) pour le Lédénès de Molène.....	43
Figure 30 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Trielen et l'Île aux Chrétiens	44
Figure 31 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Quéménès et sur le Lédénès de Quéménès	45
Figure 32 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Litiry	46
Figure 33 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Morgol.....	47

Figure 34 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Béniguet	48
Figure 35 : Légende des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent)	49
Figure 36 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 1	50
Figure 37 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 2	51
Figure 38 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 3	52
Figure 39 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 4	53
Figure 40 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 5	54
Figure 41 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 6	55
Figure 42 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 7	56
Figure 43 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 8	57
Figure 44 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 9	58
Figure 45 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 10	59
Figure 46 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 11	60
Figure 47 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 12	61
Figure 48 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 13	62
Figure 49 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 14	63
Figure 50 : Carte d'indice de confiance sur l'archipel de Molène	65
Figure 51 : Carte d'indice de confiance sur le PNMI Nord	66
Figure 52 : Etagement en mode semi-battu (Little and Kitching, 1996)	68
Figure 53 : <i>Fucus spiralis</i> , <i>Fucus vesiculosus</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Fucus serratus</i> et algues rouges et laminaires (De gauche à droite et de haut en bas)	69
Figure 54 : Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris	70
Figure 55 : Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de <i>Fucus spiralis</i>	71
Figure 56 : Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' <i>Ascophyllum nodosum</i>	72
Figure 57 : Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture de <i>Fucus serratus</i>	73
Figure 58 : Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes	75
Figure 59 : Cirripèdes et patelles des roches ou blocs médiolittoraux	76
Figure 60 : Roches ou blocs médiolittoraux à pouces-pieds	77
Figure 61 : Roches et blocs médiolittoraux supérieur à très faible couverture macrobiotique	78
Figure 62 : Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral à <i>Bifurcaria bifurcata</i>	79
Figure 63 : Récifs de moules sur roches et blocs médiolittoraux	80
Figure 64 : Roches et blocs de l'infra-littoral supérieure	81

Figure 65 : Roches et blocs de la frange infralittorale inférieure à <i>Laminaria digitata</i>	82
Figure 66 : <i>Saccharina latissima</i>	82
Figure 67 : Galets et cailloutis supralittoraux	83
Figure 68 : Galets et cailloutis médiolittoraux	84
Figure 69 : Gravieres et sables grossiers médiolittoraux.....	85
Figure 70 : Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux.....	86
Figure 71 : Sables supralittoraux	87
Figure 72 : Sables médiolittoraux mobiles	88
Figure 73 : Sables fins médiolittoraux.....	89
Figure 74 : Herbiers de zostères marines	90
Figure 75 : Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à <i>Bifurcaria bifurcata</i> et autres algues rouges.....	91
Figure 76 : Sédiment grossier avec maerl mort sur le Lédénès de Quéménès	92
Figure 77 : Sédiment grossier avec maerl mort sur Litiri.....	93
Figure 78 : Localisation des sédiments grossiers avec maerl mort	94
Figure 79 : <i>Rhodothamniella floridula</i> sur roche du médiolittoral inférieur abrasée par le sable.....	95
Figure 80 : <i>Porphyra purpurea</i> sur roche abrasée par le sable du médiolittoral moyen ou inférieur.....	95
Figure 81 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Bannec	96
Figure 82 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Balanec	97
Figure 83 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Molène et son Lédénès	98
Figure 84 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Trielen et l'Île aux Chrétiens.....	98
Figure 85 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Quéménès et son Lédénès.....	99
Figure 86 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Litiry	100
Figure 87 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Morgol.....	100
Figure 88 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Béniguet.....	101
Figure 89 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux pour les îlots et petits îlots	102
Figure 90 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur le continent.....	103
Figure 91 : Synthèse et comparaisons de la répartition des groupes d'habitats intertidaux dans l'archipel de Molène et sur le continent.....	104
Figure 92 : Ormeau, <i>Haliotis tuberculata</i>	105
Figure 93 : Exemples de blocs vus de dessus et de dessous	106
Figure 94 : Champs de blocs sur Quéménès.....	108
Figure 95 : Localisation des laisses de mer sur l'archipel de Molène.....	109
Figure 96 : Répartition de la surface en laisses de mer en fonction des différents îls de l'archipel de Molène	110
Figure 97 : Exemples de laisses de mer	110
Figure 98 : <i>Sacchoriza polyschides</i> et <i>Laminaria digita</i> constituant les laisses de mer	111
Figure 99 : <i>Himanthalia elongata</i> et <i>Fucus serratus</i> constituant des laisses de mer	111
Figure 100 : <i>Palmaria palmata</i> dans les laisses de mer	111
Figure 101 : Présence de diptères en haut d'estran.....	112
Figure 102 : Effets de la présence des laisses de mer sur les habitats intertidaux.....	112
Figure 103 : Exemples de champs de blocs	113
Figure 104 : Champs de blocs avec algues vertes	114
Figure 105 : Blocs avec <i>Sacchoriza polyschides</i> en haut d'estran indiquant l'existence d'un fort hydrodynamisme	114
Figure 106 : Exemples d'estran avec une biomasse algale importante.....	115
Figure 107 : Etat de conservation pour les habitats de l'archipel de Molène	118
Figure 108 : Etat de conservation pour les habitats PNMI Nord	119
Figure 109 : Zones d'intérêts sur Quéménès et Trilein	120

Figure 110 Utilisation du spectroradiomètre GER 1500 et du spectralon sur le terrain	121
Figure 111. Répartition statistique du pourcentage de mesures spectrales, par type de cibles.	122
Figure 112. Exemple d'une fiche de la librairie spectrale (Quéménès, cible 018, Ascophyllum)	123
Figure 113. Exemple d'une fiche de la librairie spectrale (Quéménès, cible 056, Rocher)	124
Figure 114 : Principe de classification par approche hiérarchique	126
Figure 115. Identification des surfaces immergées (Lampaul-Plouarzel)	127
Figure 116. Exemple de spectre minéral (gauche : rocher) et végétal (algues brunes)	128
Figure 117. Exemple de classification niveau 1 sur Lampaul-Plouarzel	129
Figure 118. Caractéristiques spectrales des algues brunes, vertes et rouges analysées à partir des spectres terrain	130
Figure 119. Visualisation des bandes d'absorption par suppression du continuum pour des algues brunes, vertes et rouges analysées à partir des spectres terrain	130
Figure 120. (gauche) Spectres de dépôt et laisse de mer ; (droite) spectre algues	131
Figure 121. Exemple de classification niveau 2 proche de l'Île aux Chrétiens	132
Figure 122. Exemples de rendus sur ceintures d'algues brunes au Sud de Quéménès. (gauche) Rendu RGB 'orthophotographie classique' ; (droite) Rendu fausses couleurs permettant de mettre en évidence visuellement les différentes ceintures algales et la complexité des mélanges d'espèces, avec superposition des contours des ceintures telles que cartographiées par J.Y. Floch, 1967	134
Figure 123. Exemples de cartographies de ceintures d'algues brunes au Sud de Quéménès à partir d'une image hyperspectrale (gauche) Cartographie J.Y. Floch 1967 superposée au rendu de l'image hyperspectrale acquise en 2020 ; (droite) Cartographe manuelle 2020 des ceintures possibles, sans intervention d'expert et sans validation, superposée au même rendu d'image hyperspectrale acquise en 2020	135
Figure 124. Visualisation des spectres d'algues brunes par espèces. Les spectres par espèces semblent plus facilement séparables sur des caractéristiques dans le proche-infra-rouge (> 750nm).	136
Figure 125. Exemple de classification niveau 3, au sud de Trielen	137
Figure 126. Exemple de classification niveau 4 (fucus), au sud de Quéménès	139
Figure 127. Exemple de classification niveau 4 sans filtrage (haut) et avec filtrage majoritaire (bas)	140
Figure 128. Exemples de cartes mono-spécifiques issues de niveau 4 sans filtrage (de gauche à droite et de haut en bas: Ascophyllum, algues vertes, algues rouges sp., Himanthalia & Bifurcaria, dépôt d'algues, Fucus sp.)	141
Figure 129 : schéma général simplifié de la méthode proposée	142
Figure 130. Visualisation des résultats de classification niveau 1 sur Quéménès	143
Figure 131. Visualisation des résultats de classification niveau 1 sur Trielen	143
Figure 132. Visualisation des résultats de classification niveau 2 sur Quéménès	144
Figure 133. Visualisation des résultats de classification niveau 2 sur Trielen	144
Figure 134. Visualisation des résultats de classification niveau 3 sur Quéménès	145
Figure 135. Visualisation des résultats de classification niveau 3 sur Trielen	145
Figure 136. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (sans filtrage) sur Quéménès	146
Figure 137. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (sans filtrage) sur Trielen	146
Figure 138. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (avec filtrage) sur Quéménès	147
Figure 139. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (avec filtrage) sur Trielen	147
Figure 140. Visualisation spectrale sur Quéménès	148

Figure 141. Visualisation spectrale sur Trielen	148
Figure 142. Exemple de polygones de validation sur Quéménès.....	149
Figure 143. Matrices de confusion pour la classification du niveau 1 sur Quéménès, sans normalisation (valeur = nombre de pixel, à gauche) et avec normalisation (valeur = pourcentage, à droite)	149
Figure 144. Matrices de confusion pour la classification de niveau 2 sur Quéménès, sans normalisation (valeur = nombre de pixel, à gauche) et avec normalisation (valeur = pourcentage, à droite)	150
Figure 145. Matrices de confusion pour la classification de niveau 3 sur Quéménès et Trielen ; (gauche) résultat sur niveau 3 avant filtrage majoritaire, (droite) résultat sur niveau 3 après filtrage majoritaire.....	151

TABLEAUX

Tableau 1 : Fiche de terrain pour l'IVR (Bernard, 2015)	33
Tableau 2 : Variables à relevés pour l'QECB	35
Tableau 3 : Classes de l'indice de Qualité Ecologique des Champs de Blocs (Bernard, 2015) .	38
Tableau 4 : IVR pour les 5 quadrats du suivi du champ de blocs de Quéménès du 16 octobre 2020	106
Tableau 5 : Qualité écologique des champs de blocs obtenue avec les calculs sur 10 blocs mobiles et 5 blocs fixes (QEBM = Qualité Ecologique des Blocs Mobiles).....	107
Tableau 6 : Dégradations, Etat de conservation, Menaces principales et Préconisation de gestion pour les habitats de la typologie MNHN (Michez et al., 2019) et enjeux associés.....	117
Tableau 7 : Paramètres d'acquisition du levé hyperspectral sur Quéménès et Trielen.....	120
Tableau 8 : Récapitulatif des missions de spectroscopie terrain.....	122
Tableau 9 : Nomenclature hiérarchique à 3 niveaux.....	125
Tableau 10: Répartition des Fucus par niveau d'étagement (d'après Floc'h, 1967)	138
Tableau 11: Tableau de synthèse qualitative des capacités de classification.....	152

1 CONTEXTE

L'Office Française pour la Biodiversité a décidé de mettre à jour ou de compléter des inventaires et des cartographies des habitats intertidaux sur le site Natura 2000 FR5300018 - « Ouessant-Molène » (Figure 1). En plus de ce travail de cartographie, une analyse des états de conservation au niveau de l'habitat générique et de l'habitat élémentaire, si nécessaire, est également à réaliser.

Le présent rapport présente une cartographie des habitats intertidaux de l'archipel de Molène dans le parc naturel marin d'Iroise, et la cartographie des habitats intertidaux du Pays d'Iroise de la pointe de Kermorvan à Porspoder (plage de Pors Doun), incluant le site Natura 2000 FR5300045 Pointe de Corsen-Le Conquet (Figure 2).

En plus de ce travail de cartographie, des travaux spécifiques sur des sites tests, visant à estimer les apports du traitement d'images hyperspectrales sont présentés. L'objectif est à partir d'une librairie spectrale et d'une approche de classification d'établir les avantages et limites de cette méthode pour enrichir la cartographie des habitats intertidaux sur deux zones tests (Quéménès et Trielen) (Figure 3).

La présente étude a donc pour but de :

- 1) Mettre à jour la cartographie des habitats intertidaux et faire la compilation des différentes sources de données pour harmoniser une carte globale de deux sites.
- 2) Elaborer un processus de cartographie à partir d'images hyperspectrales.
- 3) Définir l'état de conservation.
- 4) Elaborer des recommandations techniques pour l'évaluation des densités des peuplements d'algues de rives dans l'optique future d'évaluer les biomasses disponibles.

Le présent rapport détaille l'ensemble des méthodes et moyens mis en œuvre pour la réalisation de la cartographie ainsi que l'ensemble des habitats naturels d'intérêt communautaire présents sur les deux zones d'études.

Cette cartographie complémentaire devra servir aux travaux relatifs à l'exploitation durable des algues de rive sur les secteurs les plus productifs du Parc Marin d'Iroise ainsi qu'à l'étude de la répartition des limicoles en fonction des habitats intertidaux dans l'archipel de Molène. Ces travaux entrent également dans une démarche d'extension de la Réserve Naturelle Nationale d'Iroise.

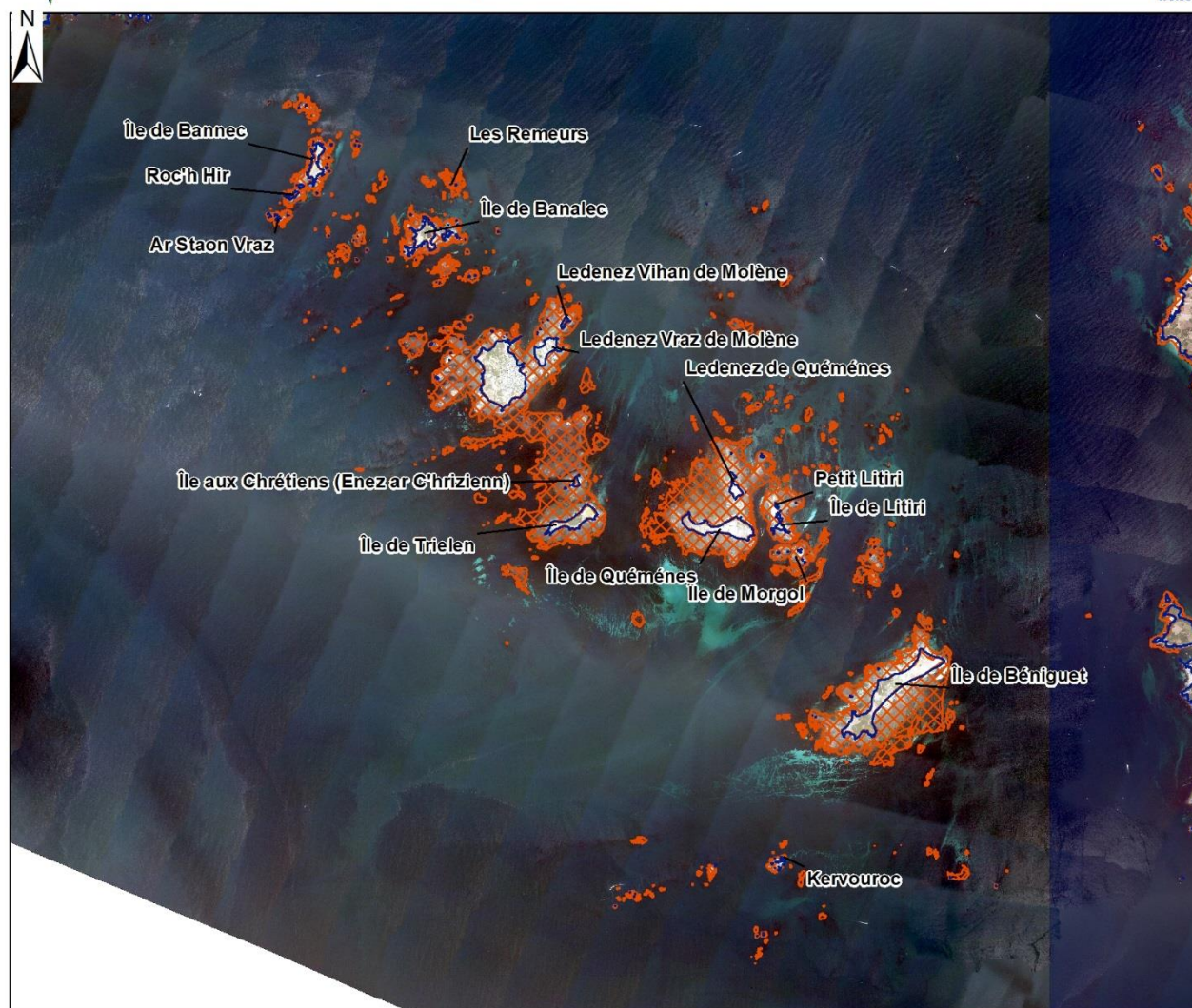


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Périmètre d'étude - Archipel de Molène



EDITEE LE : 15/12/2020



▨ Périmètre d'étude (source OFB)
▭ Parc Naturel Marin d'Iroise

0 1 2 Km

Système de coordonnées : Lambert 93 /
RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 1 : Localisation de la zone d'inventaires et de cartographie dans l'archipel de Molène

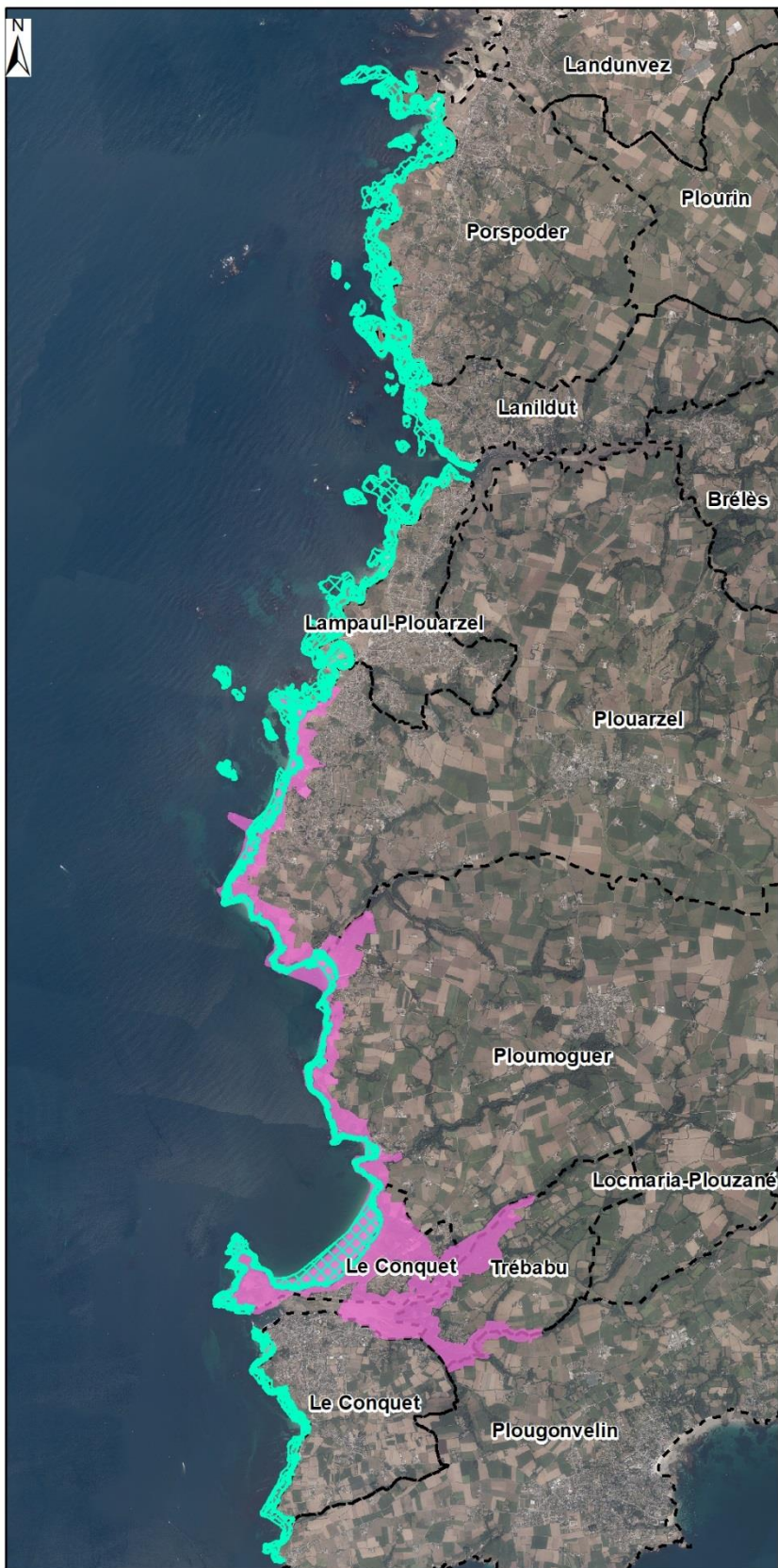


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Périmètre d'étude - Pointe de Corsen, Le Conquet



EDITEE LE : 15/12/2020



■ Périmètre d'étude
--- Limites communales

Site Natura 2000 : Zone Spéciale de Conservation

FR5300045 - Pointe de Corsen, Le Conquet

0 0.5 1 2 Km

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 2 : Localisation de la zone d'inventaires et de cartographie du Pays d'Iroise de la pointe de Kermorvan à la pointe Saint-Matthieu

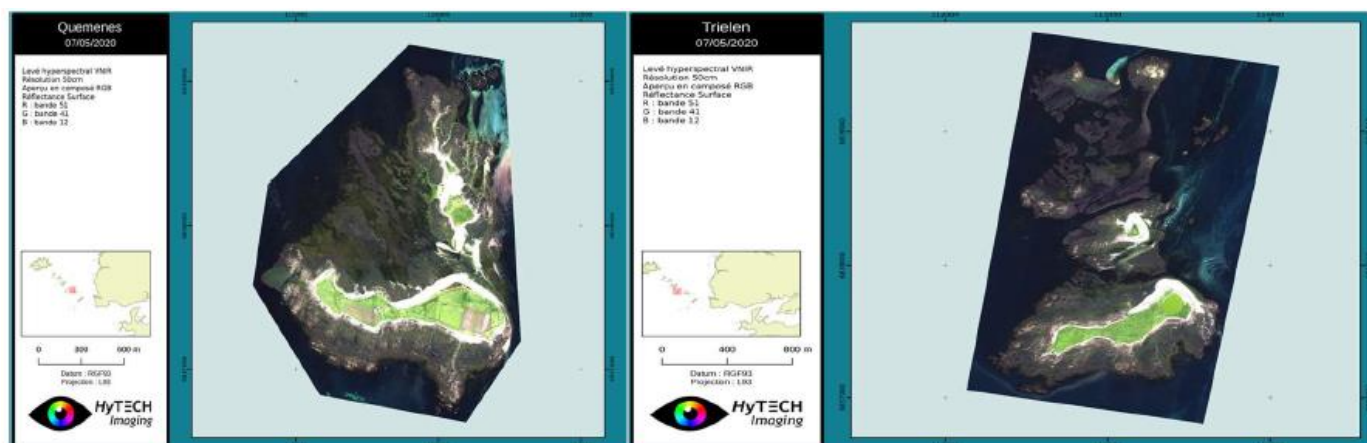


Figure 3 : Localisation des deux zones ateliers pour les travaux de cartographie hyperspectrales

2 ACQUISITION ET ANALYSE DES DONNEES POUR LES HABITATS INTERTIDEAUX

2.1 Méthodologie générale

La méthodologie d'inventaire, l'ensemble des indications et références demandées ont comme source la méthodologie développée par IFREMER (Bajjouk, 2009). La cartographie des habitats marins devant répondre aux exigences de Natura 2000. La méthodologie développée dans le cadre de Natura 2000 s'imposant actuellement, cette approche a été retenue. Cela implique de recenser tous les habitats présents et, dans le cas où ils occupent une surface significative (surface minimale de 25 m²), de les cartographier avec une précision suffisante pour que des suivis (5-6 ans) puissent être envisagés.

Les habitats de hauts de plages (notamment pour le suivi des paramètres des laines de mer), les substrats rocheux et les substrats meubles ont été précisément cartographiés. Tout comme en milieu terrestre, il est nécessaire que les cartes décrivant cet espace soient réalisées au 1 : 5000. Ceci est d'autant plus important que les habitats sont soumis à des fluctuations naturelles ou d'origine anthropique.

Pour assurer la cohérence inter-sites, la typologie retenue doit être celle des cahiers d'habitats. Les habitats élémentaires associés aux fonds meubles sont définis par leurs caractéristiques biosédimentaires et par leur localisation (estuaire, grandes criques et baies peu profondes, etc.). Les récifs (rochers) se différencient en fonction de leur exposition aux vagues. Pour les substrats meubles, le principal critère permettant de différencier les habitats est la granulométrie.

La typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de Mer du Nord et d'Atlantique qui est parue en 2019 (Michez *et al.*, 2019) a été utilisée. Cette typologie se base sur celle mise en place en Bretagne (Michez *et al.*, 2013 ; Michez *et al.*, 2015, Bajjouk *et al.*, 2010 ; Bajjouk, 2009; Guillaumont *et al.*, 2008). Elle repose sur trois grands ensembles de substrats (meubles, rocheux et habitats particuliers). Puis, en fonction de la précision recherchée, trois niveaux hiérarchiques peuvent être distingués pour chacun de ces trois ensembles. Le niveau 1 reste très général alors que les niveaux 2 et 3 apportent des précisions sur les populations animales et végétales ou encore le taux de recouvrement. Des correspondances ont également été faites avec la typologie des cahiers d'habitats. Pour les correspondances entre les différentes typologies, le référentiel national des habitats [HABREF](#)

a été utilisé. Les inventaires cartographiques n'ont pas vocation à exprimer toute la complexité du site mais bien à décrire les habitats à une échelle donnée. Comme pour les zones terrestres, des objets de trop petites dimensions et/ou très intriqués n'ont ainsi pas été cartographiés, la surface minimale des polygones inventoriés étant de 25 m² (Bajjouk et al., 2010).

Différentes approches peuvent permettre de réaliser des inventaires cartographiques Natura 2000. Dans ce travail, une méthode couplant l'analyse d'images aériennes (Orthophotolittorale, projection Lambert 93) et une importante prospection de terrain a été privilégiée. Les orthophotographies de l'IGN constituent la donnée initiale. Ces documents présentent une résolution au sol de 50 cm. Nous nous sommes basés également sur les acquisitions Haute définition de Hytech Imaging. Ces photographies ont été obtenues au cours au mois de mai 2020 lors des grandes marées.

La majeure partie des secteurs des grandes îles du site d'étude a été visitée à pied et le nombre de relevés a obligatoirement été élevé afin de réaliser une carte fiable. En revanche, les îlots et petits îlots n'ont pas pu être tous inventoriés et une extrapolation a dû être faite. Néanmoins, du fait des caractéristiques du site (présence de nombreux habitats rocheux et sableux), le volume de travail sur le terrain a été nécessairement important. Les données ont par la suite été saisies sur fond orthophotographique. Des relevés GPS réalisés sur le terrain et exportés dans le SIG permettant de localiser et détourner des habitats. Des cartes ont ensuite été produites sous SIG. La méthode combine donc analyse d'image, visite de terrain systématique, tracés sur tirage au 1/5000 et relevés GPS.

In fine, les différents faciès ont été agrégés en habitats élémentaires. La carte finale présente donc une grande précision géographique et thématique. Le nombre d'habitats formant une mosaïque a été limité à deux. Ceci reprend le cadre fixé par la méthodologie IFREMER. Le fichier vecteur ainsi produit est compatible avec les principaux logiciels de gestion de SIG.

Les campagnes de terrain entre la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Matthieu ont eu lieu du 07 au 11 avril 2020 et les 06 et 09 mai 2020. Celles dans l'archipel de Molène se sont déroulées du 16 au 21 septembre 2020 et du 15 au 19 octobre 2020. La campagne de terrain de septembre s'est effectuée avec le bateau d'Archipel excursion et pour celle d'octobre, un bateau a été loué à la capitainerie du port de Lanildut. Pour les inventaires sur Molène et son Lédénès, le navire de la Penn ar Bed a permis de rejoindre le port de Molène. Les Figure 4 à Figure 13 illustrent la localisation des relevés GPS et vérités terrains obtenus lors de l'étude sur les différents sites.



Figure 4 : Localisation des relevés GPS de la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Mathieu ZOOM 1



Figure 5 : Localisation des relevés GPS de la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Mathieu ZOOM 2



Figure 6 : Localisation des relevés GPS de la pointe de Kermorvan et la pointe Saint Mathieu ZOOM 3

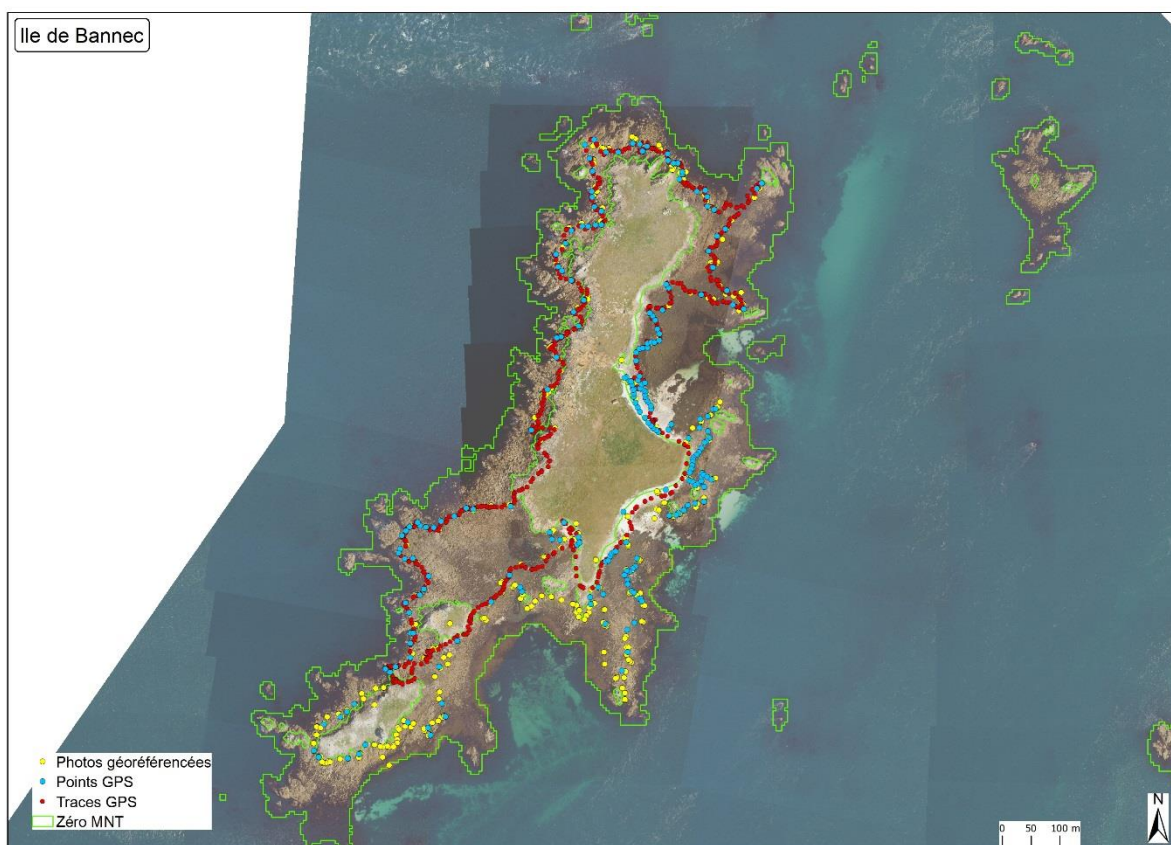


Figure 7 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Banec

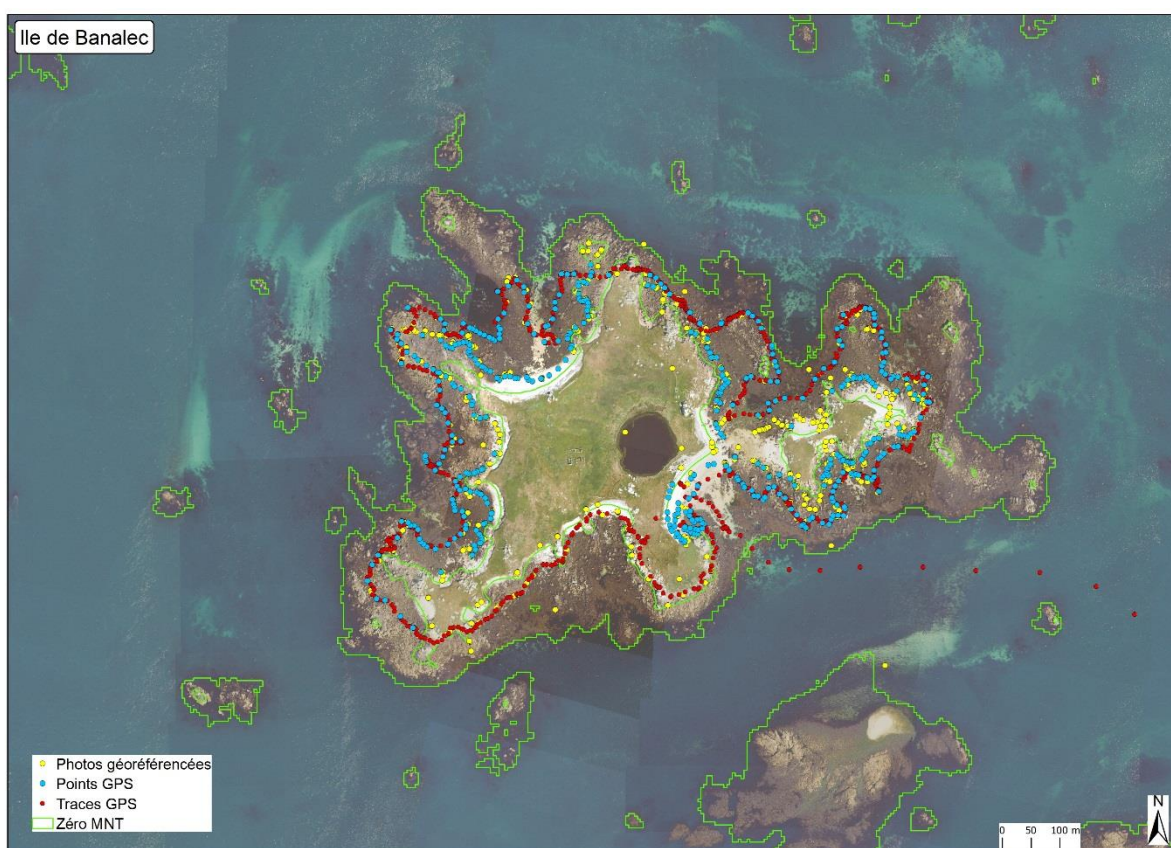


Figure 8 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Banalec

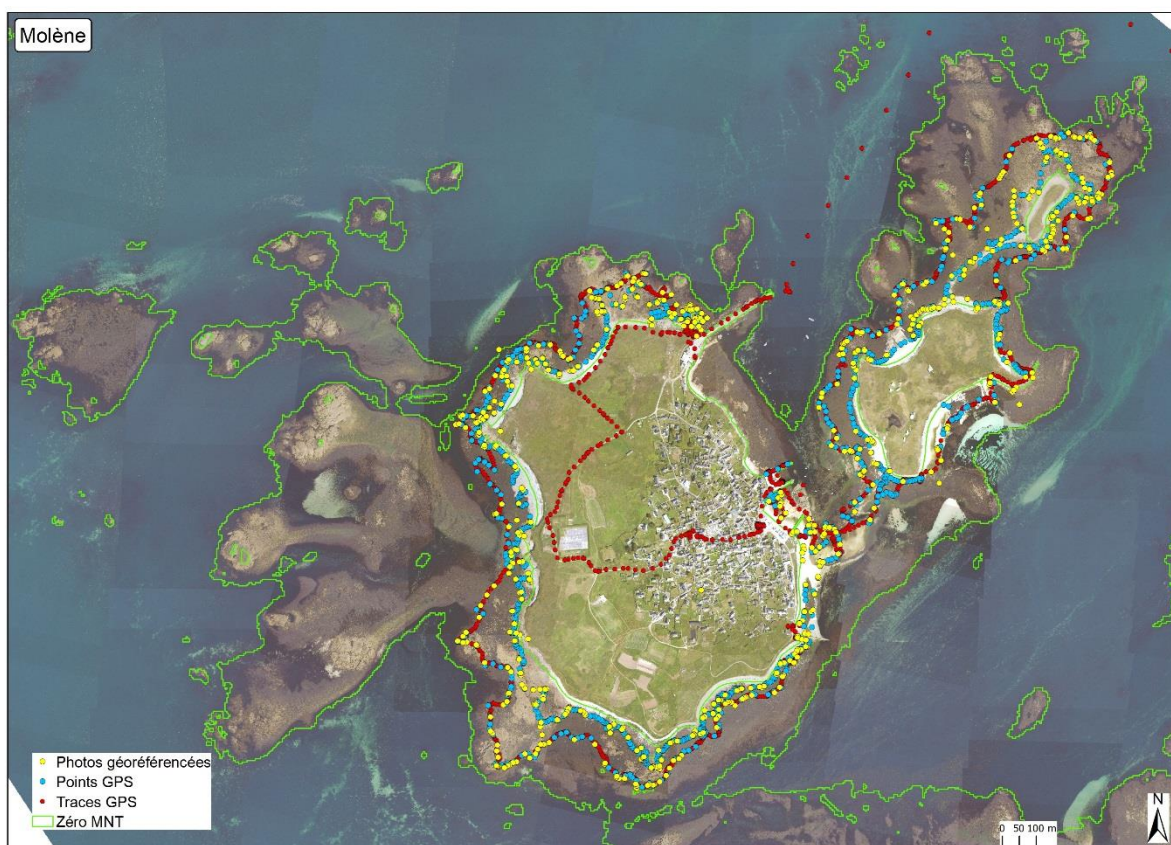


Figure 9 : Localisation des relevés GPS sur Molène et son Lédénès

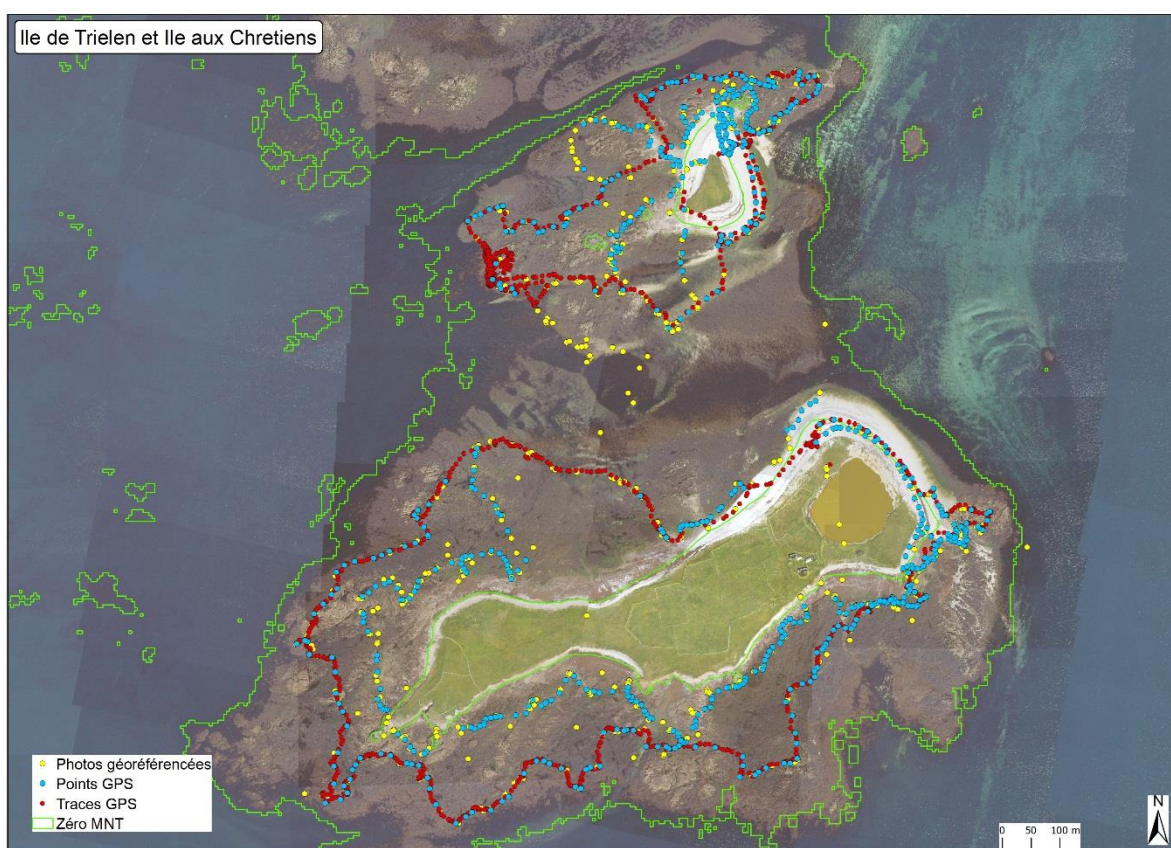


Figure 10 : Localisation des relevés GPS sur Trielen et l'Île aux Chrétiens

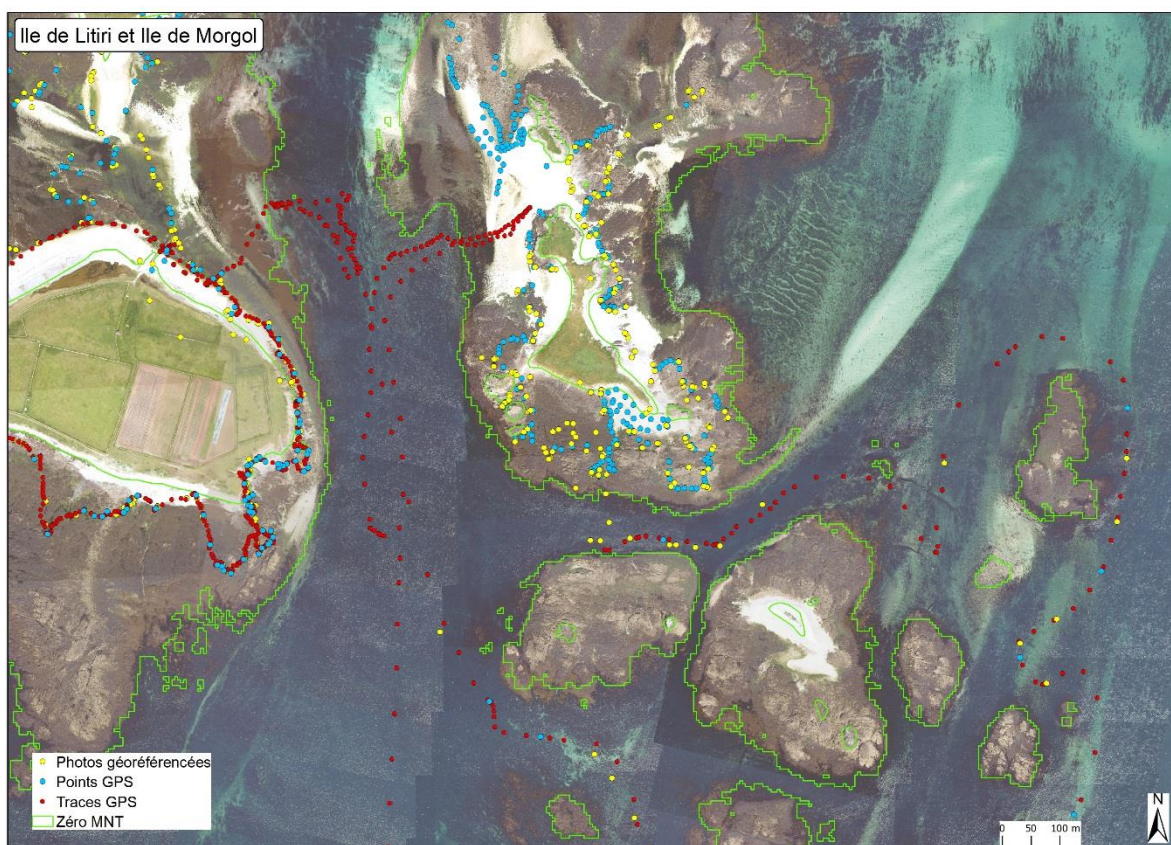


Figure 11 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Litiri et observations en bateau autour de l'île de Morgol

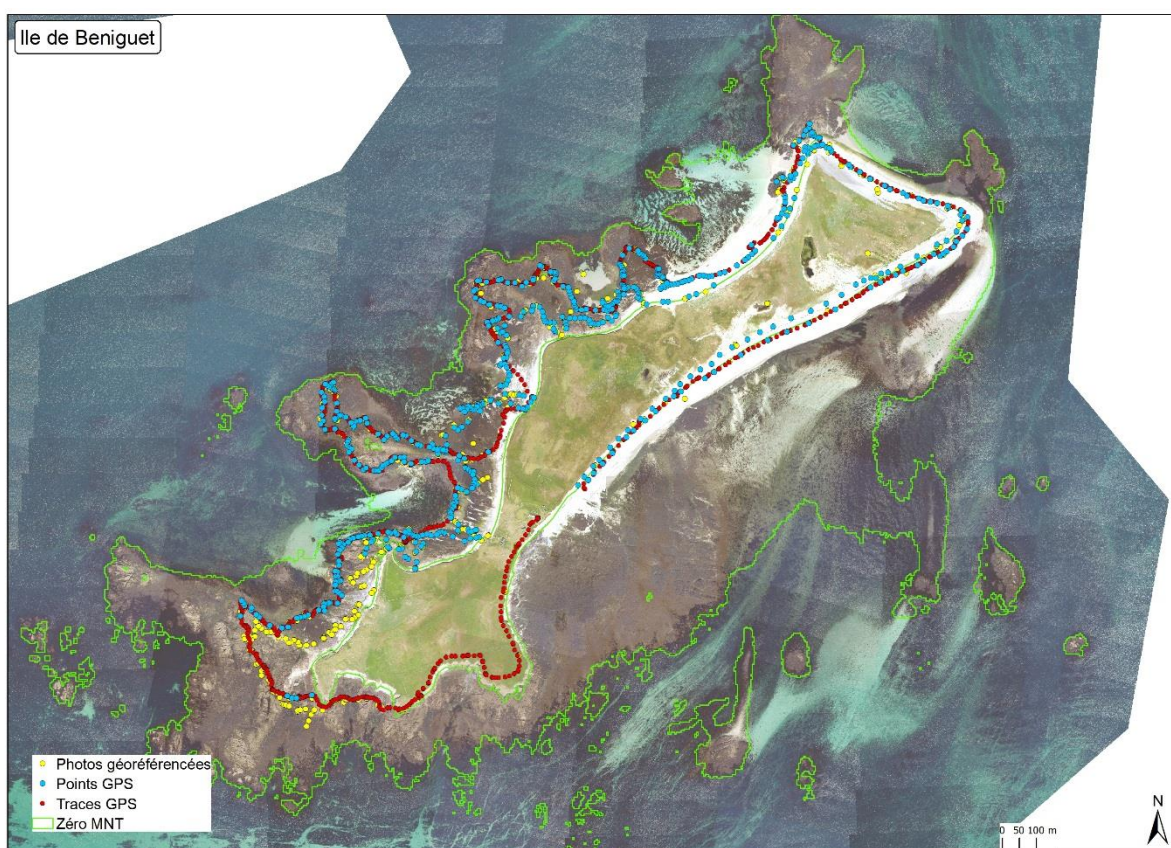


Figure 12 : Localisation des relevés GPS sur l'île de Béniguet

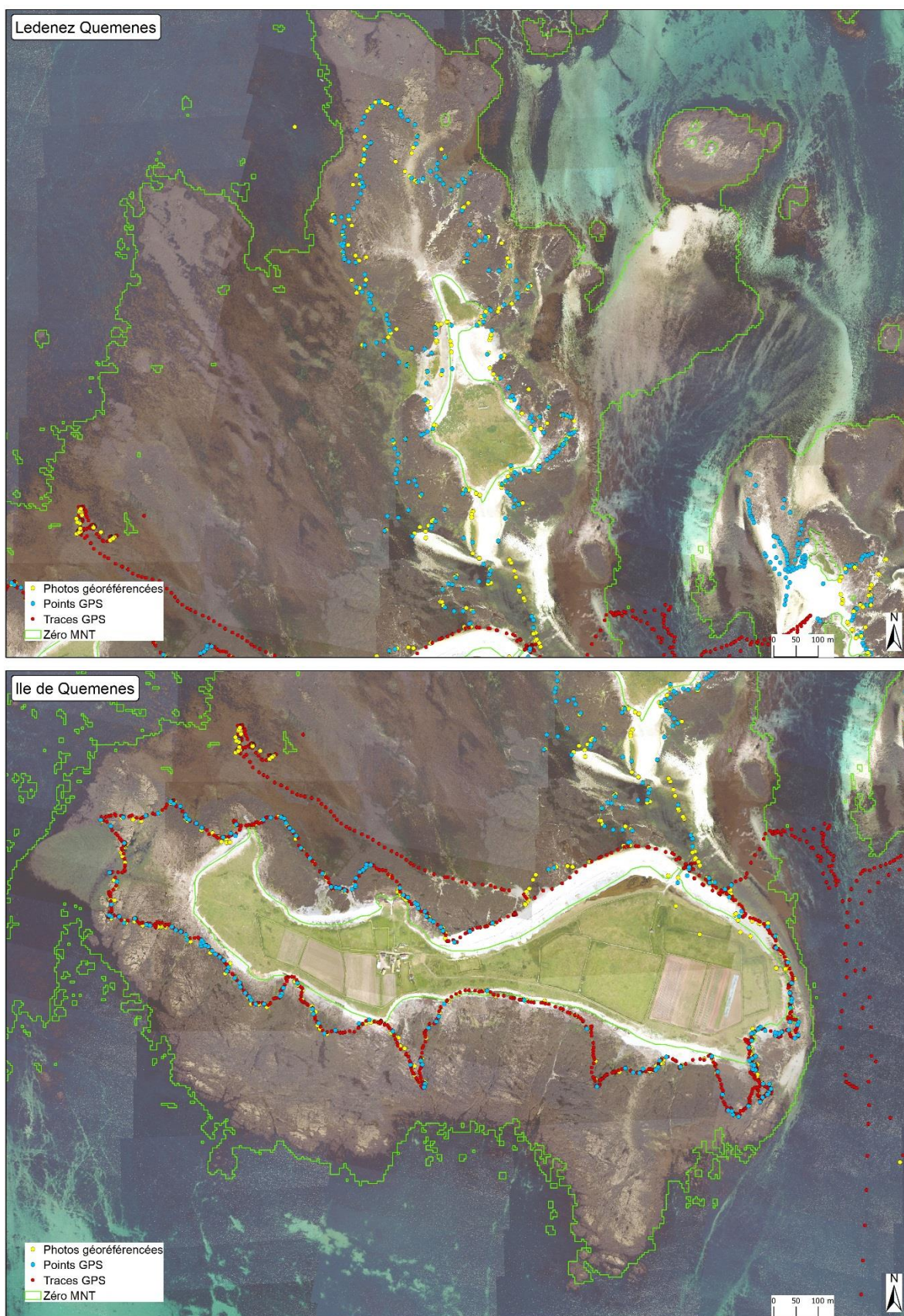


Figure 13 : Localisation des relevés GPS l'île de Quéménès et son Lédénès

2.2 Limites des prospections

2.2.1 Les îlots et petits îlots

La plupart des îlots et petits îlots n'ont pas pu être prospectés (Figure 14). La cartographie a donc été réalisée en extrapolant avec des données anciennes, les photos aériennes et les prospections effectuées sur les îles. Seuls les îlots de Kervouroc ont été inventoriés (Figure 15).



Figure 14 : Exemples d'îlots et petits îlots.

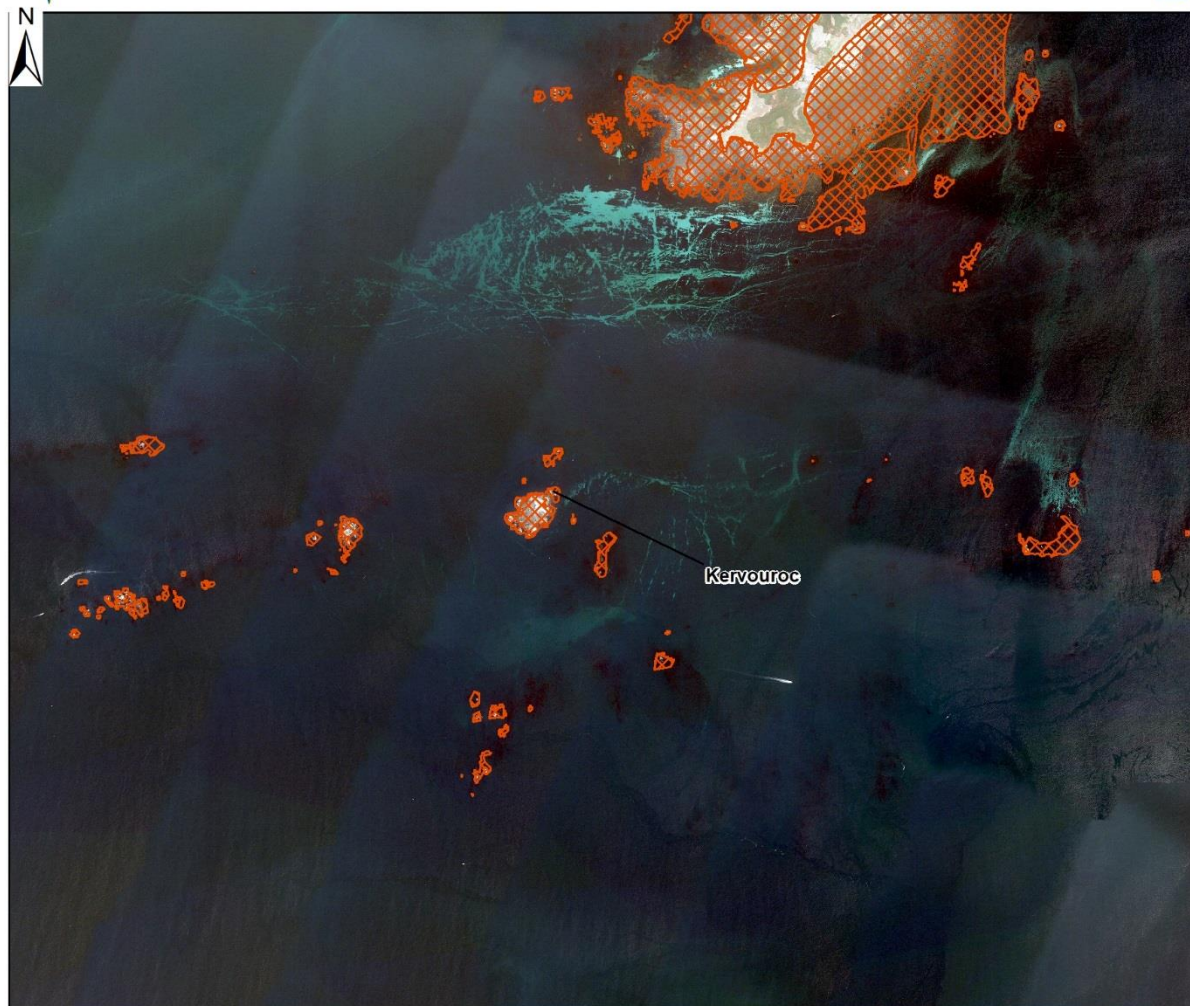


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Périmètre d'étude - Kervouroc



EDITEE LE : 15/12/2020



▨ Périmètre d'étude (source OFB)
▭ Parc Naturel Marin d'Iroise

0 0.5 1 Km

Système de coordonnées : Lambert 93 /
RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 15 : Localisation des îlots de Kervouroc.

2.2.2 Complexité du site

Toute la complexité du site n'a pu être cartographiée pour trois raisons majeures :

- Grande surface qui découvre à marée basse et non prospectée par manque de temps (secteur à l'ouest de Molène par exemple (Figure 16),
- Certaines ceintures sont entremêlées souvent en lien avec la topographie de certains secteurs (Figure 17) (ceintures à *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis* et *Ascophyllum nodosum*, ceintures à *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus* ou encore ceintures à *Fucus vésiculosus* et *Fucus serratus*, présence de laminaires dans la ceinture à *Himanthalia elongata*),
- Surfaces trop petites donc trop chronophage et non adapté à la précision des cartes demandées comme pour certaines cuvettes (Figure 18) ou la présence de la linaire *Saccharina latissima* (Figure 19).

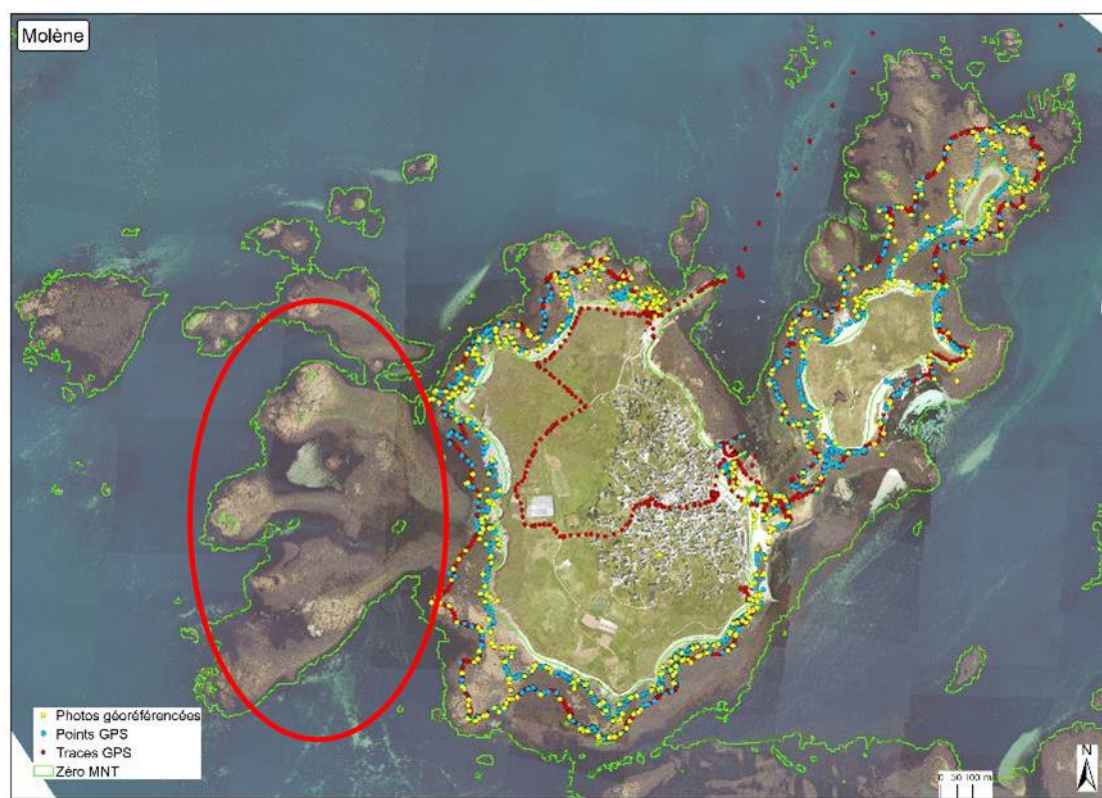


Figure 16 : Manque de prospections que le secteur Ouest de Molène



Figure 17 : Exemple de ceintures entremêlées



Figure 18 : Exemples de cuvettes non cartographiables



Figure 19 : Saccharina latissima

2.2.3 Herbiers de zostères marines

La cartographie de cet habitat ne faisait pas partie de la prestation. Des prospections spécifiques seraient nécessaires notamment sur celui de Béniguet (Figure 20) afin de parfaitement cartographier cet habitat



Figure 20 : Anse de Béniguet où se trouve un herbier de zostères marines

2.2.4 Indice de confiance

Ainsi, comme les efforts de prospection ne sont pas uniformes sur l'ensemble des secteurs cartographiés, un indice de confiance a été produit pour estimer la capacité de la carte à prédire correctement la présence d'un habitat en un point donné. Quatre niveaux ont été définis pour cet indice :

- 3 : qualification certaine et limites certaines (observations *in situ* et relevé GPS).
- 2 : qualification certaine mais limites incertaines (photo-interprétations, observations *in situ* et données anciennes).
- 1 : qualification douteuse (photo-interprétations et/ou données anciennes)
- 0 : information non fournie.

2.3 Suivi champs de blocs

Les champs de blocs forment un habitat à fort enjeu et un suivi particulier a été mis en place. Ainsi, sur un champ de blocs situé sur l'île de Quéménès, des inventaires spécifiques ont été réalisés le 16 octobre 2020 (Figure 21). Lors de ces suivis, il a été noté des paramètres importants comme leurs structurations (blocs sur blocs, blocs sur sables, etc.). En effet, cet habitat est relativement complexe car il se compose de trois « compartiments » : le dessus du bloc, le dessous et en dessous du bloc. Ainsi en zone intertidale, cet habitat offre un ensemble d'enclaves écologiques et une mosaïque de microhabitats où aucun espace n'est laissé inoccupé (Figure 22). La présence de perturbations comme la pêche à pied ou l'eutrophisation (blocs retournés et présence d'algues vertes) a été relevée.

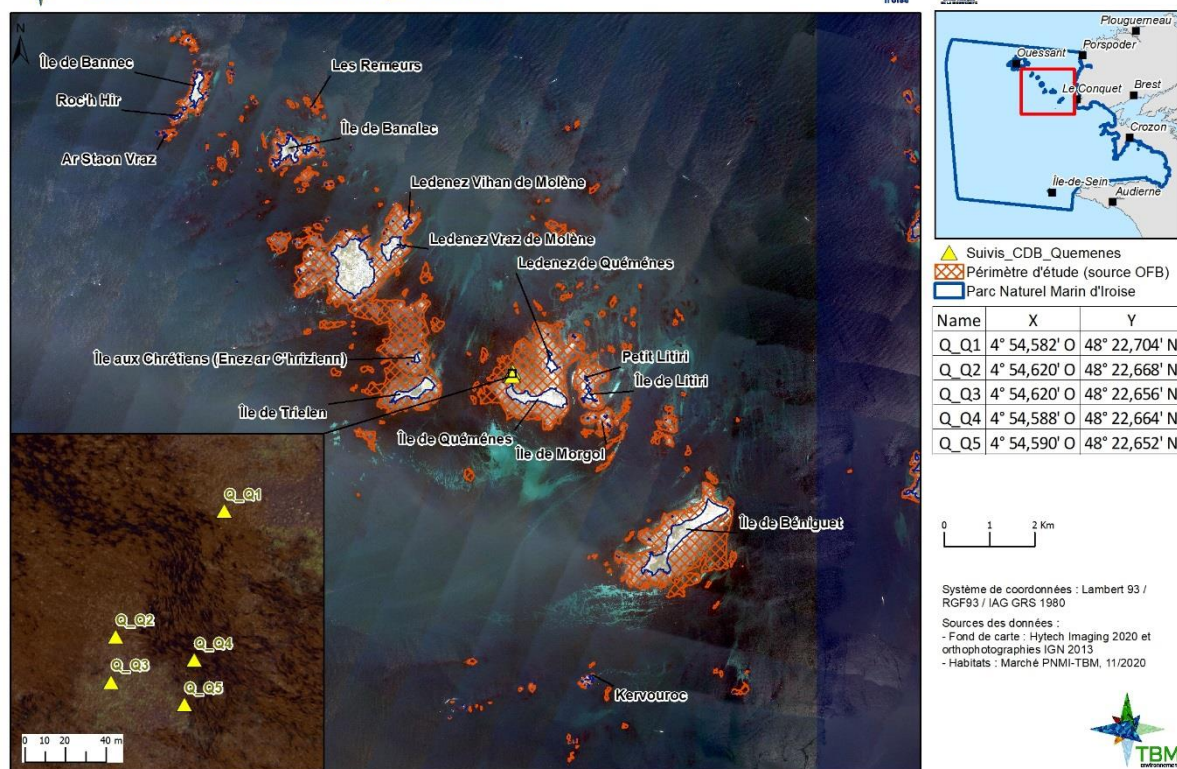


Figure 21: Localisation du site de suivi champs de blocs

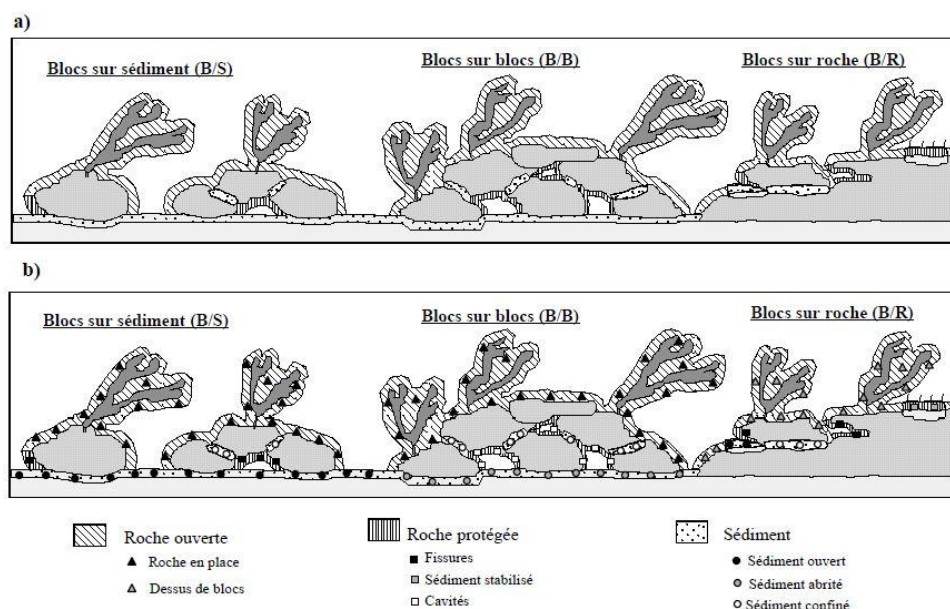


Figure 22: Représentation schématique (a) des trois communautés du champ de blocs et (b) des sous-communautés (Le Hir, 2002)

Pour estimer leur état de conservation, le suivi stationnel est conforme aux protocoles utilisés dans le projet Life (actions B5 et C3, Bernard M., 2015). Ces suivis écologiques permettent l'application de l'Indicateur Visuel de Retournement des blocs (IVR) et de l'indice de Qualité Ecologique des Champs de Blocs (indice QECB). Un ensemble de relevés est nécessaire qui est synthétisé dans la Figure 23.

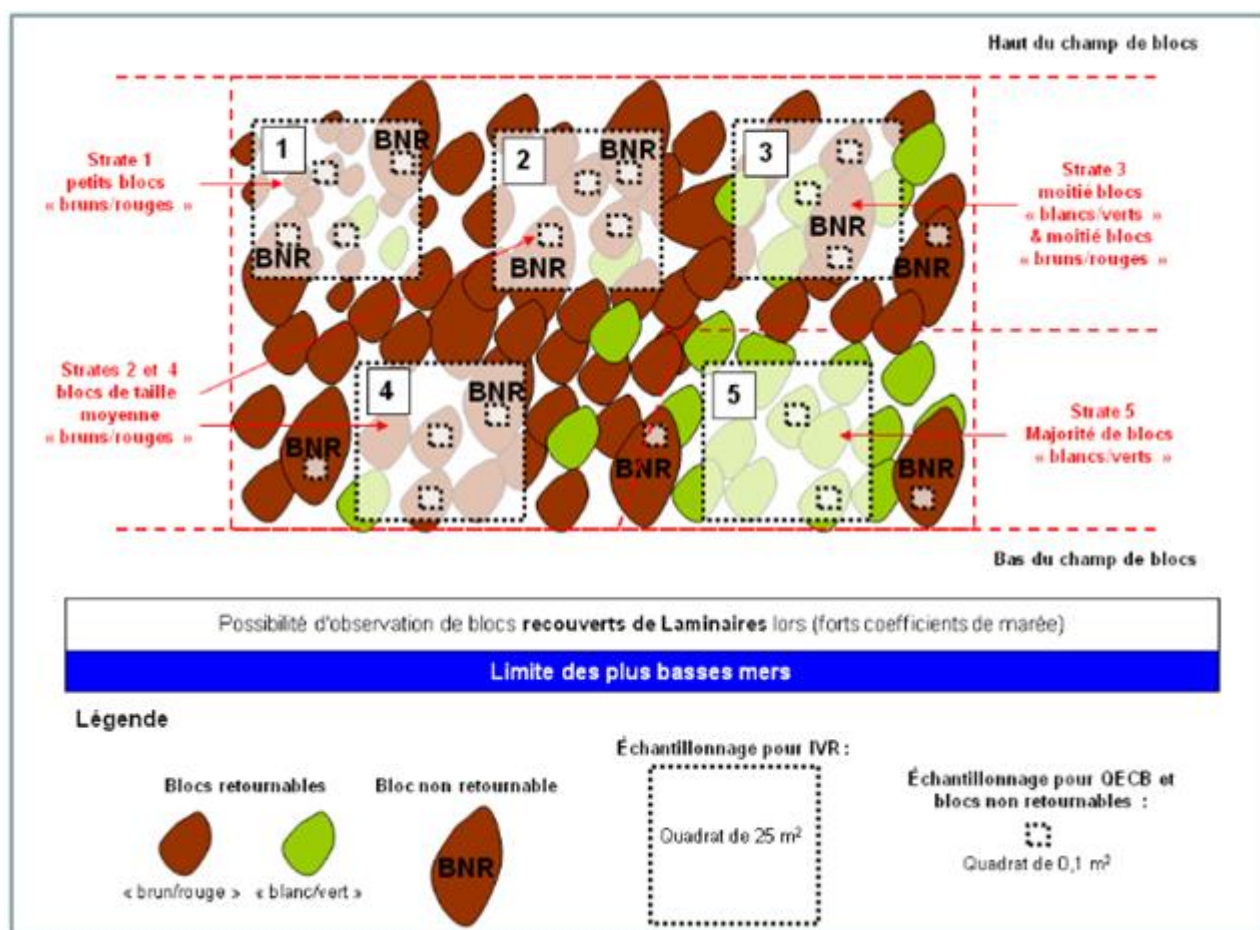


Figure 23: Synthèse des relevés nécessaires pour effectuer l'IVR et le QECB (Bernard, 2015)

Le nombre de pêcheurs observés lors de la réalisation de ce suivi a été noté mais ce comptage n'est pas réalisé de manière standardisée.

Protocoles IVR et QECB

La mise en œuvre de l'Indicateur Visuel de Retournement (IVR) se fait en plusieurs étapes (Bernard M., 2015) et la fiche de terrain est illustrée dans le Tableau 1 :

- Le positionnement de 5 quadrats dits permanents de 25 m² (5 m*5 m) (Figure 24) : les quadrats sont répartis sur les différentes strates identifiées et selon la surface occupée par chacune de ces strates (une grande strate peut par exemple accueillir 2 à 3 quadrats). Si le champ de blocs ne présente pas de stratification, alors les 5 quadrats sont répartis de façon homogène sur l'ensemble du périmètre de la station d'étude ;
- Les 5 quadrats sont qualifiés de « permanents » car ils sont géoréférencés : prise d'un point GPS par quadrat, au centre de ce dernier. Ils sont toujours replacés au même endroit à chaque session de suivi ;
- Une description rapide de la strate dans laquelle se trouve chaque quadrat est effectuée d'un suivi à l'autre (taille dominante des blocs, leur agencement, leur mobilité, le substrat sous-jacent et les couvertures algales dominantes) ;
- A l'intérieur de chaque quadrat, les blocs mobiles qualifiés de « non retournés » (bruns/rouges en surface) et les blocs mobiles qualifiés de « retournés » (blancs/verts/colorés en surface) sont dénombrés. Seuls les blocs mobiles susceptibles d'intéresser un pêcheur à pied, donc de la taille minimale d'une feuille A5 (sur les champs de blocs majoritairement constitués de petits blocs) ou d'une feuille A4 (sur les champs de blocs majoritairement constitués de blocs de taille moyenne à élevée), sont dénombrés. Les blocs dits « fixés » ne sont pas non plus dénombrés.

Les dénombrements de blocs « retournés » et « non retournés » sont ensuite convertis en pourcentages qui permettent d'aboutir à la note d'IVR. L'IVR **varie de 0 à 5** : 0 indiquant un champ de blocs non impacté (ou très exceptionnellement impacté) par le retournement des blocs et 5 un champ de blocs totalement impacté par le retournement des blocs). Les correspondances entre les IVR et les pourcentages sont les suivantes : IVR = 0 = 96 – 100 % de blocs non retournés, IVR = 1 = 76 - 95% de blocs non retournés, IVR = 2 = 56 – 75 % de blocs non retournés, IVR = 3 = 36 – 55 % de blocs non retournés, IVR = 4 = 16 – 35 % de blocs non retournés IVR = 5 = 0 – 15 % de blocs non retournés.

L'indice multivarié QECB reflète les particularités locales de ces milieux. Il est basé sur 16 variables biotiques ou abiotiques qui répondent de manière robuste à la perturbation de « retournement des blocs mobiles ». Parmi les 16 variables qui composent initialement le QECB et selon les faces de blocs considérées, certaines sont indicatrices d'un « bon état écologique » et d'autres d'un « mauvais état écologique » des blocs (Tableau 2).

Toutes les variables intégrées au calcul de l'indice QECB ou échantillonnées pour caractériser plus finement les champs de blocs sont collectées dans un quadrat de 0,1 m² à l'échelle des faces supérieures et inférieures de 10 blocs mobiles (Figure 25). Pour que l'échantillonnage soit le plus représentatif possible de la station d'étude, deux blocs mobiles sont tirés aléatoirement dans chaque quadrat de 25 m².

Tableau 2 : Variables à relevés pour l'QECB

Taux de recouvrement	Variables indicatrices d'un "bon état écologique" dans des valeurs hautes	
	A	Recouvrement en algues brunes + algues rouges
	B	Recouvrement en <i>Lithophyllum incrustans</i>
	C	Densités de mollusques brouteurs : <i>Littorina obtusata</i> ou <i>fabalis</i> + <i>Gibbula cineraria</i> + <i>Gibbula penanti</i> + <i>Gibbula umbilicalis</i>
	D	Recouvrement en éponges + ascidies coloniales + ascidies solitaires
	Variables indicatrices d'un "mauvais état écologique" dans des valeurs hautes	
Algues brunes	E	Recouvrement en algues vertes opportunistes (<i>Ulva</i> sp. et <i>Enteromorpha</i> sp.)
Algues rouges	F	Pourcentage de roche nue
Algues vertes opportunistes	Face inférieure des blocs mobiles	
Lithophyllum incrustans	Variables indicatrices d'un "bon état écologique" dans des valeurs hautes	
Eponges	D'	Recouvrement en éponges + ascidies coloniales + ascidies solitaires
Ascidies coloniales	E'	Recouvrement en <i>Lithophyllum incrustans</i>
Ascidies solitaires	Variables indicatrices d'un "mauvais état écologique" dans des valeurs hautes	
Balanes vivantes	A'	Recouvrement en algues brunes + algues rouges
	C'	Densités de mollusques brouteurs : <i>Littorina obtusata</i> ou <i>fabalis</i> + <i>Gibbula cineraria</i> + <i>Gibbula penanti</i> + <i>Gibbula umbilicalis</i>
	E'	Recouvrement en algues vertes opportunistes (<i>Ulva</i> sp. et <i>Enteromorpha</i> sp.)
	F'	Pourcentage de roche nue
	Face supérieure + inférieure des blocs mobiles Face supérieure uniquement des blocs fixés	
	Variables indicatrices d'un "bon état écologique" dans des valeurs hautes	
	G	Densité de spirorbes
	Variables indicatrices d'un "mauvais état écologique" dans des valeurs hautes	
	H	Recouvrement en balanes vivantes
	I	Densité de <i>Spirobranchus lamarki</i>



Figure 25: Exemples de quadrat de 0,1 m² (dessus et dessous)

Les variables sont également échantillonnées à l'échelle de 5 faces supérieures de blocs fixés ou 5 zones de roche en place situées au même niveau hypsométrique que la station d'étude champ de blocs. Il s'agit des données de référence, une micro-échelle d'observation de la variabilité qui permet de faire des comparaisons intra-site « blocs mobiles / blocs fixés ». Cette échelle d'observation est particulièrement recommandée en raison de la complexité de l'habitat (forte variabilité intra-site d'un bloc à l'autre).

L'indice multivarié QECB correspond à une moyenne des valeurs de qualité écologique de dix blocs mobiles (i.e. dix valeurs QEBM). La valeur de Qualité Ecologique d'un Bloc Mobile (QEBM) se décline en deux notes : une note QEBM1 et une note QEBM qui utilise QEBM1 et la pondération avec les valeurs des données de référence (blocs fixés).

La première formule proposée permet donc de calculer la note QEBM1 pour chaque bloc mobile, soit une valeur de QEBM sans pondération avec les mesures effectuées sur les faces supérieures de blocs fixés (données de référence) :

$$QEBM^1 = \underbrace{[(A + B + C + D) - (E + F)]}_{\text{Valeur Face supérieure BM (VFS}_{BM})} + \underbrace{[(D' + B') - (A' + C' + E' + F')]}_{\text{Valeur Face inférieure BM (VFI}_{BM})} + \underbrace{(G - (H + I))}_{\text{Valeur Face supérieure + inférieure BM (VFSI}_{BM})}$$

Calcul de la valeur « Face supérieure de bloc mobile » (VFS_{BM}) :

A : Somme des taux de recouvrement en algues brunes + rouges
 B : Taux de recouvrement total en *Lithophyllum incrustans*
 C : Somme des densités de mollusques brouteurs *Littorina obtusata* ou *fabalis* + *Gibbula cineraria* + *Gibbula pennanti* + *Gibbula umbilicalis*
 D : Somme des taux de recouvrement en éponges + ascidies coloniales + ascidies solitaires
 E : Taux de recouvrement total en algues vertes opportunistes (*Ulva* sp. et *Enteromorpha* sp.)
 F : Pourcentage de roche nue

Calcul de la valeur « Face inférieure de bloc mobile » (VFI_{BM}) :

A' : Somme des taux de recouvrement en algues brunes + rouges
 B' : Taux de recouvrement total en *Lithophyllum incrustans*
 C' : Somme des densités de mollusques brouteurs *Littorina obtusata* ou *fabalis* + *Gibbula cineraria* + *Gibbula pennanti* + *Gibbula umbilicalis*
 D' : Somme des taux de recouvrement en éponges + ascidies coloniales + ascidies solitaires
 E' : Taux de recouvrement total en algues vertes opportunistes
 F' : Pourcentage de roche nue

Calcul de la valeur « Face supérieure + inférieure de bloc mobile » (VFSI_{BM}) :

G : (Somme des densités de spirorbes dessus-dessous) / 1000
 H : (Somme des taux de recouvrement en balanes vivantes dessus-dessous) / 100
 I : (Somme des densités de *Spirobranchus lamarckii* dessus-dessous) / 100

La seconde formule permet de calculer la note QEBM2 de chaque bloc mobile, soit une valeur de QEBM1 pondérée par les mesures effectuées sur les faces supérieures de blocs fixés. La valeur QEBM1 est multipliée par la valeur absolue du ratio Valeur Faces Supérieures Blocs Mobiles moyenne / Valeur Faces Supérieures Blocs Fixés moyenne : VFSBM moyen / VFSBF moyen

$$QEBM^2 = QEBM^1 * (| VrFS_{BM \text{ moyen}} / VrFS_{BF \text{ moyen}} |)$$

Où

$$VrFS_{BM \text{ moyen}} = [VFS_{BM} + \underbrace{(g - (h + i))}_{\text{Valeur spirorbes, } Spirobranchus lamarckii \text{ et balanes vivantes pour face supérieure d'un bloc mobile (BM)}}]_{\text{bloc mobile 1}} + \dots + [VFS_{BM} + (g - (h + i))]_{\text{bloc mobile 10}} / 10$$

$$VrFS_{BF \text{ moyen}} = [VFS_{BF} + \underbrace{(g - (h + i))}_{\text{Valeur spirorbes, } Spirobranchus lamarckii \text{ et balanes vivantes pour face supérieure d'un bloc fixé (BF)}}]_{\text{bloc mobile 1}} + \dots + [VFS_{BF} + (g - (h + i))]_{\text{bloc mobile 10}} / 10$$

Enfin, à partir des valeurs de Qualité Ecologique des Blocs Mobiles (QEBM²) obtenues pour 10 blocs mobiles à l'échelle d'un champ de blocs, il est ensuite possible de calculer la valeur QECB du champ de blocs considéré :

$$QECB = [QEBM^2_{\text{bloc mobile 1}} + \dots + QEBM^2_{\text{bloc mobile 10}}] / 10$$

De façon théorique, l'indice QECB peut varier entre -360 et +360

Sur la base des bornes théoriques, l'indice multivarié QECB peut être décomposé en 5 classes (Tableau 3) qui varient de 1 à 5. La classe 1 témoigne d'un très mauvais état écologique du champ de blocs sous la pression « retournement des blocs » et la classe 5 d'un très bon état écologique.

Tableau 3 : Classes de l'indice de Qualité Ecologique des Champs de Blocs (Bernard, 2015)

1	-360 ≤ QECB < -216	Très mauvais état écologique
2	-216 ≤ QECB < -72	Mauvais état écologique
3	-72 ≤ QECB < +72	Etat écologique moyen
4	+72 ≤ QECB < +216	Bon état écologique
5	+216 ≤ QECB < +360	Très bon état écologique

3 CARTOGRAPHIE DES HABITATS INTERTIDaux

3.1 Carte des habitats d'intérêt européen

Les Figure 26 à Figure 34 illustrent la localisation des habitats de la typologie MNHN 2019 (Michez et al., 2019) sur l'ensemble des îles de l'archipel de Molène et les Figure 35 à Figure 49 sur la partie Nord du PNMI. La surface totale couverte est de 1292 hectares (404 ha sont des îlots ou des petits îlots) dans l'archipel de Molène et de 603 hectares sur la partie Nord du parc.

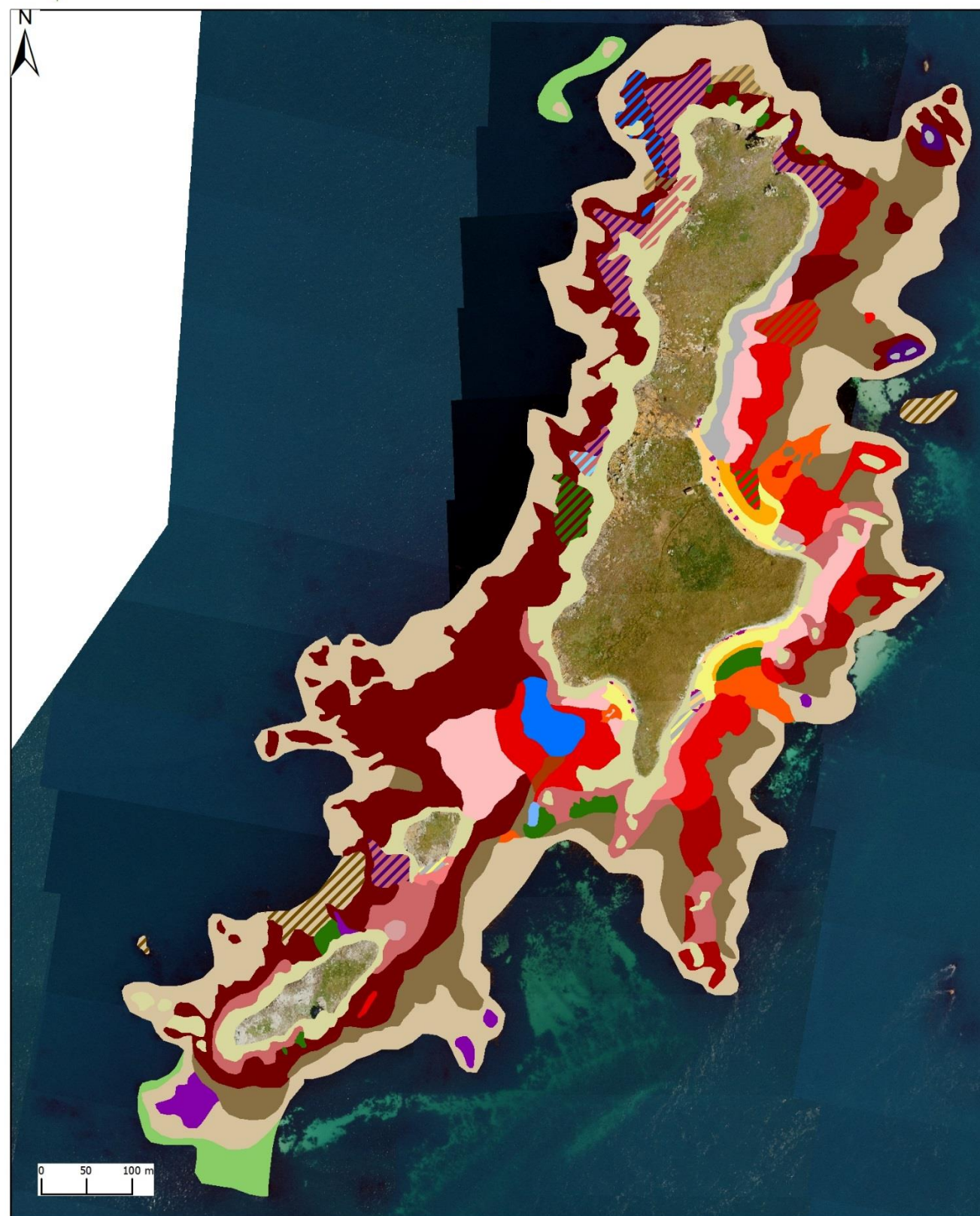


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019 - Ile de Bannec



EDITEE LE : 15/12/2020



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1 Fucales de roches ou blocs du médiolittoral supérieur
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
- A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus* spp. et *Lichina pygmaea*
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral algues vertes (*Ulva* spp. et *Cladophora* spp.)
- A1-6.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 26 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur l'île de Bannec

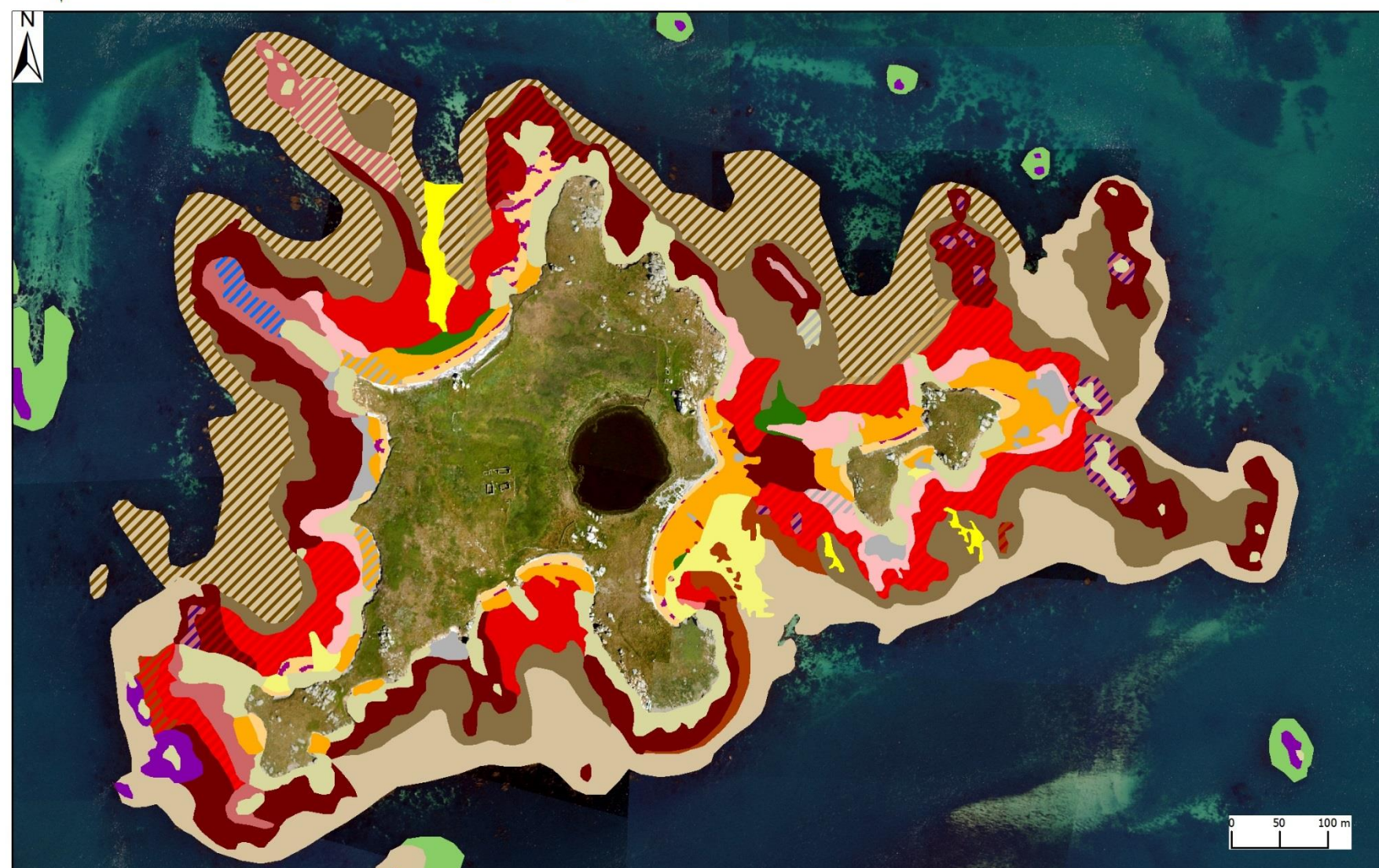


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019 - Ile de Balanec



EDITEE LE : 15/12/2020



Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles
- A5-3 Sables fins médiolittoraux

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1 Fuciales de roches ou blocs du médiolittoral supérieur
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*

- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux

- A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus spp.* et *Lichina pygmaea*
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur

Figure 27 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur l'île de Balanec

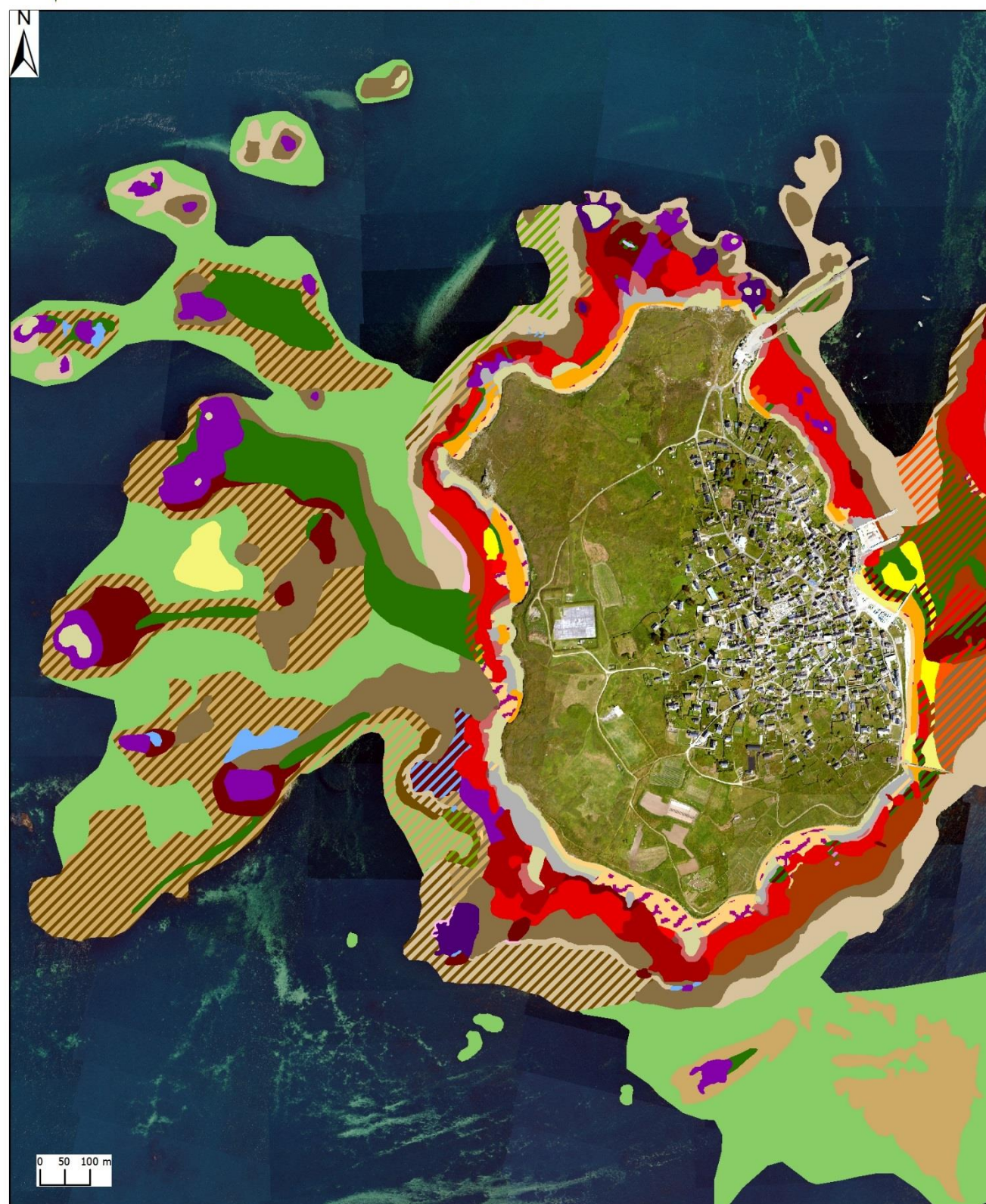


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019 - Ile de Molène



EDITEE LE : 15/12/2020



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles
- A5-3 Sables fins médiolittoraux

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
- A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes (*Rhodothamniella*)
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
- A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus* spp. et *Lichina pygmaea*
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral algues vertes (*Ulva* spp. et *Cladophora* spp.)
- A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
- B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccorhiza polyschides*
- Bifurcaria*

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 28 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) pour Molène

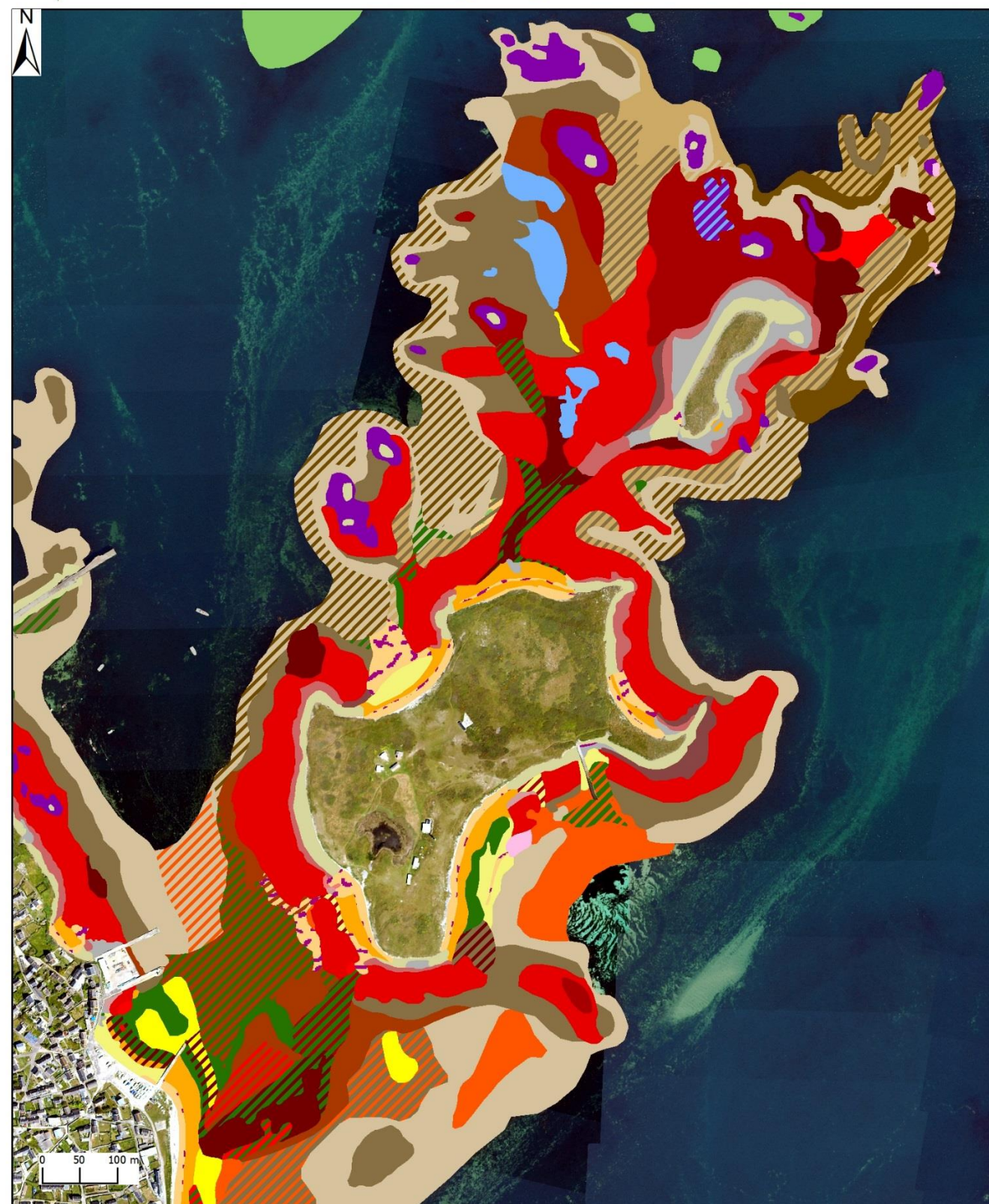


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019 - Lédénez de Molène



EDITEE LE : 15/12/2020



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles
- A5-3 Sables fins médiolittoraux

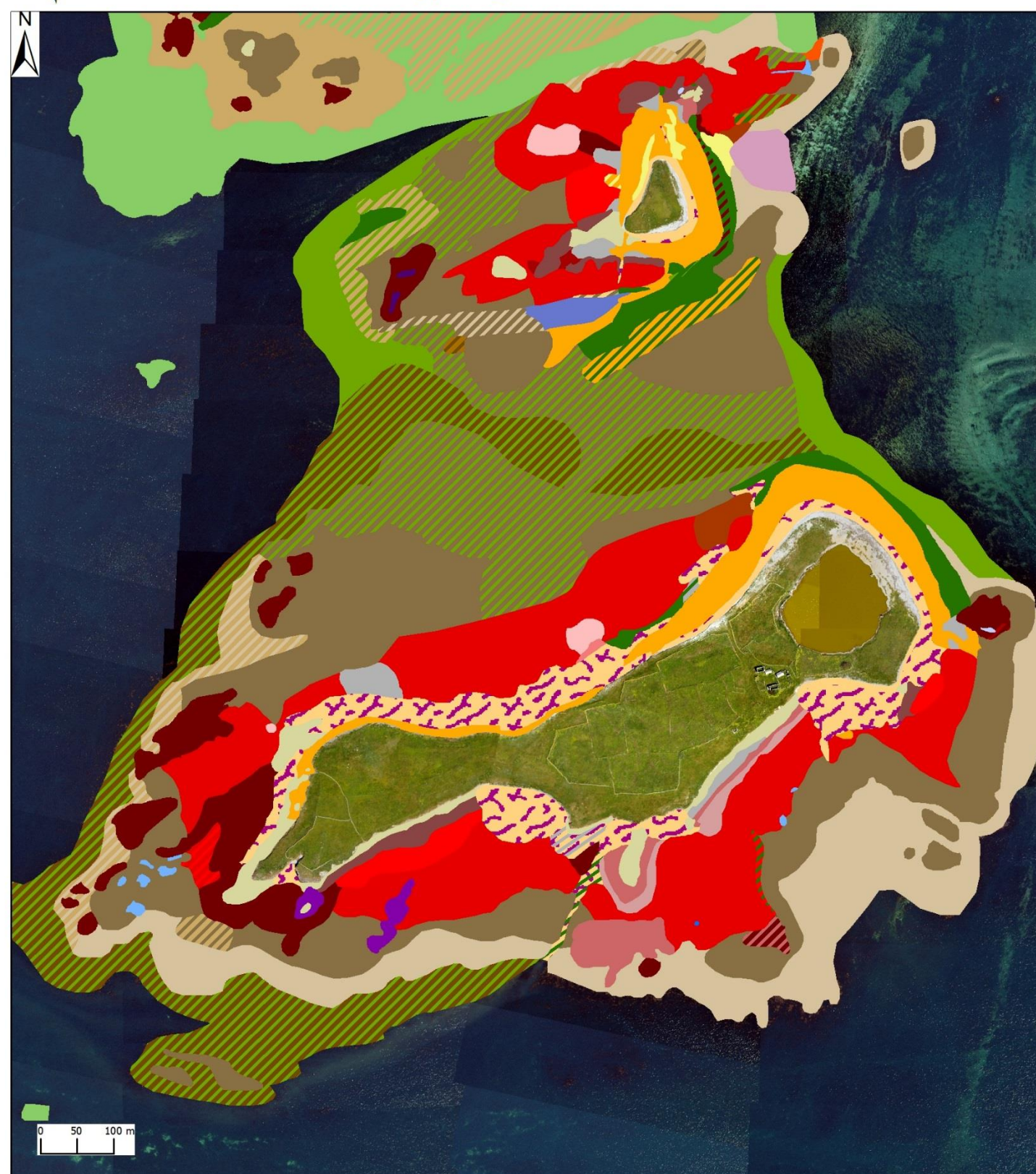
Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
- A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
- Bifurcaria*

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 29 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) pour le Lédénez de Molène



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux
- A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux (Maerl mort)
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1 Fuciales de roches ou blocs du médiolittoral supérieur
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
- A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
- A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus* spp. et *Lichina pygmaea*
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral algues vertes (*Ulva* spp. et *Cladophora* spp.)
- A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Sargassum muticum*
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
- B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccorhiza polyschides*

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :

- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 30 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Trielen et l'Île aux Chrétiens



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux
- A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux (Maerl mort)
- A5-1 Sables supralittoraux
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles
- A5-3 Sables fins médiolittoraux

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1 Fucales de roches ou blocs du médiolittoral supérieur
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
- A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus* spp. et *Lichina pygmaea*
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral algues vertes (*Ulva* spp. et *Cladophora* spp.)
- A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Sargassum muticum*
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccorhiza polyschides*
- Bifurcaria*

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 31 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Quémènes et sur le Lédénès de Quémènes

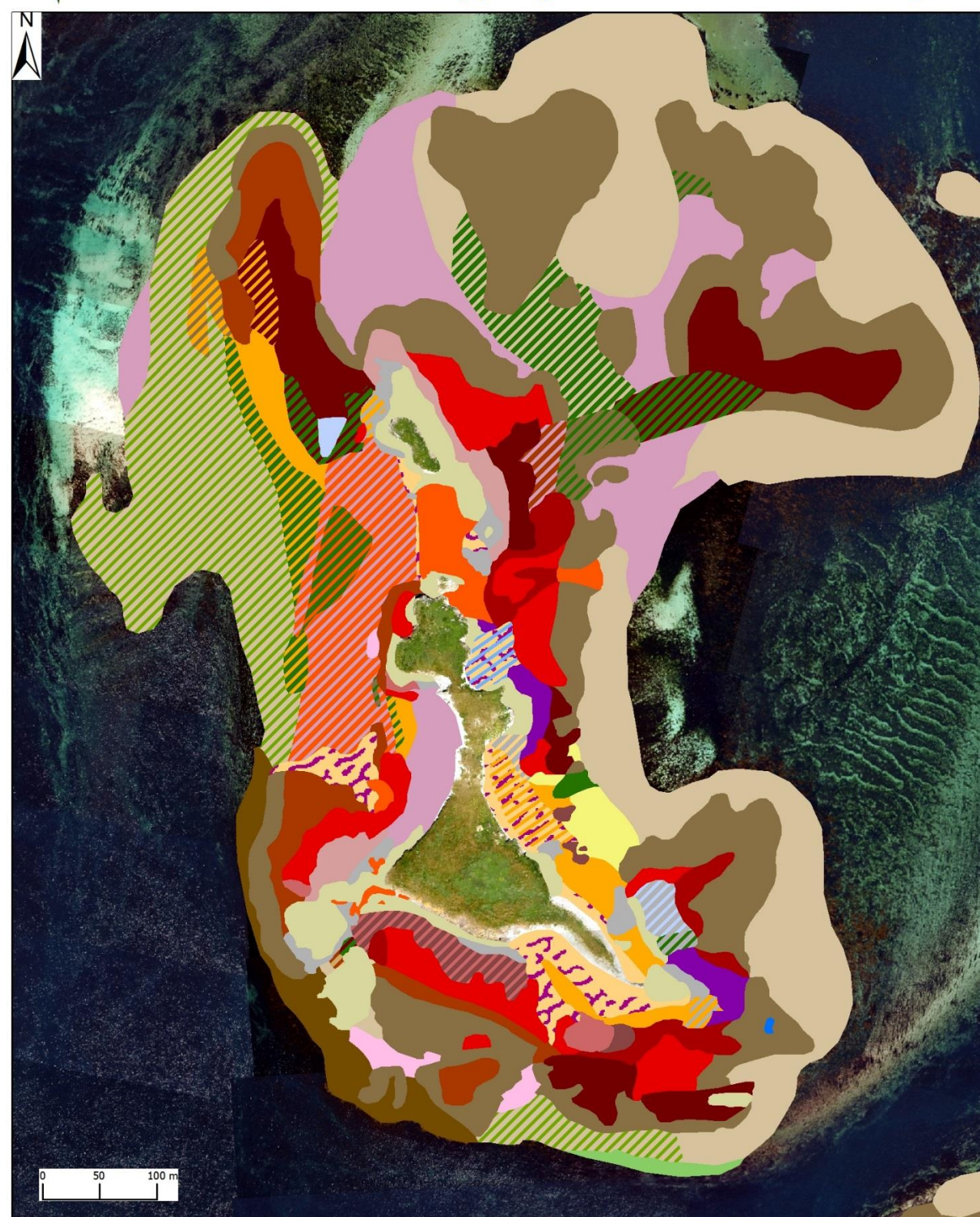


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019 - Ile de Litiry



EDITEE LE : 15/12/2020



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux
- A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux (Maerl mort)
- A5-2 Sables médiolittoraux mobiles

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral algues vertes (*Ulva spp.* et *Cladophora spp.*)
- A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
- B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccorhiza polyschides*
- Bifurcaria*

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 32 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Litiry



Habitats meubles

- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
- A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux

Habitats rocheux

- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
- A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
- A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
- A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
- A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
- A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
- A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
- A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
- A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
- A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
- A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*
- B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
- B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
- B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
- B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
- B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
- Bifurcaria*

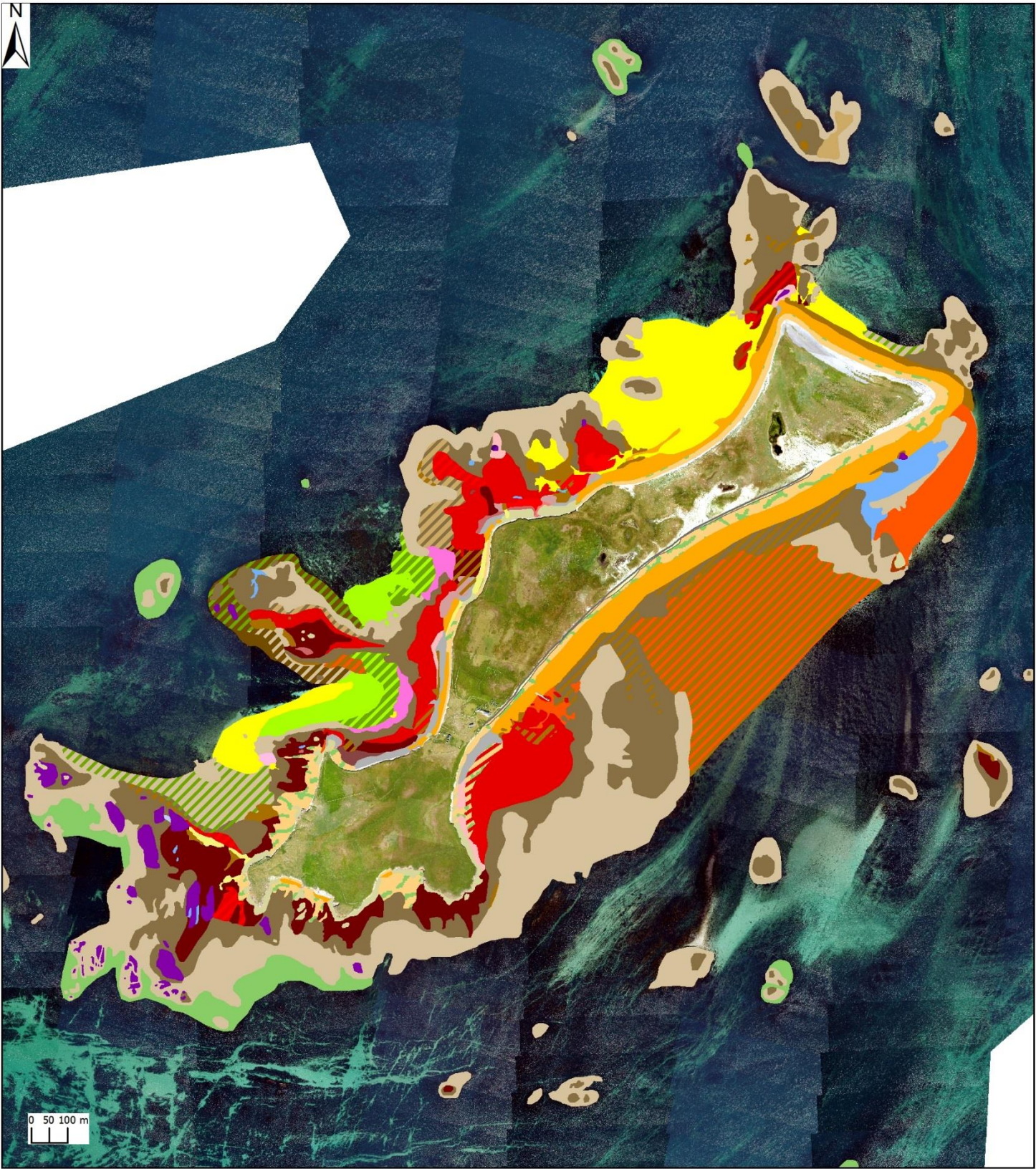
Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

Figure 33 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Morgol

ILE DE BÉNIQUET - HABITATS

CARTOGRAPHIE DES HABITATS INTERTIDIAUX DE L'ARCHIPEL DE MOLÈNE



- Habitats meubles**
- A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
 - A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux
 - A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
 - A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux
 - A5-1 Sables supralittoraux
 - A5-2 Sables médiolittoraux mobiles
 - A5-3 Sables fins médiolittoraux
 - A5-7 Herbiers de *Zostera marina* sur sables médiolittoraux
- Habitats rocheux**
- A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
 - A1-2.1 Fucales de roches ou blocs du médiolittoral supérieur
 - A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
 - A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*
 - A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
 - A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
 - A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
 - A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
 - A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
 - A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
 - A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
 - A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
 - A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus* spp. et *Lichina pygmaea*
 - A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
 - A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral algues vertes (*Ulva* spp. et *Cladophora* spp.)
 - A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
 - B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
 - B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*
 - B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
 - B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
 - B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
 - B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccorhiza polyschides*
 - Bifurcaria*
 - Rhodothamniella*

Réalisation : cartographie des habitats intertidaux de l'archipel de Molène et côte nord du parc - TBM environnement - OFB - novembre 2020

Système de coordonnées : RGF Lambert 93
Projection : Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Sources des données :
- Hytech Imaging 2020, TBM 2020

Figure 34 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur Béniguet



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019

Légende



Habitats meubles

-  A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
-  A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux
-  A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux
-  A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux
-  A4-1 Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux marins
-  A5-1 Sables supralittoraux
-  A5-2 Sables médiolittoraux mobiles
-  A5-3 Sables fins médiolittoraux
-  A5-4 Sables fins envasés médiolittoraux

Habitats rocheux

-  A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris
-  A1-2.1 Fuciales de roches ou blocs du médiolittoral supérieur
-  A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*
-  A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*
-  A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes
-  A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes
-  A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*
-  A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d' *Ascophyllum nodosum*
-  A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' *Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies
-  A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes
-  A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*
-  A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes
-  A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes (*Rhodothamniella*)
-  A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes (*Porphyra purpurea*)
-  A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux
-  A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus spp.* et *Lichina pygmaea*
-  A1-3.1.2.2 Roches et blocs médiolittoraux à balanes et moules
-  A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique
-  A1-6.2 Cuvettes en milieux rocheux du médiolittoral
-  B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges
-  B1-1.1.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Mastocarpus* et autres algues rouges
-  B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges
-  B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*
-  B1-3 Laminaires de l'infralittoral supérieur
-  B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccharina latissima*

EDITEE LE : 15/12/2020

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

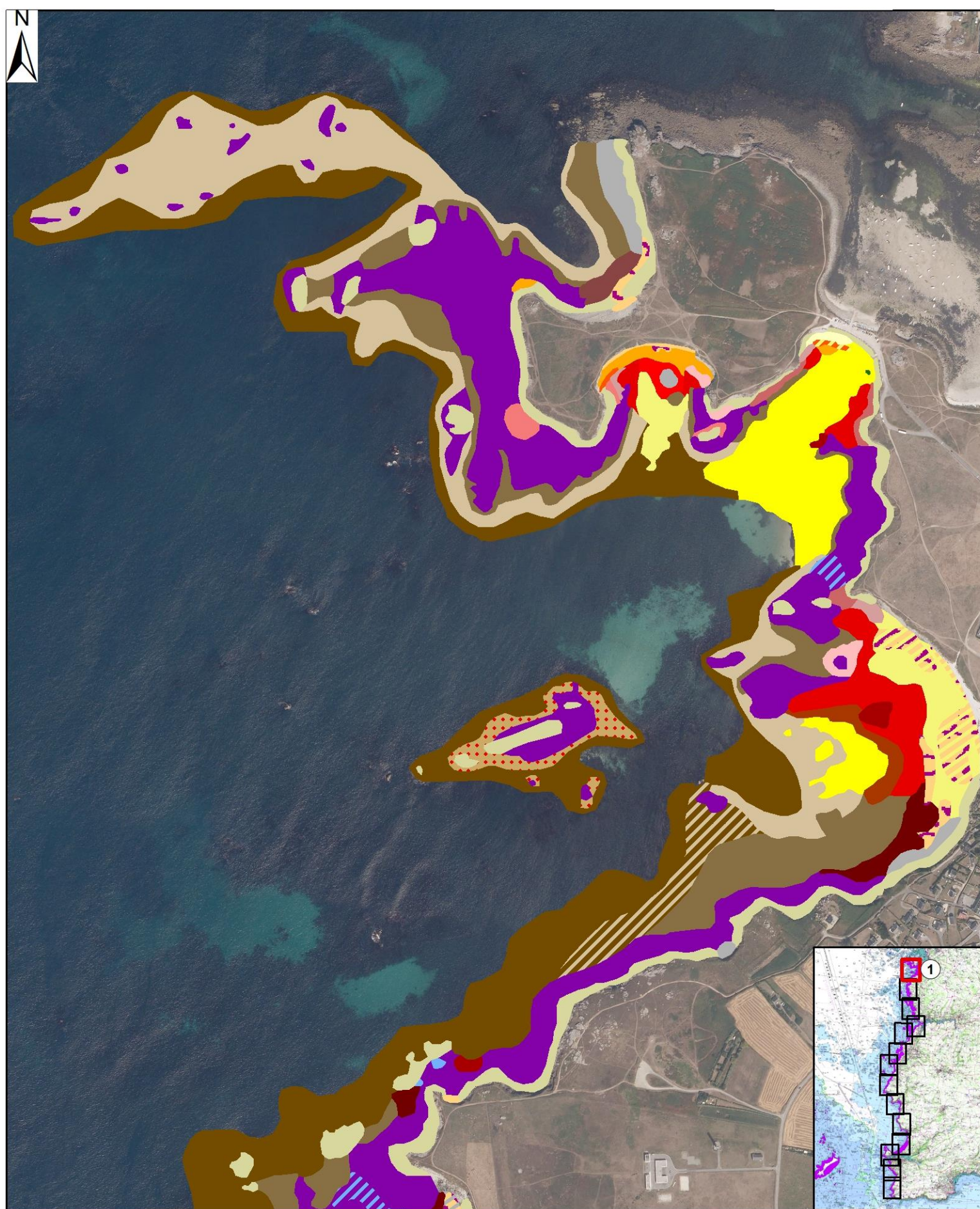


Figure 35 : Légende des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent)



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 1/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

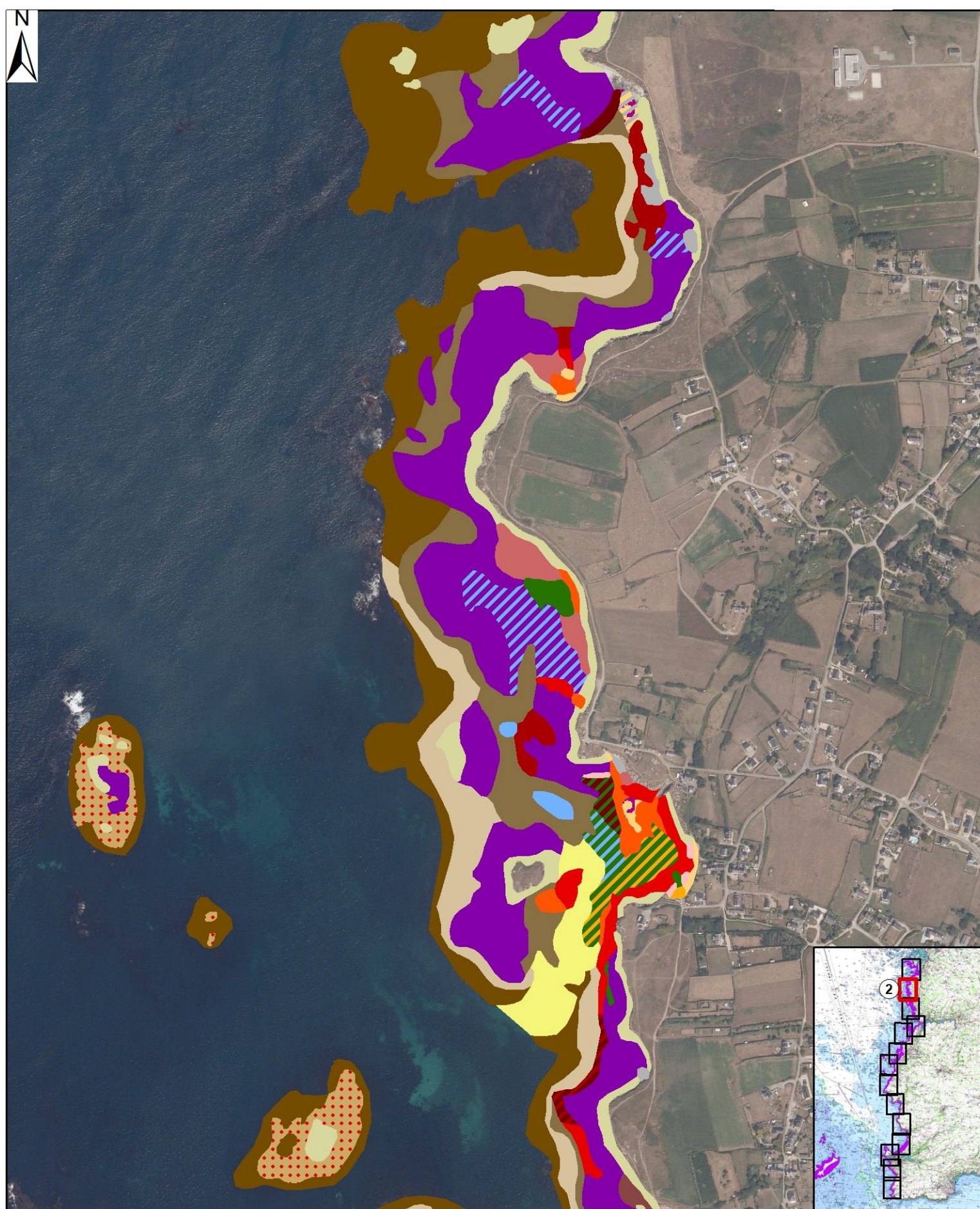


Figure 36 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 1



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 2/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :

- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

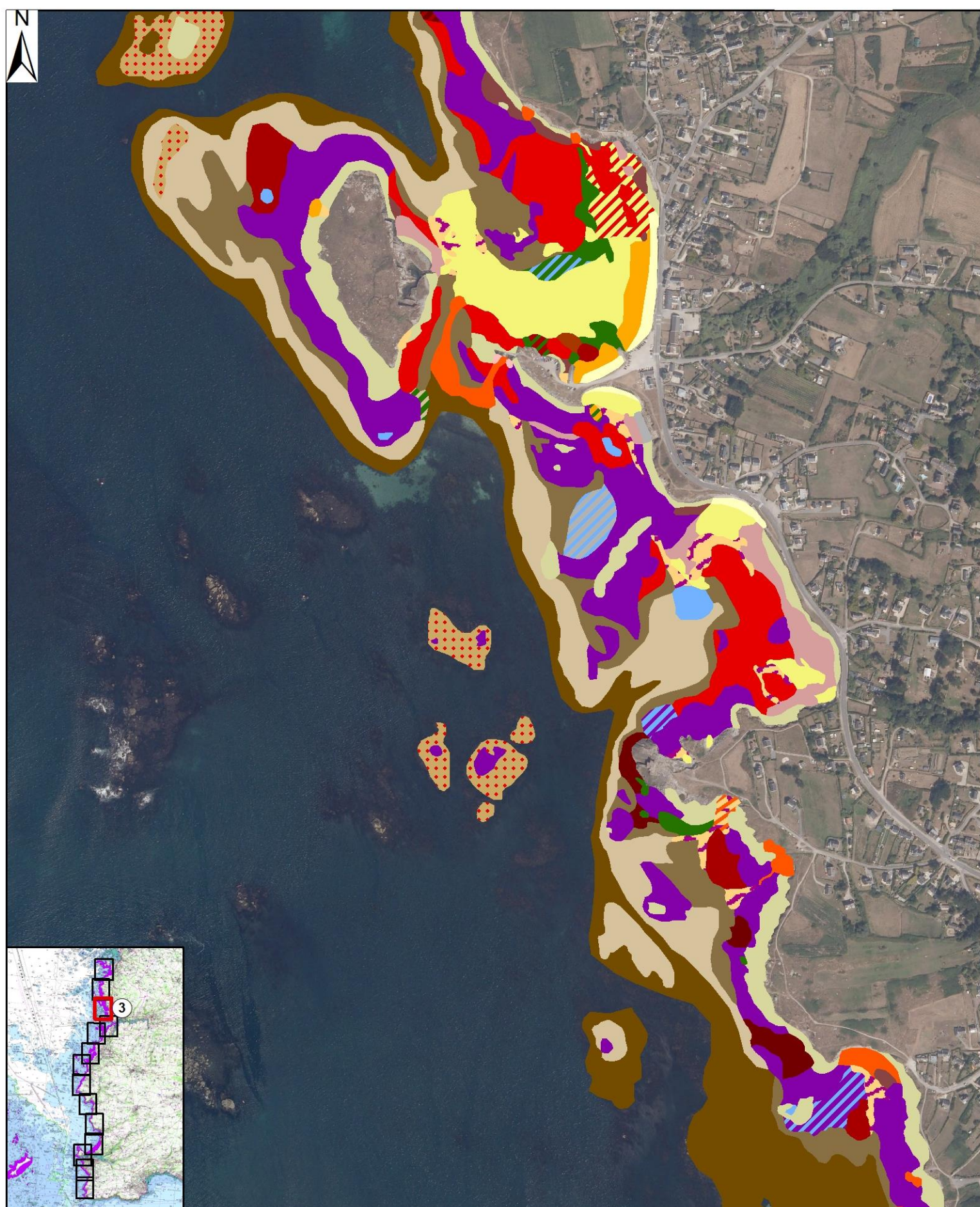


Figure 37 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 2



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 3/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

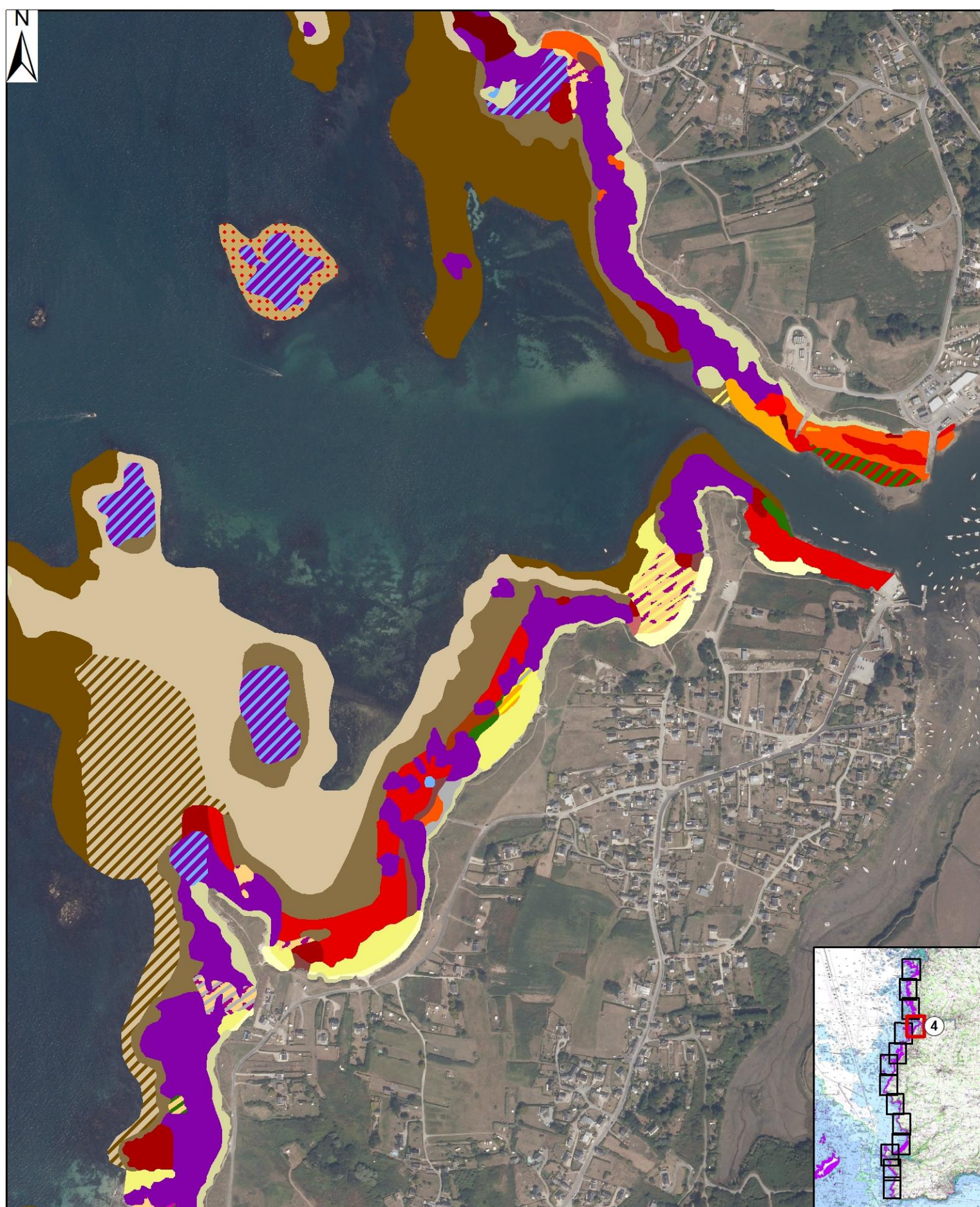


Figure 38 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 3



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 4/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

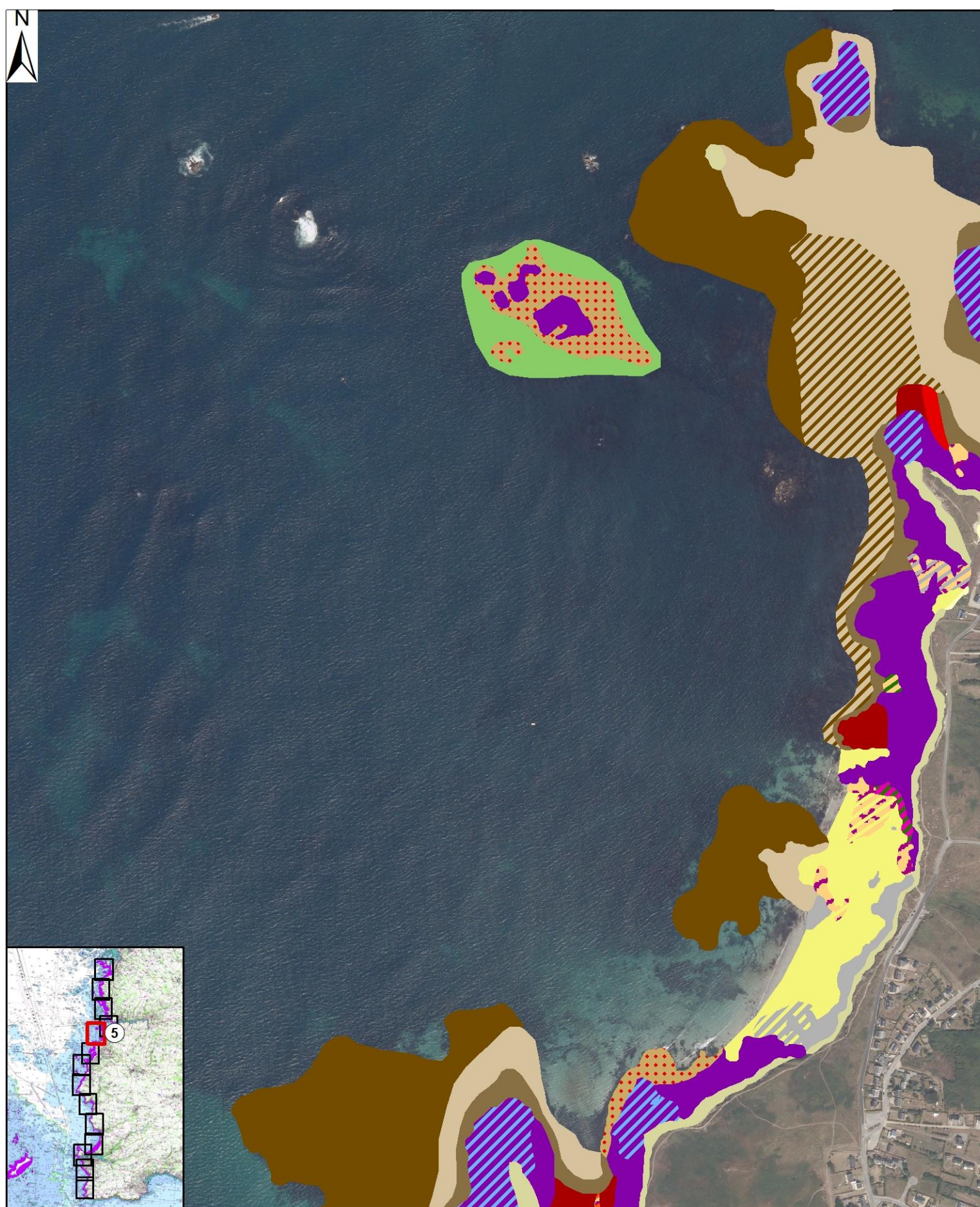


Figure 39 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 4



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 5/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

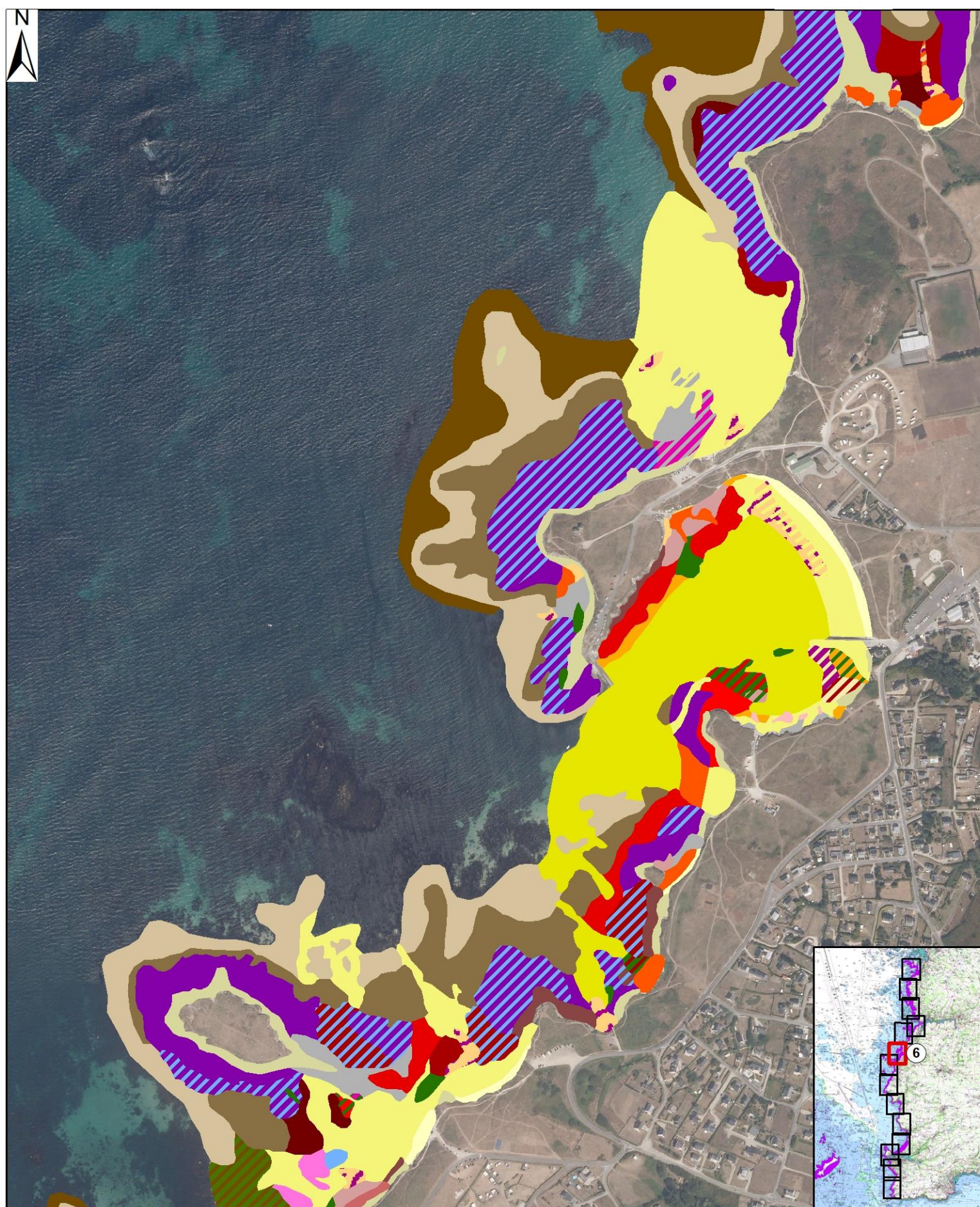


Figure 40 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 5



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 6/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 41 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 6



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 7/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

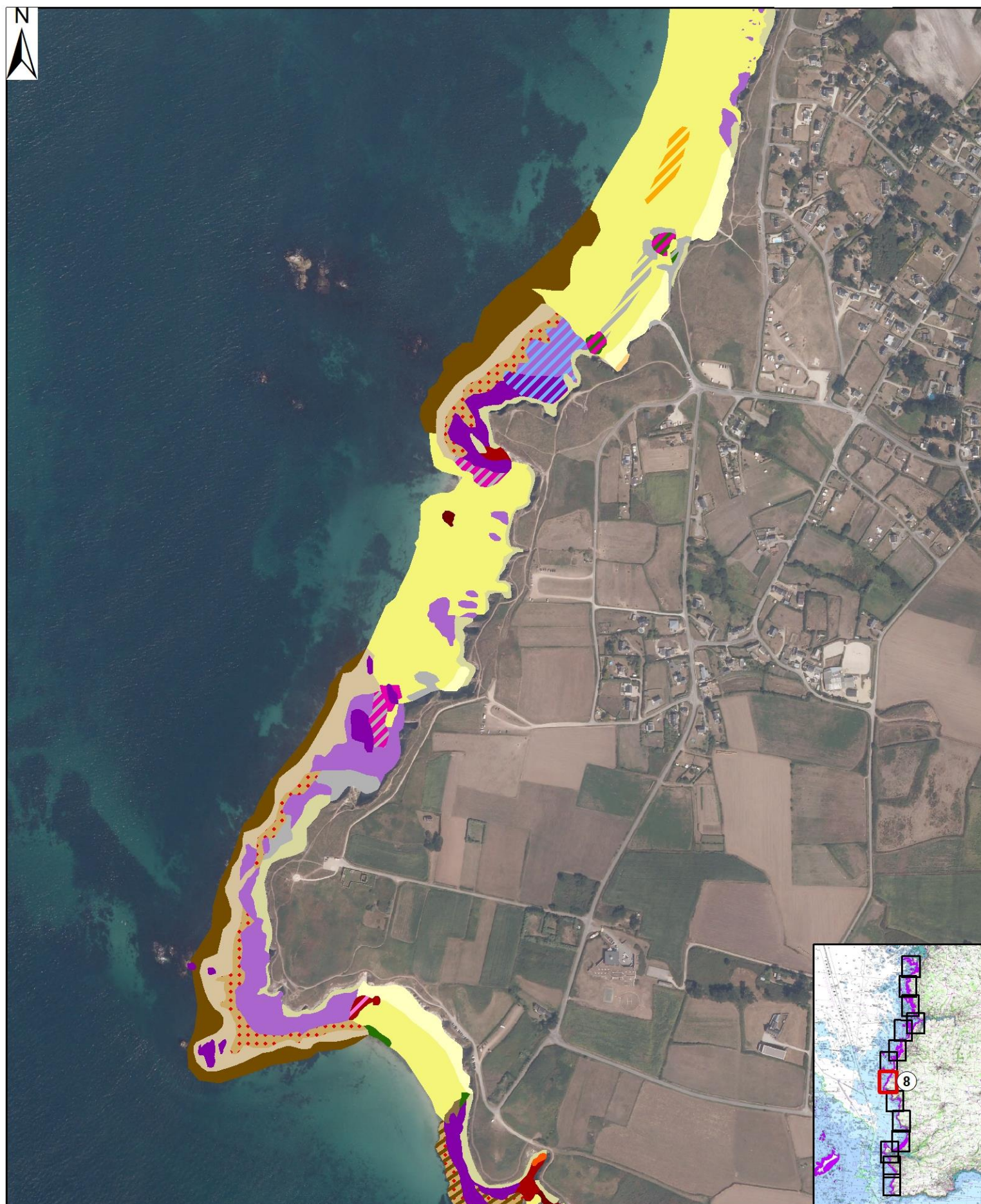


Figure 42 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 7



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 8/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

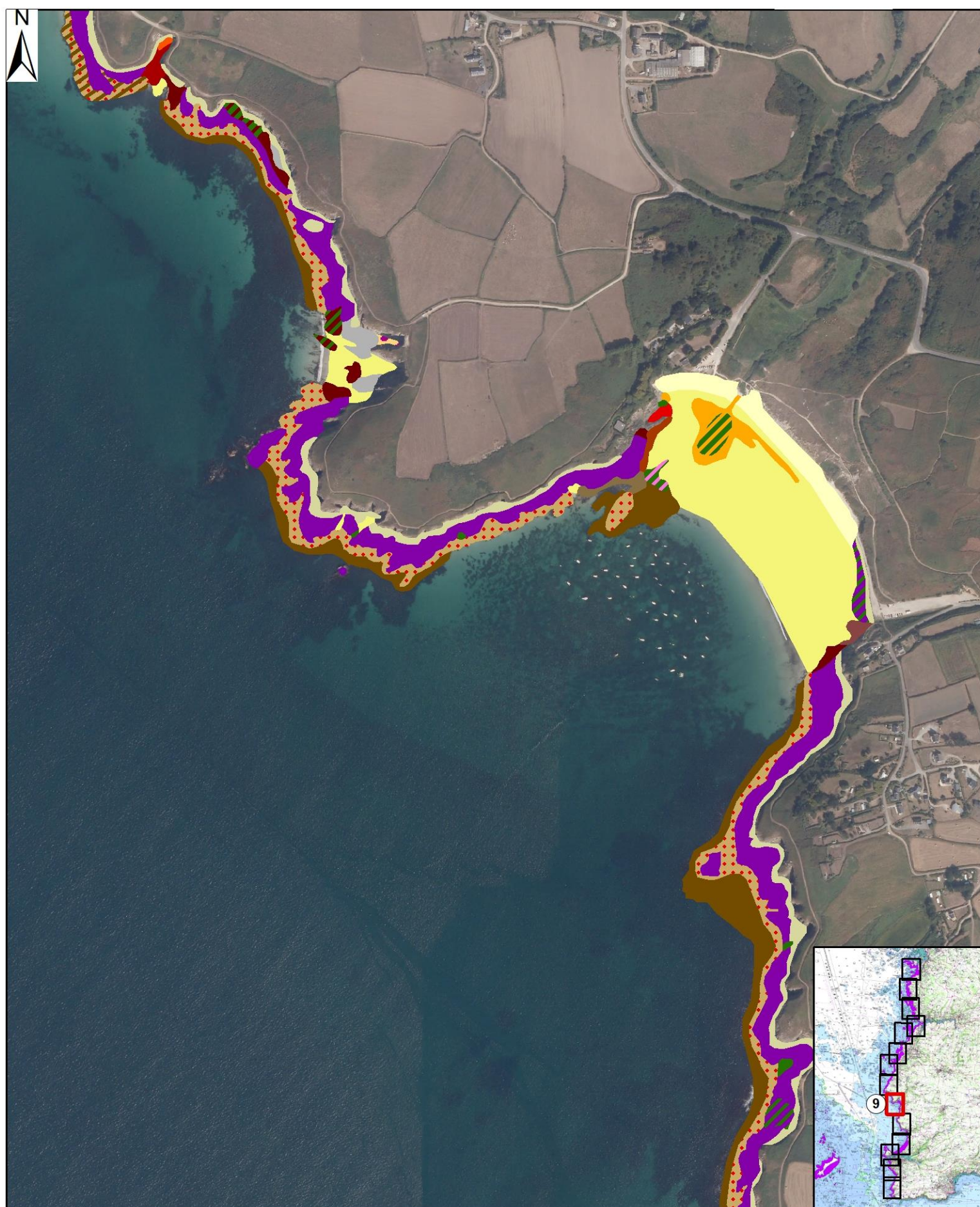


Figure 43 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 8



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 9/14



EDITEE LE : 15/12/2020



Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

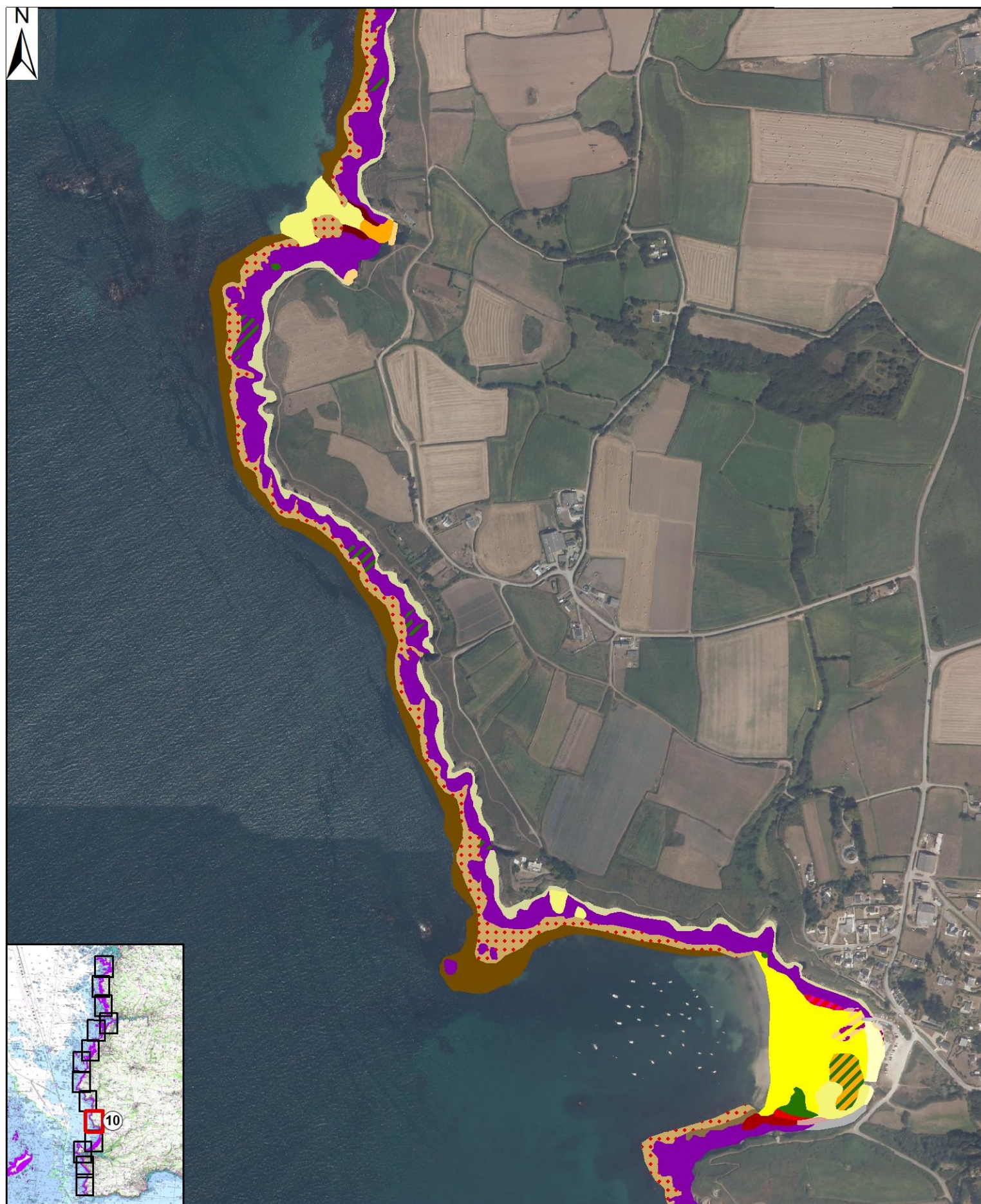


Figure 44 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 9



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 10/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

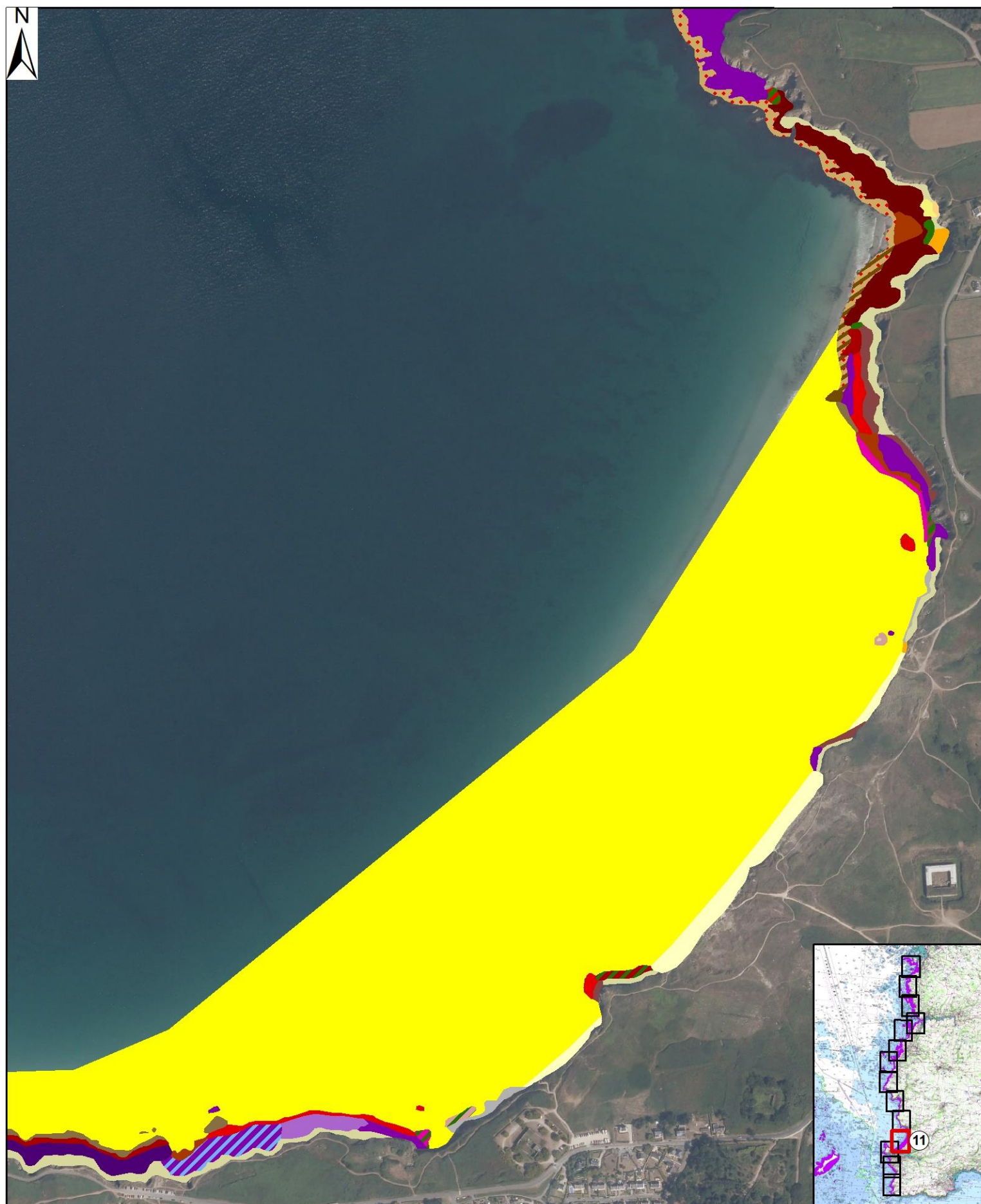


Figure 45 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 10



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 11/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :

- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

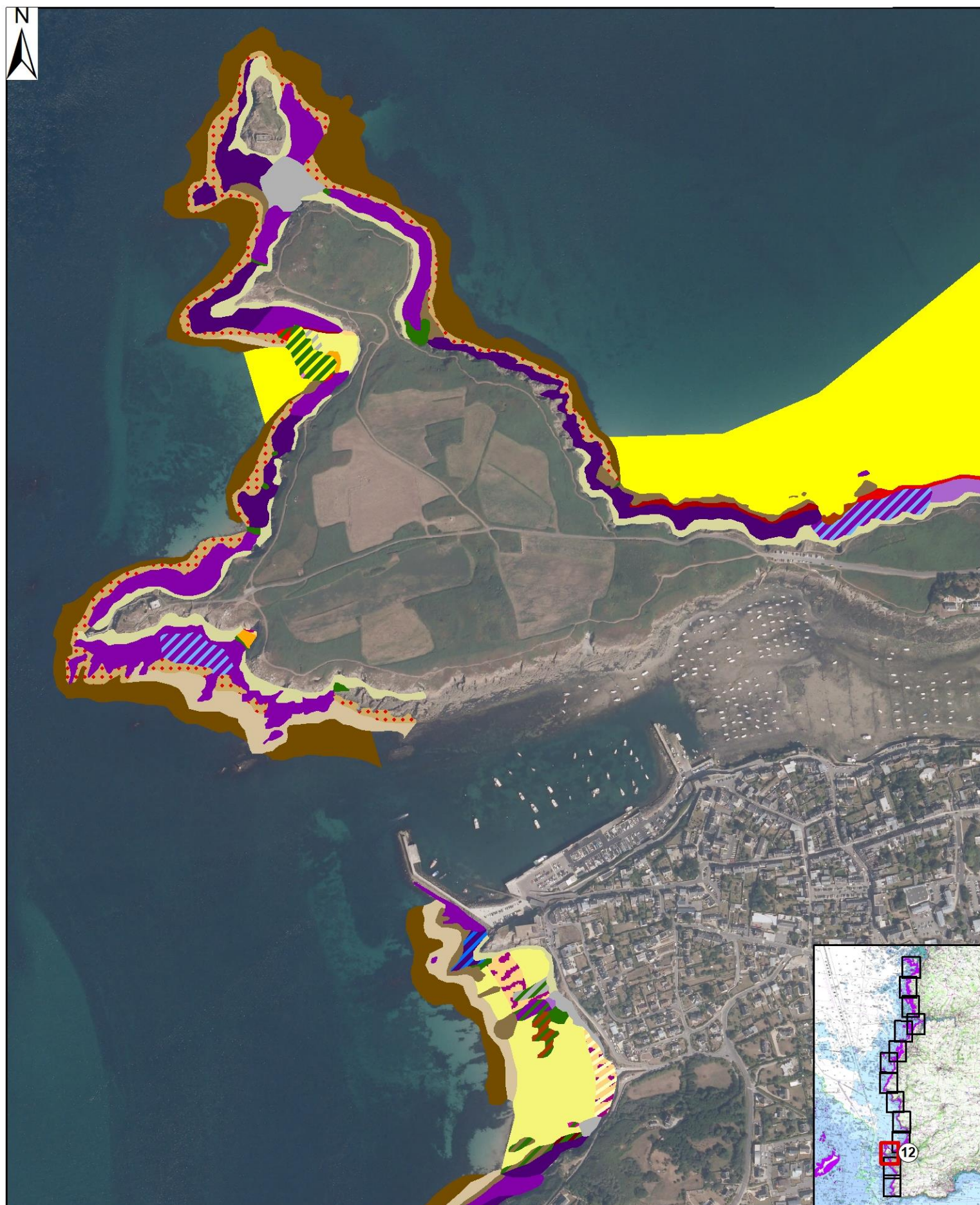


Figure 46 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 11



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 12/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :

- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

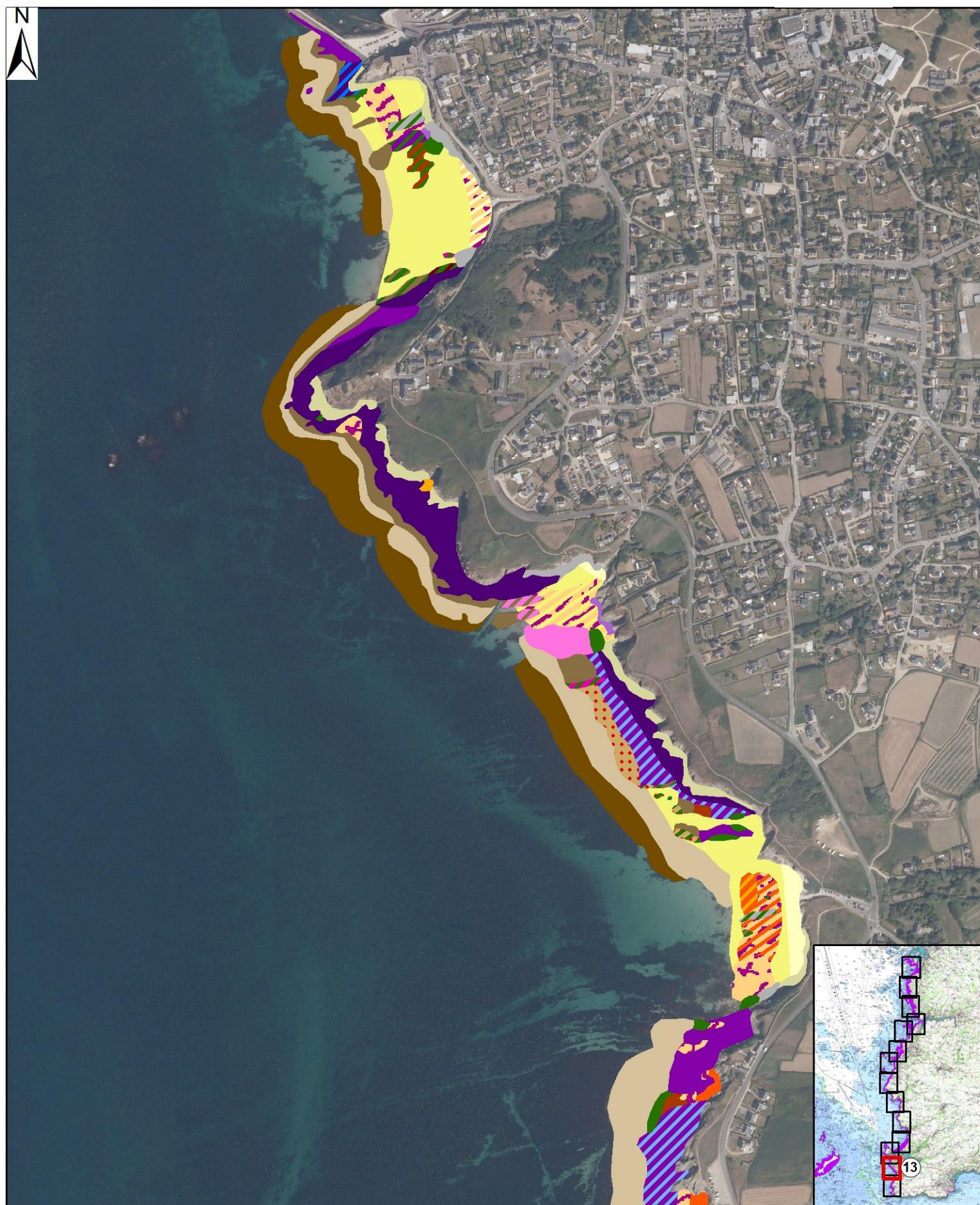


Figure 47 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 12



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 13/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :

- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020

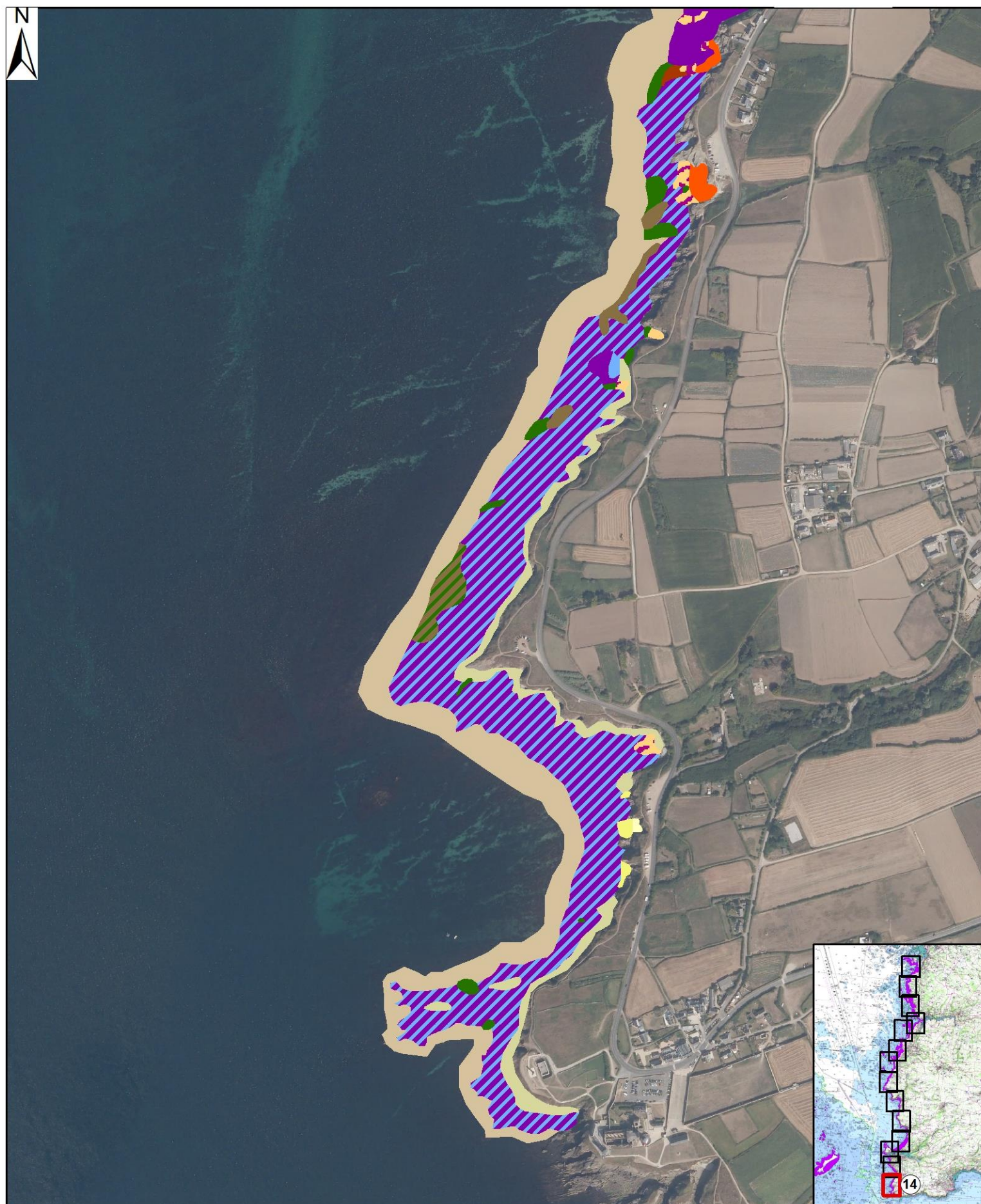


Figure 48 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 13



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Typologie MNHN 2019
Zoom 14/14



EDITEE LE : 15/12/2020

0 75 150 m

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :

- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013, SCAN Littoral®
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 49 : Carte des habitats marins intertidaux selon la typologie MNHN (Michez et al., 2019) sur PNMI Partie Nord (continent) Zoom 14

3.2 Indices de confiance

La Figure 51 et la Figure 51 indiquent les indices de confiance des cartes des habitats. Dans l'archipel de Molène, les secteurs classés en qualifications certaines mais limites incertaines correspondent aux secteurs prospectés à distance. Les secteurs classés en qualifications douteuses correspondent aux îlots sous prospectés dans le cadre de cette étude.

Pour le continent la majeure partie est classée en qualifications certaines et limites certaines. Le reste est classé en qualifications certaines mais limites incertaines. Cela correspond aux zones prospectées à distance (îlots et falaises escarpées et dangereuses).

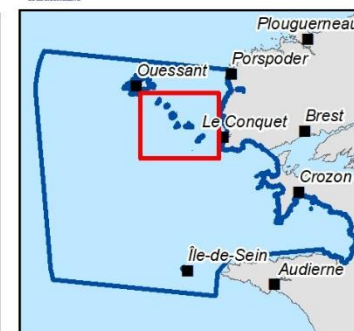
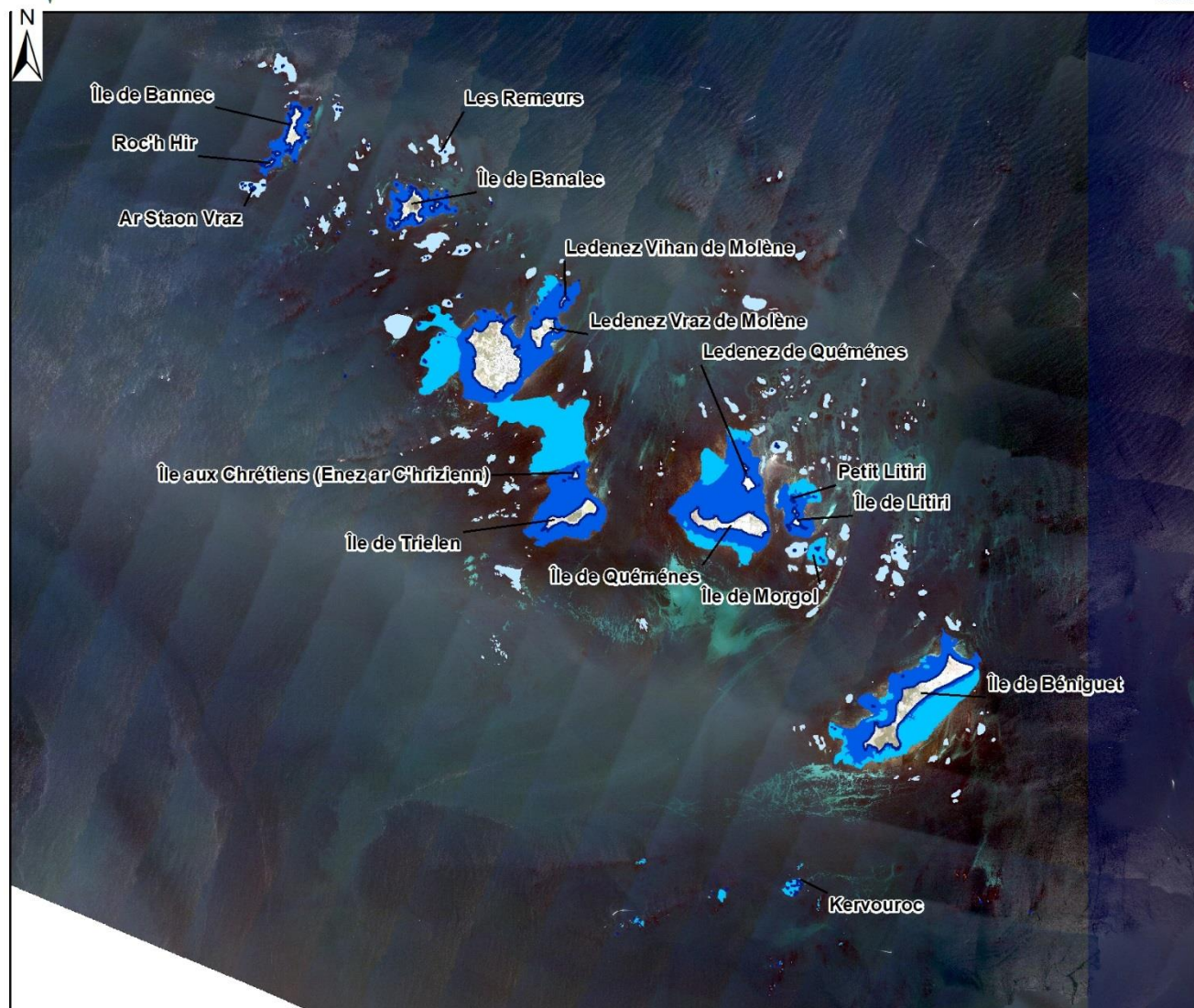


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Indices de confiance - Archipel de Molène



EDITEE LE : 15/12/2020



Parc Naturel Marin d'Iroise

Indice de confiance

- Qualification douteuse
- Qualification certaine mais limites incertaines
- Qualification certaine et limites certaines

0 1 2 Km

Système de coordonnées : Lambert 93 /
RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 50 : Carte d'indice de confiance sur l'archipel de Molène

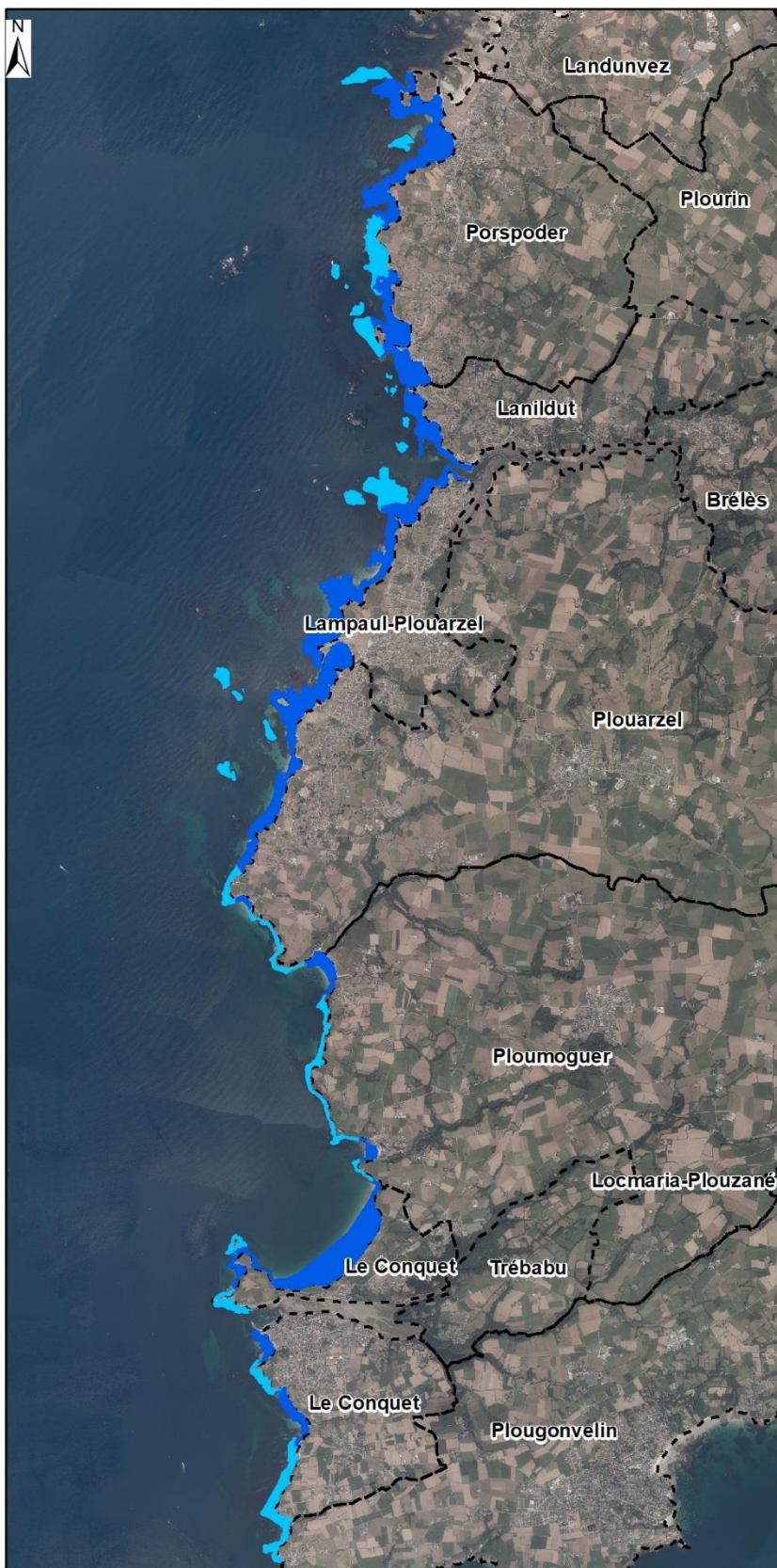


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Indices de confiance



EDITEE LE : 15/12/2020



Indice de confiance

- Qualification douteuse
- Qualification certaine mais limites incertaines
- Qualification certaine et limites certaines



Système de coordonnées : Lambert 93 /
RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 51 : Carte d'indice de confiance sur le PNMI Nord

3.3 Descriptions des habitats

Pour chaque habitat, une description est faite et un code habitat est attribué. La typologie est MNHN 2019.

3.3.1 Substrats rocheux

Le secteur d'étude se compose de substrats rocheux (falaise, platier rocheux, champ de blocs) ou de concrétions biogéniques. Ces différents substrats peuvent être sous-marins ou bien exposés à l'air libre à marée basse. Il offre une stratification variée de communautés benthiques algales et animales. Ces habitats sont soumis en continu à des phénomènes d'érosion, ce qui engendre une mosaïque de biotopes variés et juxtaposés et une richesse biologique importante. De plus, une organisation des communautés en bandes horizontales s'effectue sous l'action de l'émersion (sensibilités différentes des communautés par rapport au temps d'émersion).

Cette structuration en « étages » est donc la conséquence des périodes plus ou moins longues d'exondation de l'estran en fonction du positionnement du lieu étudié. Sur une côte rocheuse quatre grands étages peuvent être définis (Figure 52) :

- L'étage supralittoral ou zone des embruns, zone située au-dessus du niveau moyen des hautes mers de vive-eau (marées d'équinoxe), qui est éclaboussée facilement par les embruns, donc lessivée assez violemment par de l'eau salée, et, qui n'est immergée que rarement lors des grandes marées de vive-eau ou lors de certaines tempêtes. Cet étage fait la transition avec la frange terrestre.
- L'étage médiolittoral ou zone normale de balancement des marées où il y a alternance d'immersion et d'émersion ; cet étage est délimité vers le haut par le niveau moyen des hautes mers de vive-eau et vers le bas par le niveau moyen des basses mers de vive-eau. Il est caractérisé par la présence des algues brunes de la famille des fucales
- L'étage infralittoral émergé lors des marées de vive-eau. Il est défini comme la zone côtière de bas niveau où il y a assez de lumière pour que les algues puissent se développer ; elle descend en fonction de la côte et de la mer à -10, -30 m, avec une partie émergée et une autre immergée. C'est l'étage caractérisé par la présence des laminaires (algues brunes) et des algues rouges
- L'étage circalittoral (aussi appelé étage sublittoral), dénomination scientifique actuelle, correspondant à la partie de l'étage infralittoral qui n'est jamais émergée. Ce n'est pas une zone inconnue du pêcheur à pied car la flore et la faune inféodées à cet étage peuvent être

observées (phénomène des remontées d'espèces) dans les cuvettes souvent présentes sur les côtes rocheuses.

De plus, les organismes intertidaux sont soumis au déferlement des vagues. Les peuplements vont donc varier également horizontalement en fonction des différents modes hydrodynamiques auxquels l'estran est soumis. En effet, l'exposition de l'estran à l'action de la mer aura des conséquences sur sa structuration.

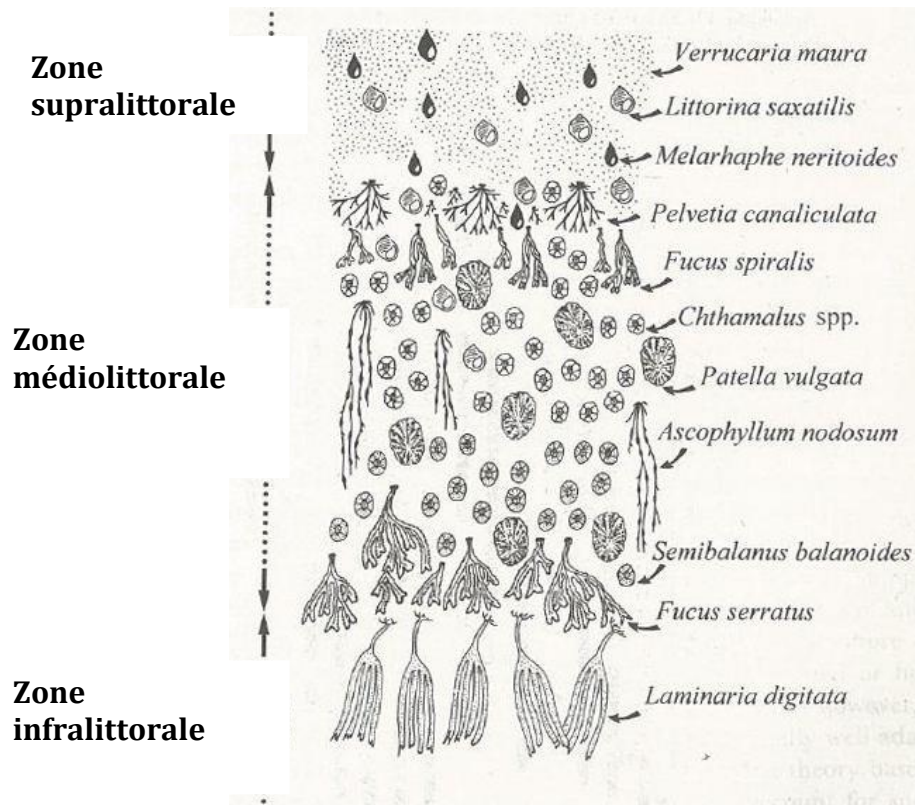


Figure 52 : Etagement en mode semi-battu (Little and Kitching, 1996)

En milieu rocheux, le niveau hypsométrique (bathymétrique) peut être identifié par la distribution verticale des espèces végétales qui est maintenant bien définie et connue.

Quatre niveaux hypsométriques peuvent être ainsi distingués :

- Pleine Mer de Vive Eau (PMVE), correspondant à la limite supérieure des algues *Pelvetia canaliculata* et *Fucus spiralis* (Figure 53).
- Pleine Mer de Morte Eau (PMME), correspondant à la limite supérieure des algues *Ascophyllum nodosum* (Figure 53) et *Fucus vesiculosus* (Figure 53).
- Basse Mer de Morte Eau (BMME), correspondant à la limite supérieure des *Fucus serratus* (Figure 53).
- Basse Mer de Vive Eau (BMVE), correspondant à la limite supérieure des Laminariales et de la Fucale *Himanthalia elongata* et des algues rouges (Figure 53).



Figure 53 : *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus* et algues rouges et laminaires (De gauche à droite et de haut en bas)

A1-1.1 Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris

Cet habitat est situé à la limite des végétaux terrestres et le niveau moyen des pleines mers de vives eaux, c'est la zone de contact entre la terre et la mer. La végétation n'est constituée que de lichens adaptés au sel et à la sécheresse. Ce milieu est directement sous influence des écoulements polluants de toutes sortes. Cet habitat est bien représenté sur les sites d'étude.



Figure 54 : Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris

A1-2.1 Fucales des roches ou blocs du médiolittoral supérieur

A1-2.1.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Fucus spiralis*

A1-2.1.1.3 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de *Pelvetia canaliculata*

A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes

A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis* et cirripèdes

Rochers escarpés et substrat mixte abrités à modérément exposés, dans la zone médiolittorale supérieure. Cet habitat, situé souvent en continuité de la zone de roches et blocs supralittoraux à lichens, se caractérise par une couverture algale variable des espèces *Pelvetia canaliculata* et *Fucus spiralis*. C'est pourquoi, la couverture peut être discontinue ou continue en fonction du mode d'exposition. Ces habitats sont bien présents avec de belles biomasses dans l'archipel de Molène et sont plus rares et plutôt en mode discontinue sur le continent



Figure 55 : Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture continue de Fucus spiralis

A1-2.2 Fucales des roches ou blocs du médiolittoral moyen

A1-2.2.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue de *Fucus vesiculosus*

A1-2.2.1.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d'*Ascophyllum nodosum*

A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d'*Ascophyllum*, de spongiaires et d'ascidies

A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes

Roches et gros blocs modérément exposés à très abrités dans la zone médiolittorale moyenne, se caractérise par deux espèces d'algues brunes *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*. Le mouvement de l'eau favorise la présence d'une faune riche. De plus, sous le couvert des algues brunes se trouve une biocénose diversifiée comprenant des algues rouges et algues encroûtantes. La présence de cet habitat peut être très fluctuante notamment à cause de l'action des vagues. Ainsi, sur une période de quelques années sur une même zone il est possible de passer d'un habitat rocheux avec de la faune à un habitat dominé par les algues en passant par des phases de mosaïques. C'est pourquoi, la couverture peut être discontinue ou continue. De très fortes biomasses sont observées sur l'ensemble des îles de l'archipel de Molène alors qu'elles sont beaucoup plus localisées sur le continent.



Figure 56 : Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture continue d'*Ascophyllum nodosum*

A1-2.3.1.1 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de *Fucus serratus*

Cet habitat est situé en bas d'estran et est régulièrement émergé même lors des mortes eaux. Le paysage est modelé par les conditions hydrodynamiques. Cet habitat se caractérise par une couverture algale variable et la ceinture dominante est celle à *Fucus serratus*. Cet habitat est souvent situé juste avant l'habitat à *Fucus serratus* et algues rouges. La limite entre ces deux habitats n'est pas toujours évidente. Cet habitat présente un réel enjeu de conservation.



Figure 57 : Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture de Fucus serratus

A1-2.4.1 Roches ou blocs médiolittoraux à *Catenella caespitosa*

Alors que les roches et blocs médiolittoraux des zones exposées voire très exposés sont davantage dominées par la faune, des espèces végétales résistantes peuvent également être présentes, comme les fucales (dans leur forme prostrée) et les algues rouges encroûtantes qui se trouvent souvent dans les fissures et les cavités qui créent des microhabitats plus protégés (Ar Gall et al., 2012). Sur les îlots de l'archipel de Molène, l'espèce d'algue *Fucus serratus* ne s'est pas développée notamment du fait de l'hydrodynamisme. La principale espèce alors observée est l'algue rouge *Catenella caespitosa*.

A1-2.5 Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes

Cet habitat, constitué de roches et de blocs de quelques décimètres cubes à 1 mètre cube, sont colonisés par des algues vertes. Cette colonisation signe une perte de leur valeur patrimoniale. La localisation de ces roches et blocs sur l'estran est associée ici dans la majorité des cas au retournement des blocs dû à l'action de la houle induisant une mortalité importante d'algues et d'invertébrés et un développement sur certaines zones d'algues opportunistes telles que *Ulva* spp.. Cet habitat rocheux est caractérisé par la présence d'algues opportunistes à développement rapide.

Cette apparition peut également être causée par le décapage des fucales permettant ainsi le recrutement et l'installation de ces algues vertes. Enfin, la présence de ces algues est en lien aussi avec la présence d'eau douce.



Figure 58 : Roches ou blocs méditerranéens avec algues opportunistes

A1-3.1.1 Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux

A1-3.1.1.2 Roches et blocs médiolittoraux à *Chthamalus* spp. et *Lichina pygmaea*

A1-3.1.2.2 Roches et blocs médiolittoraux à balanes et moules

A1-3.1.4 Roches ou blocs médiolittoraux à pouces-pieds

Les surfaces rocheuses en mode exposé sont essentiellement occupées par des organismes filtreurs tels que les cirripèdes et les gastéropodes microbrouleurs (patelles, littorines, gibbules, etc.) qui constituent la base de la biocénose (Ar Gall et al., 2012). Cet environnement favorise l'installation de communautés animales aux dépens des communautés de macroalgues dressées, moins adaptées aux conditions difficiles du fort hydrodynamisme (Ar Gall et al., 2012). Les algues y sont donc rares, surtout dans les hauts niveaux. Dans ces milieux, la pêche à pied n'a qu'un impact limité sur l'habitat. Cet habitat, qui présente des conditions de vie extrêmes, n'a que peu de chance d'être dégradé par la mauvaise qualité des eaux. Dans certains secteurs, l'espèce de lichen *Lichina pygmaea* est également observée.



Figure 59 : Cirripèdes et patelles des roches ou blocs médiolittoraux.

Au sein de cet habitat, situé dans le médiolittoral inférieur, des taches éparées de moules associées à des populations plus ou moins denses de cirripèdes (ex. : balanes) sont présentes sur le continent et sur certains îlots de l'archipel de Molène (Kervouroc). Enfin, un habitat remarquable est présent sur les îlots de Kervouroc, ce sont les pouces-pieds. Ces crustacés se fixent sur la roche dans les interstices des failles et des fissures. Cet habitat est présent sur les roches du médiolittoral inférieur en milieu battu (hydrodynamisme des vagues important). Les individus occupent une bande de

largeur comprise entre 2 et 10 m selon que la paroi est verticale ou en pente douce. Les populations les plus septentrionales se trouvent dans l'archipel d'Ouessant.



Figure 60 : Roches ou blocs médiolittoraux à pouces-pieds

A1-4.1 Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique

Roches et blocs situés dans des zones exposées ou sous influence sédimentaire qui se caractérisent par une faune et une flore très limitées. Seuls quelques gastéropodes comme les littorines ou les bigorneaux y sont observés.



Figure 61 : Roches et blocs médiolittoraux supérieur à très faible couverture macrobiotique

A1-6.1.1 Cuvettes en milieu rocheux du supralittoral à algues vertes (*Ulva* spp. et *Cladophora* spp.)

A1-6.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral

A1-6.2.1 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral à corallinales encroûtantes

A1-6.2.1.2 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*

A1-6.2.2.3 Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral à *Sargassum muticum*

La présence et la morphologie de cet habitat résulte de la topographie du site et la nature de la roche qui retient l'eau de mer de quelques centimètres à quelques mètres carrés. Cet habitat particulier, correspondant à une enclave écologique, va augmenter de manière significative l'intérêt patrimonial et la biodiversité marine de la zone d'estran du site et constitue une zone refuge pendant la marée pour des espèces intertidales mais également subtidales. Bien que l'immersion permanente de cet habitat induise une biodiversité plus importante que certains autres habitats voisins, les stress physiques y sont très importants et la biodiversité y est par conséquent réduite. Les espèces caractéristiques de cet habitat varient en fonction de leur niveau. Dans les plus hauts niveaux, les cuvettes sont essentiellement caractérisées par des algues vertes éphémères telle qu'*Ulva* spp. Dans le médiolittoral, les cuvettes sont davantage caractérisées par les corallinacées (*Phymatolithon lenormandii* et *Lithophyllum incrustans*, *Corallina* spp.), les rhodophycées (*Mastocarpus stellatus*, *Polysiphonia* spp.) et certaines phéophycées comme *Bifurcaria bifurcata*. Ces habitats sont bien représentés que ce soit sur le continent ou dans l'archipel de Molène. Cependant, elles sont plus souvent observées en mosaïque avec les roches à cirripèdes sur le continent. La cartographie de ces habitats n'est pas évidente.



Figure 62 : Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral à *Bifurcaria bifurcata*

A2-1.1 Récifs de moules (moulières) sur roches ou blocs médiolittoraux

Cet habitat est très localisé car exclusivement observé sur les îlots de Kervouroc dans l'archipel de Molène. Il se caractérise par des densités en moules plus importantes que dans l'habitat **A1-3.1.2.2 Roches et blocs médiolittoraux à balanes et moules**. Il est cartographié dans des secteurs exposés.



Figure 63 : Récifs de moules sur roches et blocs médiolittoraux

B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges

B1-1.1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Palmaria palmata*

B1-1.1.3 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et *Mastocarpus* et/ou d'autres algues rouges

Roches exposées à modérément exposées de la zone infralittorale supérieure qui se caractérise par la présence d'un tapis dense d'algues rouges et d'algues brunes. Ces habitats sont très diversifiés. Il est situé juste avant la zone à laminaires. De plus, la distinction avec les champs de blocs n'est pas toujours évidente. Au sein de ces habitats, des ceintures algales denses peuvent être observées. Les algues rouges telles que *Mastocarpus stellatus*, *Corallina elongata*, *Osmundea pinnatifida*, *Lomentaria articulata* sont associées à l'algue brune *F. serratus* ou *Himanthlia elongata*. Dans l'archipel de Molène, la présence en forte biomasse de l'algue rouge *Palmaria palmata* est à noter. Ces habitats ont un réel enjeu de conservation du fait de la biodiversité qu'il peut avoir.



Figure 64 : Roches et blocs de l'infralittorale supérieure

B1-1.2.2 Roches ou blocs de la frange infralittorale inférieure à *Laminaria digitata*

B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Sacchorhiza polyschides*

B1-3.3 Forêt de laminaires dominée par *Saccharina latissima*

Roches exposées à modérément exposées de la zone infralittorale supérieure qui se caractérise par la présence de laminaires. Cet habitat est très diversifié. Il est situé juste après la zone à algues rouges. Trois espèces de laminaires sont observées : *Laminaria digitata*, *Sacchorhiza polyschides* et *Saccharina latissima*. *Laminaria digitata* et *Sacchorhiza polyschides* sont bien représentées dans l'archipel de Molène alors que sur le continent c'est exclusivement *Laminaria digitata* qui est observée. *Saccharina latissima* est très localisée et cette espèce indique une influence sédimentaire.



Figure 65 : Roches et blocs de la frange infralittorale inférieure à Laminaria digitata



Figure 66 : Saccharina latissima

3.3.2 Substrats meubles

A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux

Cet habitat est une zone de transition entre le milieu aquatique et terrestre et il constitue souvent une zone d'accumulation de détritiques qui subit fortement l'influence de la marée. Il est composé essentiellement de galets de hauts de plage qui retiennent dans leurs intervalles des débris végétaux rejetés en épave et conservent une grande humidité. Dans le cas d'accumulation, ce sera l'habitat

A3-1.1 Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux qui sera présent. C'est une zone de recyclage de la matière organique qui joue un rôle important dans l'alimentation de nombreuses espèces telles que les oiseaux, divers invertébrés, crustacés, insectes, etc. (<https://inpn.mnhn.fr>). Les espèces associées à cet habitat sont variables et essentiellement liées aux différentes sources de détritiques végétaux et à la taille des galets. Cet habitat se caractérise néanmoins par la présence de détritivores et de leurs prédateurs et d'importantes populations d'amphipodes du genre *Orchestia*. Enfin, cet habitat est exposé aux pollutions. En effet, les polluants sont déposés dans ces endroits relativement abrités lors des grandes marées et, faute de nettoyage par l'action des vagues, mettent une très longue période à se dégrader.



Figure 67 : Galets et cailloutis supralittoraux

A3-2.1 Galets et cailloutis médiolittoraux

Les rivages de cailloutis, de galets et de graviers sont souvent localisés sur des zones ouvertes et exposées. Cet habitat n'héberge pas une faune diversifiée et les rares individus qu'il est possible d'observer sont quelques amphipodes et polychètes.

Figure 68 : Galets et cailloutis médiolittoraux

A3-2.2 Gravieres et sables grossiers médiolittoraux

Ce sont de vastes estrans composés de sédiments grossiers entre les archipels rocheux et par endroit de champs de petits graviers encroûtés d'*Hildenbranchia* et de *Lithophyllum* dont la présence témoigne de la stabilité de ce milieu. Relativement stable, cet habitat est propice à l'installation de gros mollusques bivalves suspensivores et de vers polychètes de grande taille (<http://www.natura2000.fr>).



Figure 69 : Gravieres et sables grossiers médiolittoraux

A4-1 Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux marins

Ce sont des cailloutis et galets qui retiennent des débris végétaux rejetés en épaves. Sous ces petits blocs, le sédiment est envasé. La proportion de cette fraction vaseuse est variable. L'habitat présente des variations en fonction de la granulométrie du substrat, de l'action hydrodynamique et de la quantité des débris algaux. Cet habitat est utilisé par les oiseaux pour se nourrir. Il est localisé sur le continent dans la baie de Lampaul-Plouarzel.



Figure 70 : Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux

A5-1 Sables supralittoraux

Cet habitat est une zone de transition entre le milieu aquatique et l'espace terrestre, il occupe les hauts de plage constitués de sables fins. Cette zone de laisse de mer potentielle est alimentée par les matières organiques d'origines diverses (marine ou terrestre). Sa localisation est fonction du coefficient de marée. Cet habitat présente une très forte productivité. En effet, des amphipodes, les talitres (puces de sable) consomment les algues en décomposition et sont eux-mêmes consommés par des oiseaux. De ce fait, cet habitat est une zone importante pour l'alimentation de nombreux oiseaux (tournepierre, gravelot, bécasseau, pipit, etc.).



Figure 71 : Sables supralittoraux

A5-2 Sables médiolittoraux mobiles

Cet habitat héberge une faune limitée que ce soit en richesse spécifique et en abondance. Il est composé d'un mélange de sable moyen et de sable fin. La proportion de la partie grossière est variable mais négligeable.



Figure 72 : Sables médiolittoraux mobiles

A5-3 Sables fins médiolittoraux

Cet habitat, qui est soumis au déferlement de la houle, présente des espèces dont la distribution et la structuration sont essentiellement liées à la stabilité sédimentaire et donc à l'hydrodynamisme (<http://www.natura2000.fr>). Les sables fins et sables fins envasés sont généralement plus riches (d'un point de vue de la diversité et de l'abondance) contrairement aux sables moyens et grossiers. La proportion de la partie grossière est variable mais négligeable.



Figure 73 : Sables fins médiolittoraux

A5-7 Herbiers de *Zostera marina* sur sables médiolittoraux

Cet habitat correspond à l'étage infralittoral des zones ouvertes soumises à un fort hydrodynamisme et submergées de manière permanente. Il s'agit de milieux dispersifs à très haute énergie où les dépôts de particules fines sont limités. La profondeur d'eau dépasse rarement 20 m sous le niveau correspondant au niveau de plus basse marée. Ce sont des bancs de sable plus ou moins envasés sans végétation ou avec une végétation de *Zostera marina*.



Figure 74 : Herbiers de zostères marines

3.3.3 Habitats non classés dans la typologie MNHN 2019

Quatre habitats sont observés mais ne sont pas répertoriés dans la typologie MNHN 2019 :

1) Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Bifurcaria bifurcata* et autres algues rouges.

Cet habitat est rapproché à celui B1-1.1.1 Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Himanthalia* et autres algues rouges. En effet, souvent dans cet habitat *Bifurcaria bifurcata* est présent. Cependant, dans l'archipel de Molène de grandes surfaces avec uniquement *Bifurcaria bifurcata* sont cartographiées.

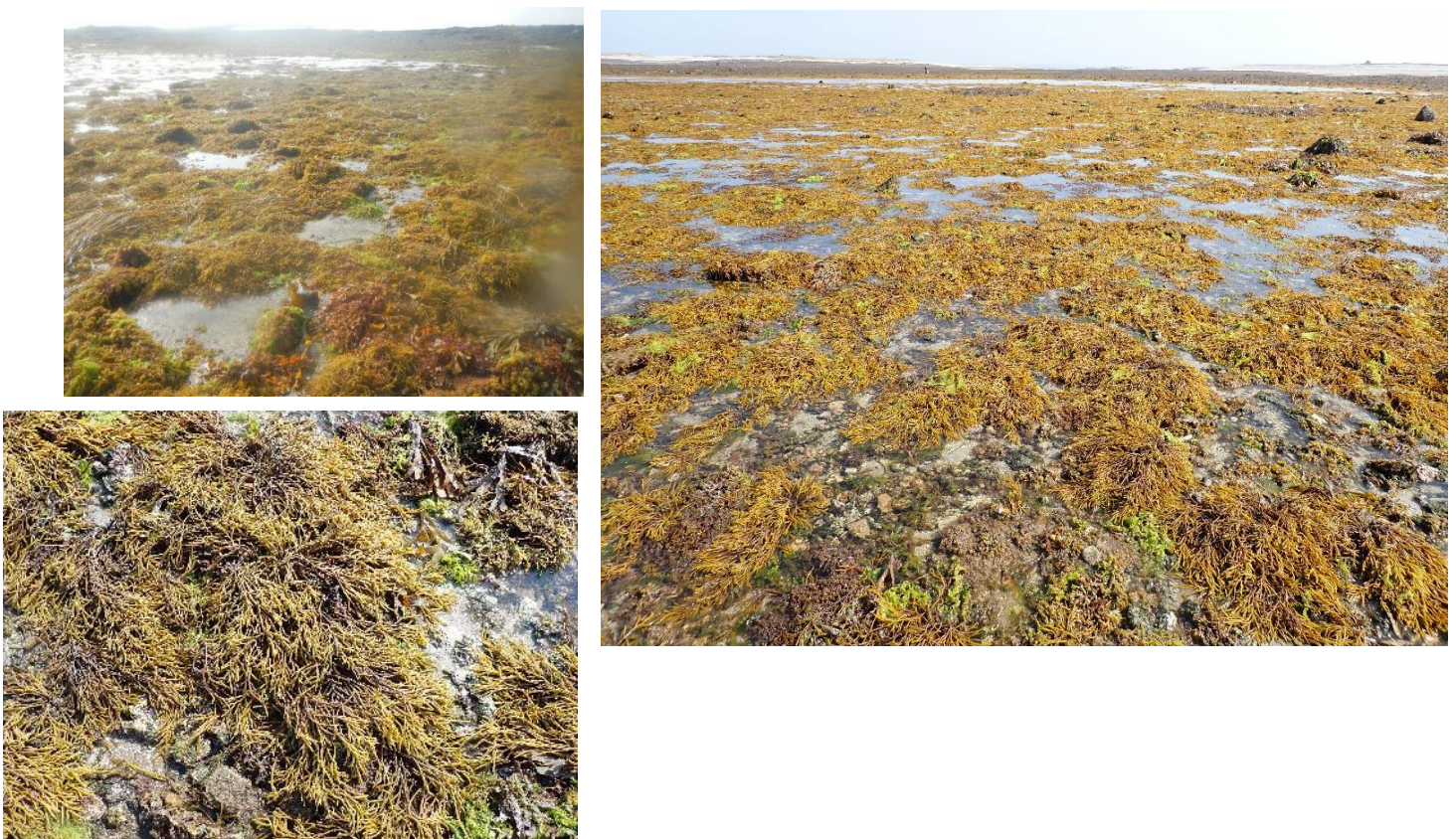


Figure 75 : Roches ou blocs de la frange infralittorale supérieure à *Bifurcaria bifurcata* et autres algues rouges.

2) Sédiment grossier avec Maerl mort.

Cet habitat est à rapprocher aux Gravieriers et sables grossiers. Néanmoins, la présence de maerl est très rare et mérite donc une attention particulière. Cet habitat est principalement observé sur Litiry en lien avec la présence des bancs de maerl infralittoraux.



Figure 76 : Sédiment grossier avec maerl mort sur le Lédénès de Quéménès

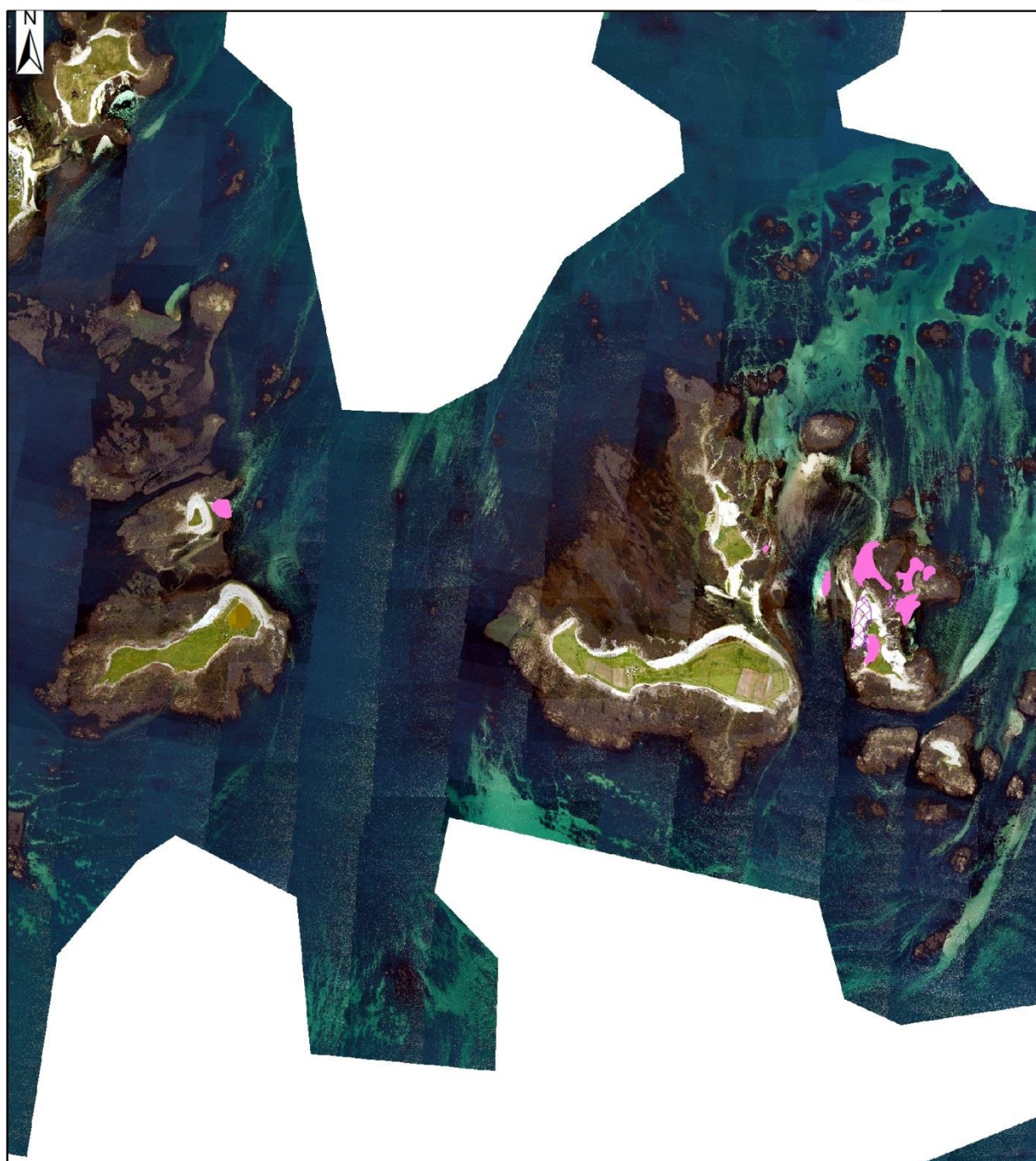


Figure 77 : Sédiment grossier avec maerl mort sur Litiri



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Localisation du maerl mort



- Maerl mort
- Maerl mort en mosaïque

0 500 1 000 m

EDITEE LE : 15/12/2020

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 78 : Localisation des sédiments grossiers avec maerl mort

3) *Rhodothamniella floridula* sur roche du médiolittoral inférieur abrasée par le sable.

4) *Porphyra purpurea* sur roche abrasée par le sable du médiolittoral moyen ou inférieur

Sur le site d'étude, deux habitats en lien avec la présence de sédiment sont observés. En effet, deux espèces opportunistes ont été inventoriées, les algues rouges, *Rhodothamniella floridula* et *Porphyra* spp. Ces espèces sont principalement présentes sur la roche du médiolittoral inférieur qui est abrasée par le sable. L'espèce d'algue rouge, *Porphyra* sp., est recensée sur le continent alors que *Rhodothamniella floridula* est notée sur le continent et l'archipel de Molène.



Figure 79 : *Rhodothamniella floridula* sur roche du médiolittoral inférieur abrasée par le sable.

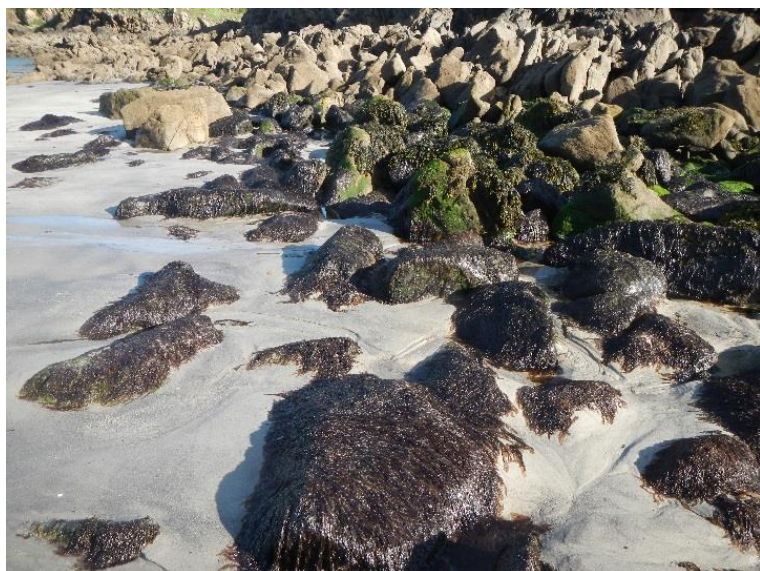


Figure 80 : *Porphyra purpurea* sur roche abrasée par le sable du médiolittoral moyen ou inférieur

3.4 Analyse de la répartition des habitats

Sur la zone d'étude, la déclinaison des habitats au niveau 2 est toujours possible contrairement au niveau 3. Une analyse de la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN est faite en fonction des différentes îles et de la zone Nord du PNMI.

3.4.1 Bannec

La Figure 81 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 39,1 ha a été cartographié. Les habitats dominants sont les fucales (*Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*) du médiolittoral moyen et les roches et blocs de la frange infralittorale (*Fucus serratus* et algues rouges et *Himanthalia elongata*). Pour les fucales du médiolittoral moyen plus de la moitié des habitats observés présentent une couverture discontinue indiquant un mode plutôt battu des côtes notamment sur la côte en face d'Ouessant. Trois autres habitats sont en proportions équivalentes et non négligeables, les lichens, les fucales du médiolittoral supérieur et les mosaïques. Ce pourcentage important indique une complexité topographique et d'exposition sur cette île. 17 mosaïques différentes sont présentes

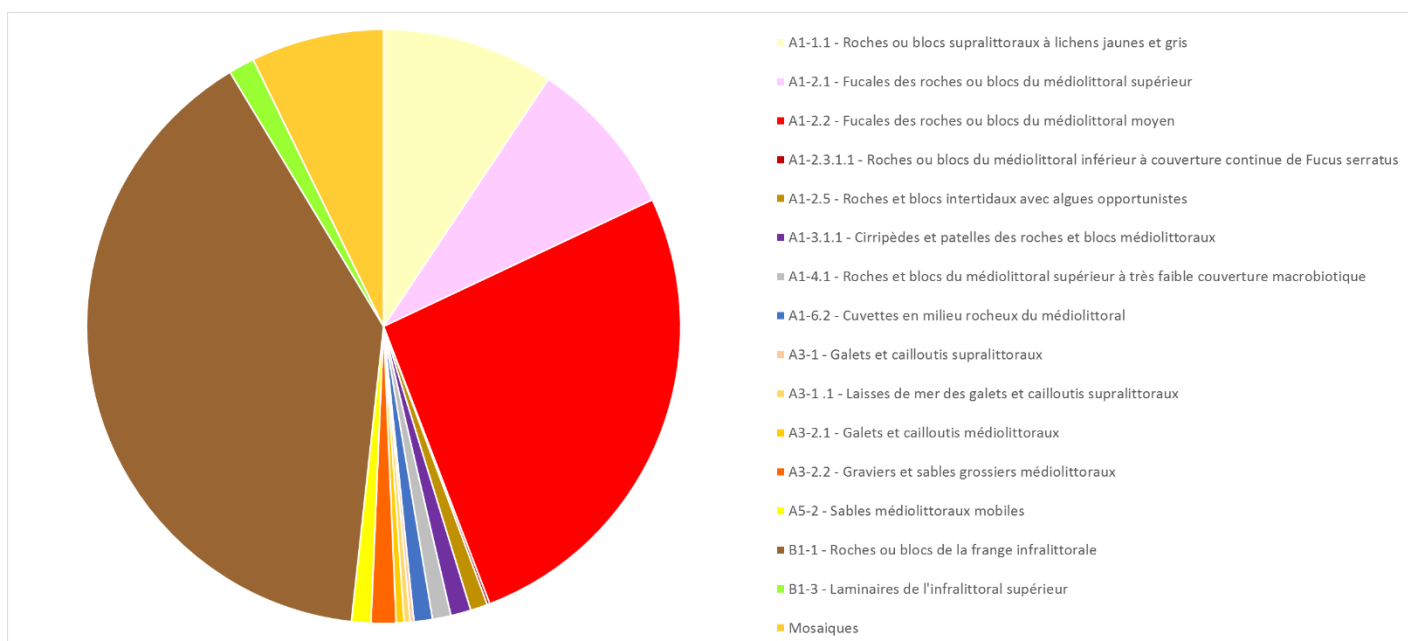


Figure 81 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Bannec

3.4.2 Balanec

La Figure 82 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 47,6 ha a été cartographié. Les habitats dominants sont ceux en mosaïques suivis par les

fucales (*Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*) du médiolittoral moyen, les roches et blocs de la frange infralittorale (*Fucus serratus* et algues rouges et *Himanthalia elongata*) les laminaires de l'infralittorale. Ce pourcentage très fort en mosaïque indique un enchevêtrement d'habitats très fort. 14 mosaïques différentes sont présentes dont une majoritaire celle qui regroupe *Himanthalia elongata* et les laminaires *Laminaria digitata*.

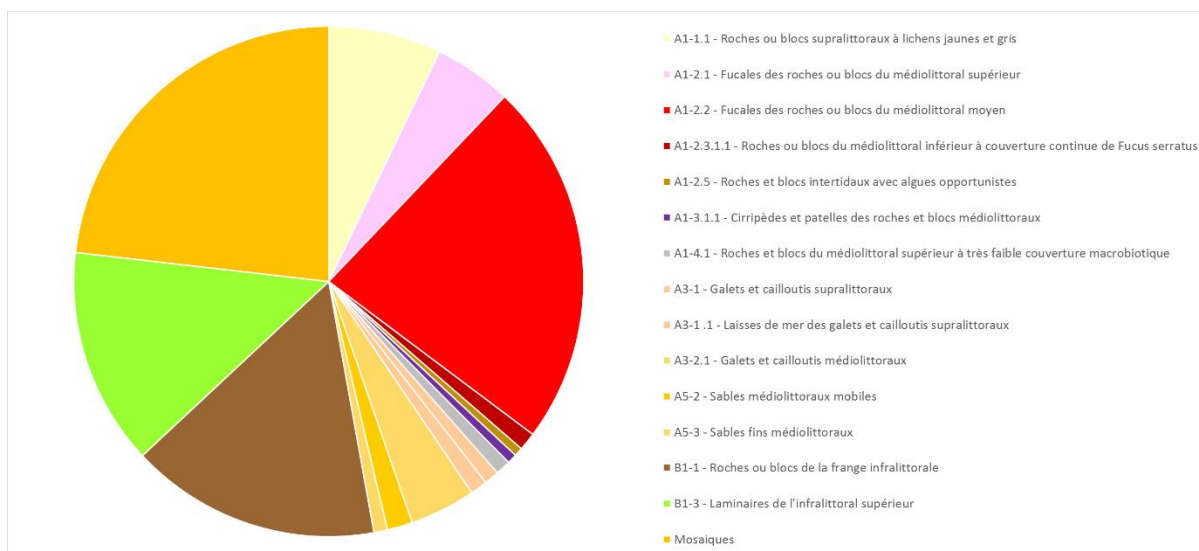


Figure 82 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Balanec

3.4.3 Molène et son Lédénès

La Figure 83 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 221,1 ha a été cartographié. Les mêmes dominances que celles de Balanec sont mises en évidence. Les habitats en mosaïques dominants sont ceux de l'infralittorale supérieure à *Fucus serratus* et algues rouges et à *Palmaria palmata*. Sur ce secteur, 43 mosaïques différentes sont cartographiées.

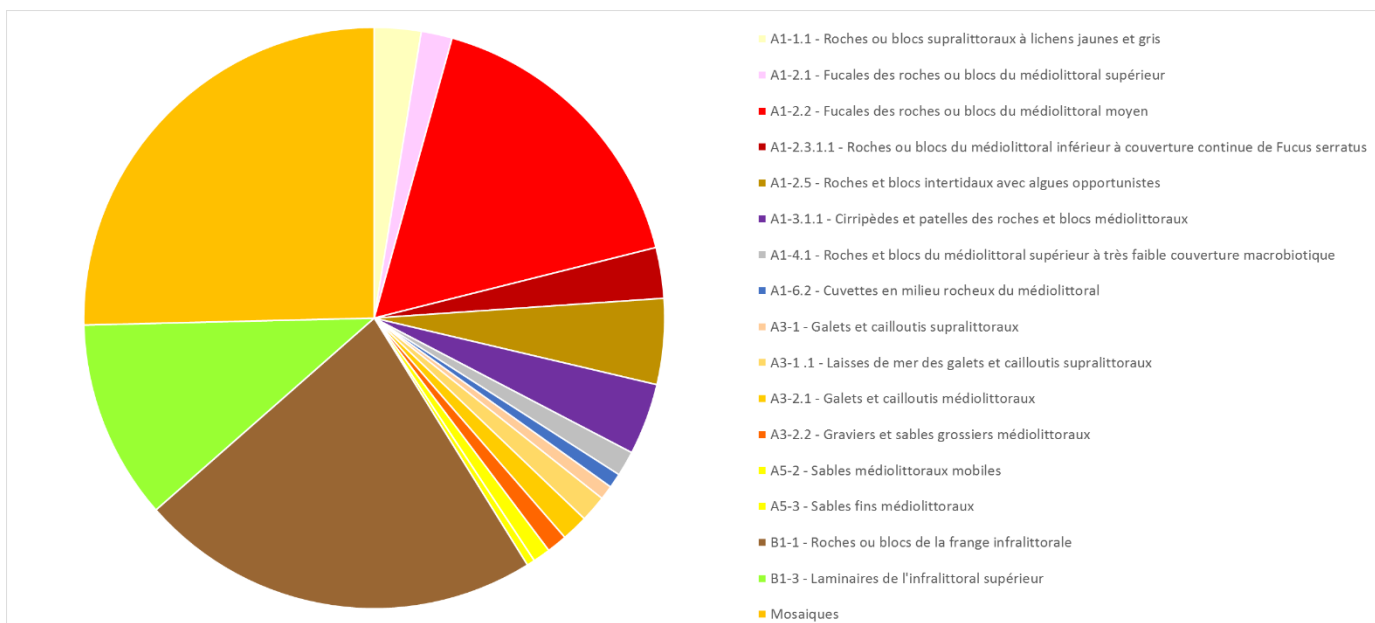


Figure 83 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Molène et son Lédénès

3.4.4 Trielen et l'Île aux Chrétiens

La Figure 84 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 106,9 ha a été cartographié. Les habitats dominants sont les fucales (*Ascomyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*) du médiolittoral moyen et les roches et blocs de la frange infralittorale (*Fucus serratus* et algues rouges et *Himanthalia elongata*). Pour les fucales du médiolittorale moyen la couverture est surtout continue indiquant un mode abrité et de belles biomasses. 21 mosaïques différentes sont présentes mais en surface 90 % des habitats en mosaïque concernent les habitats de la frange infralittorale.

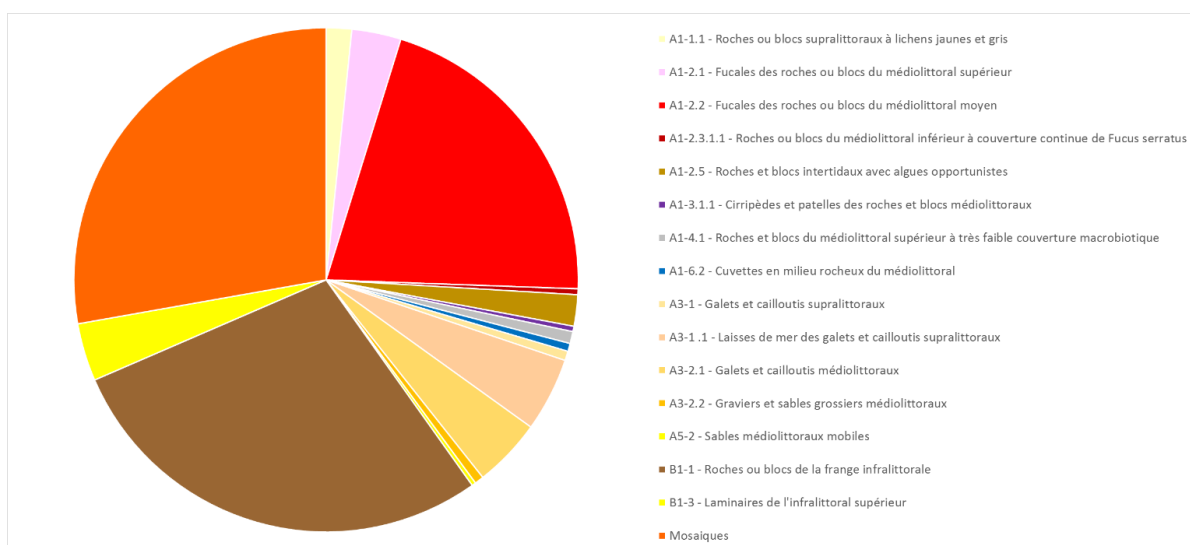


Figure 84 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Trielen et l'Île aux Chrétiens

3.4.5 Quéménès et son Lédénès

La Figure 85 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 207 ha a été cartographié. Les mêmes habitats dominants que précédemment sont observés à savoir les fucales (*Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*) du médiolittoral moyen et surtout les roches et blocs de la frange infralittorale (*Fucus serratus* et algues rouges et *Himanthalia elongata*). Les formations à couverture végétale continue sont majoritaires (75%). Sur cette ile, le pourcentage d'habitats en mosaïque est moyen (21%). 27 mosaïques différentes sont présentes mais une d'entre elles occupe 56 % de ces habitats en termes de surface. Cette mosaïque concerne des habitats de la frange infralittorale.

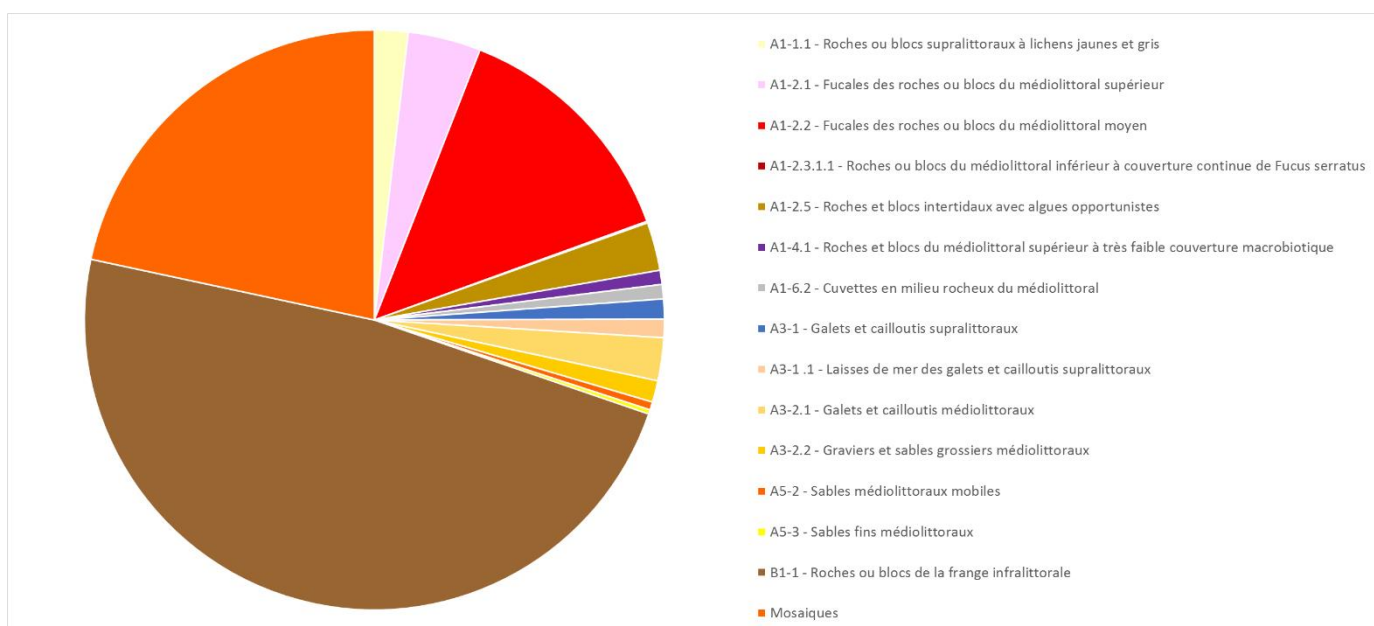


Figure 85 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Quéménès et son Lédénès

3.4.6 Litiry

La Figure 86 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 47,6 ha a été cartographié. Les habitats dominants sont également les fucales (*Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*) du médiolittoral moyen et les roches et blocs de la frange infralittorale (*Fucus serratus* et algues rouges et *Himanthalia elongata*). Mais il faut noter la présence non négligeable de Graviers et sables grossiers indiquant la présence de sédiments grossiers avec du maerl mort (10 %). 22 mosaïques différentes sont présentes. Elles occupent 24 % de la surface totale.

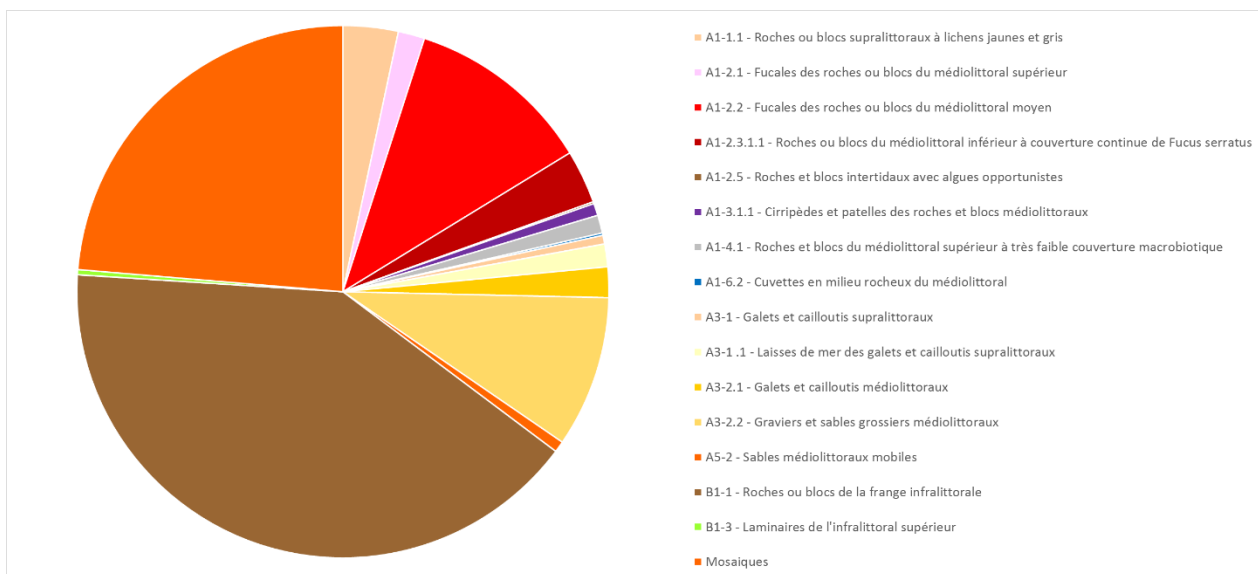


Figure 86 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Litiry

3.4.7 Morgol

La Figure 87 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 12,2 ha a été cartographié. Les plus forts pourcentages sont observés pour l'habitat roches et blocs de la frange infralittorale (*Himanthalia elongata* et *Fucus serratus* et algues rouges). Trois autres habitats ont des pourcentages non négligeables les fucales (*Pelvetia canaliculata* et *Fucus spiralis*) du médiolittoral supérieur, les fucales (*Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*) du médiolittoral moyen et enfin les galets et cailloutis médiolittoraux. Les habitats en mosaïque sont peu observés sur cette petite ile.

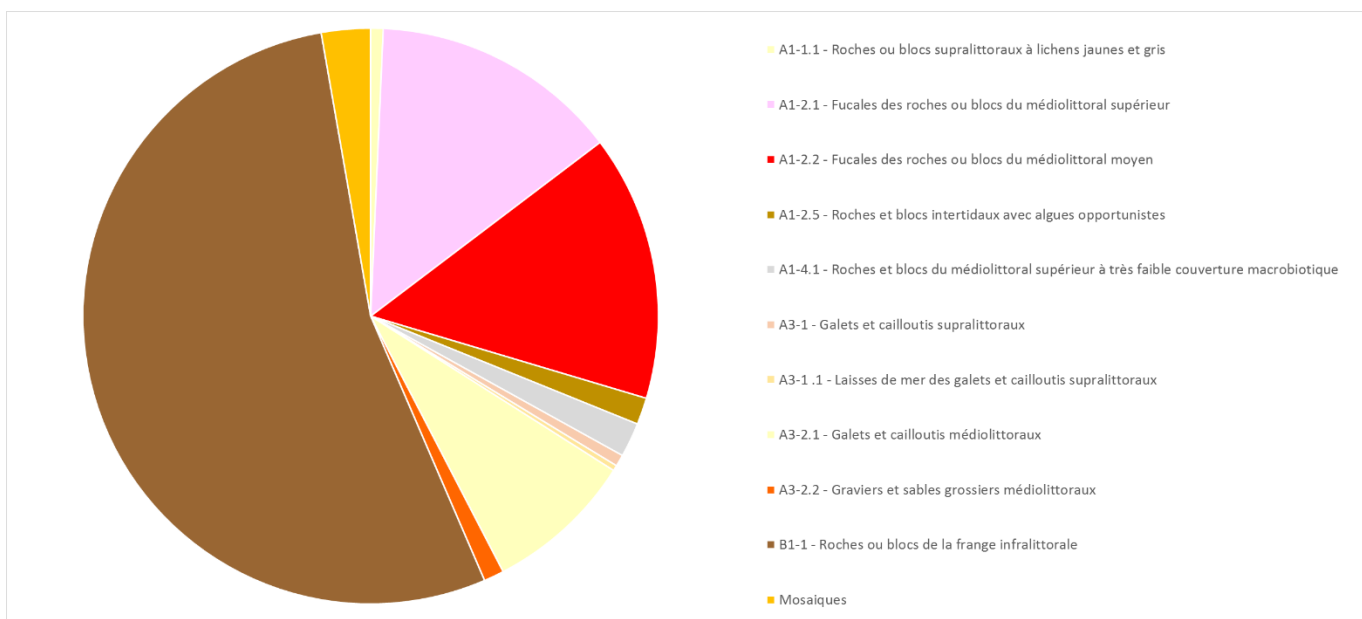


Figure 87 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Morgol

3.4.8 Béniguet

La Figure 88 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN. Un total de 209,6 ha a été cartographié. Les deux habitats dominants sont une nouvelle fois les mêmes. Mais les habitats de substrats meubles sont mieux représentés que sur les autres îles. Il faut signaler la présence d'herbiers de zostères marines. 20,8 % de la surface totale est recouverte par des habitats en mosaïques 25 mosaïques différentes sont cartographiées mais 45 % est représenté par des galets et cailloutis en mosaïque avec des algues vertes.

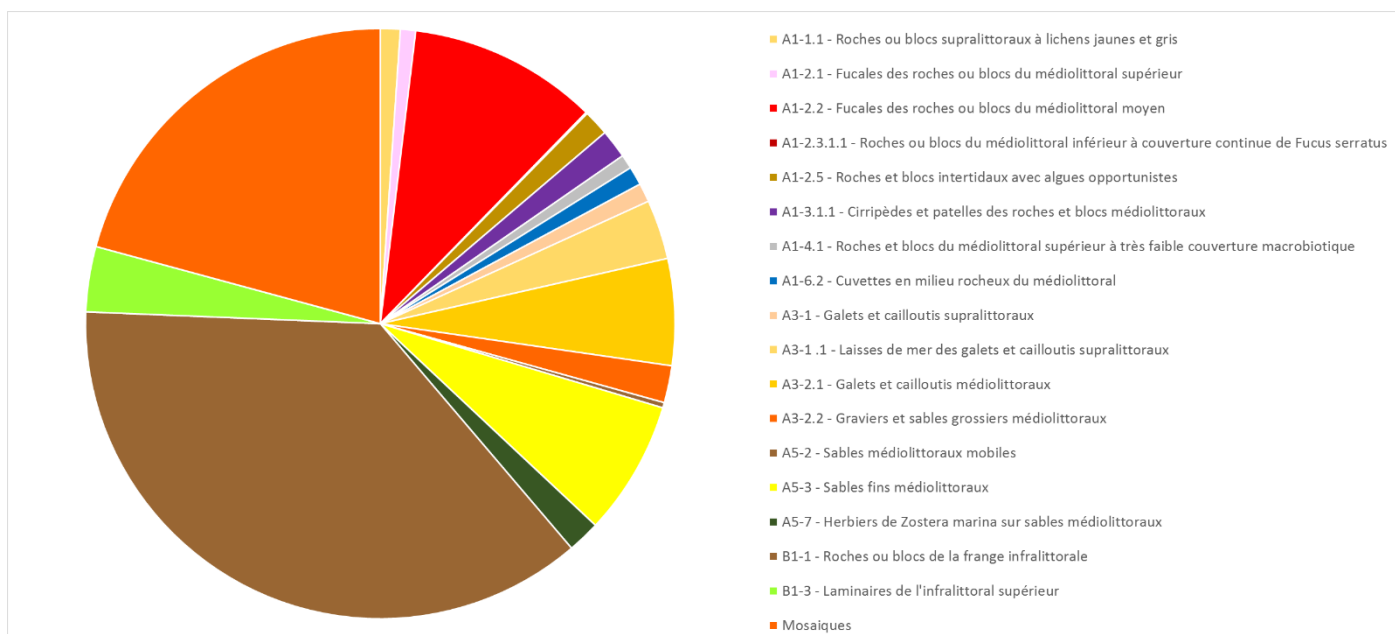


Figure 88 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur Béniguet

3.4.9 Les îlots et petits îlots de l'archipel de Molène

La Figure 89 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN pour les îlots. Un total de 404 ha a été cartographié. Les habitats dominants sont des habitats infralittoraux indiquant que ces îlots sont la plupart du temps recouverts. Les espèces observées sont principalement des algues rouges avec notamment *Palmaria palmata*. Il faut signaler la présence de Moulières et de récifs de pouce pieds sur les îlots de Kervouroc. Ces deux habitats sont observés uniquement dans ce secteur de l'archipel.

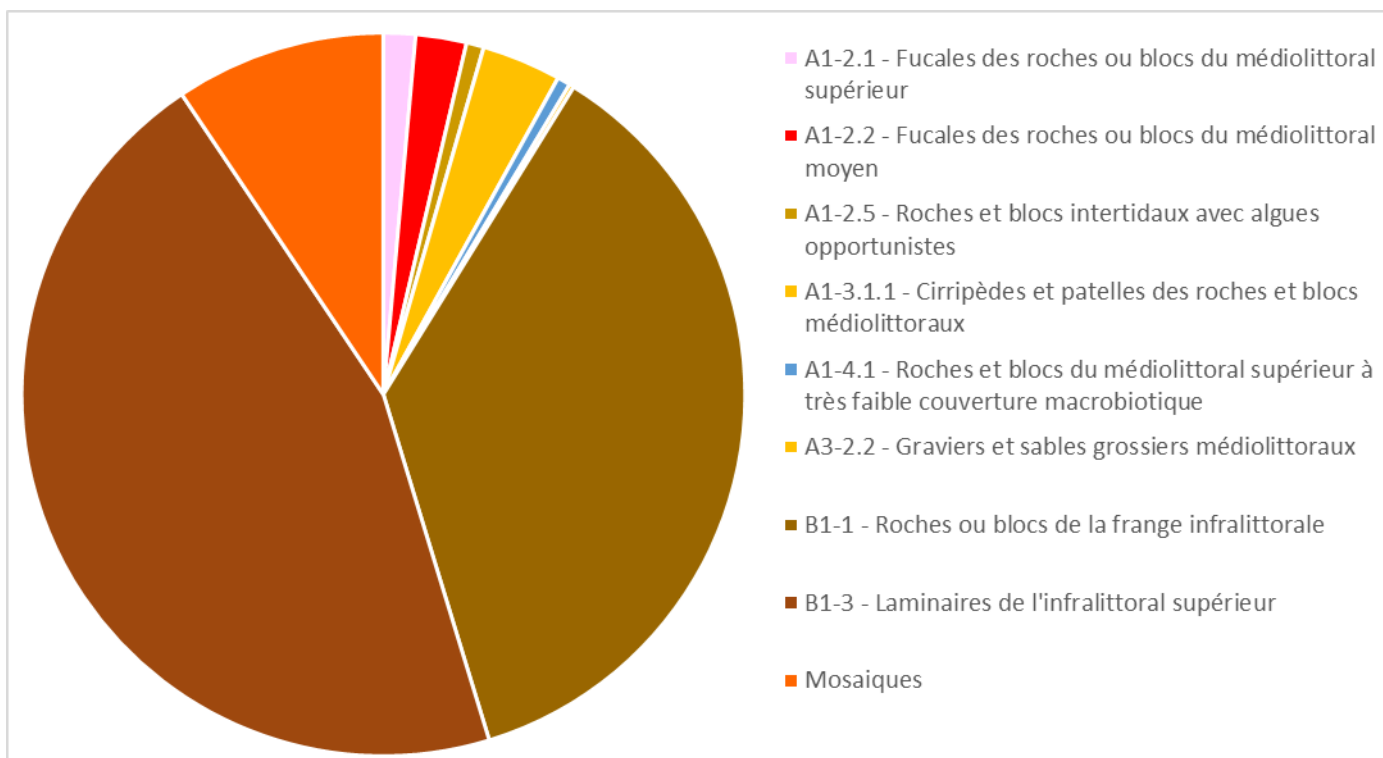


Figure 89 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux pour les îlots et petits îlots

3.4.10 Partie Nord du PNMI

La Figure 90 illustre la répartition des habitats intertidaux déclinés avec la typologie MNHN sur le continent. Un total de 603 ha a été cartographié. Les habitats dominants sont à la fois des substrats meubles et des substrats rocheux. Pour les substrats meubles se sont les sables médiolittoraux mobiles et les sables fins médiolittoraux qui dominent avec respectivement 51 et 62 ha. Pour les substrats rocheux, les habitats dominants sont les cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux (87 ha) et les roches ou blocs de la frange infralittorale (226 ha). Il faut signaler la présence d'habitats en mosaïques pour 64 ha. 52 mosaïques différentes sont cartographiées mais plus de 50 % est représenté par des cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux en mosaïque avec des cuvettes. La présence de ces habitats indique que les estrans du continent sont majoritairement en mode exposé.

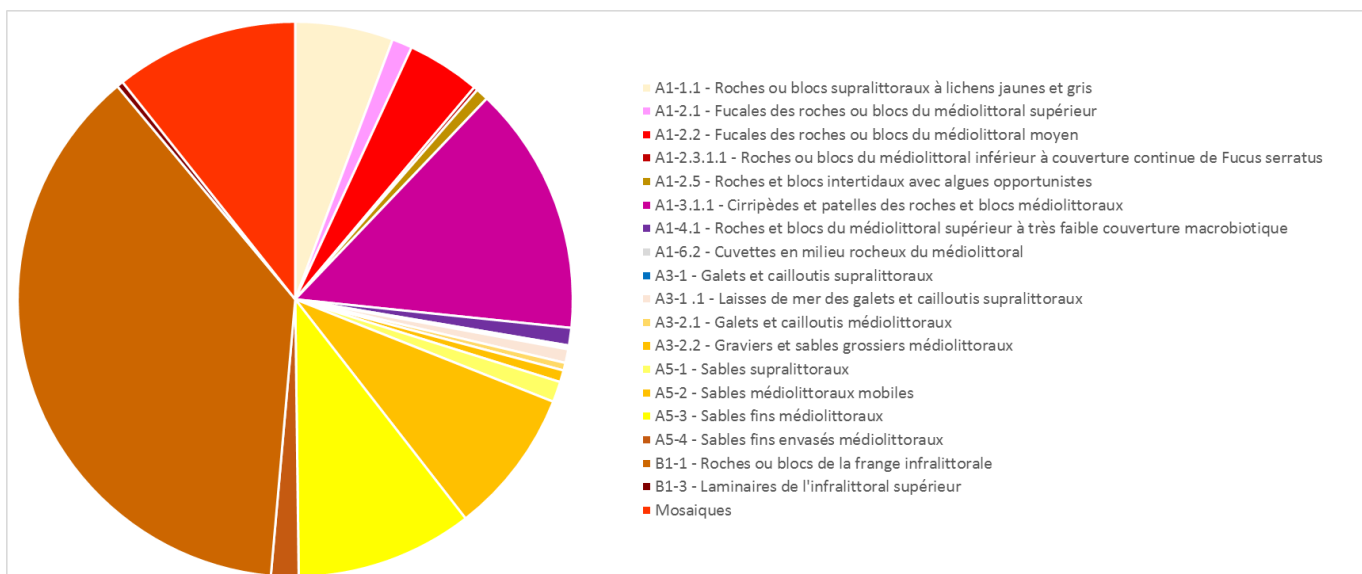


Figure 90 : Répartition des groupes d'habitats intertidaux sur le continent

3.4.11 Synthèse

La Figure 91 présente une comparaison de la répartition et de la diversité des habitats entre les îles de l'archipel de Molène et le continent. Une belle variété d'habitat est observable sur l'ensemble des secteurs cartographiés. Les îles de l'archipel de Molène sont caractérisées par des habitats de mode plutôt abrité avec des recouvrements algaux importants. Les secteurs de substrats meubles sont plus rares hormis sur Béniguet. En revanche, le continent est dominé par des habitats de mode battu hormis quelques baies ou anes qui sont abrités et hébergent des habitats à dominance algales. Des secteurs de substrats meubles, grandes plages, sont également mis en évidence. Sur l'ensemble des secteurs les habitats de l'infralittoral sont très représentés et très diversifiés. Des particularités sont observées comme la présence de l'algue rouge *Palmaria palmata* dans certains secteurs de l'archipel de Molène. Enfin les laminaires sont courantes avec une dominance de *Laminaria digitata* sur le continent et de *Laminaria digitata* et *Sacchoriza polyschides* dans l'archipel de Molène. Enfin, les mosaïques sont très courantes illustrant la grande complexité des estrans de la côte Nord et de l'archipel.

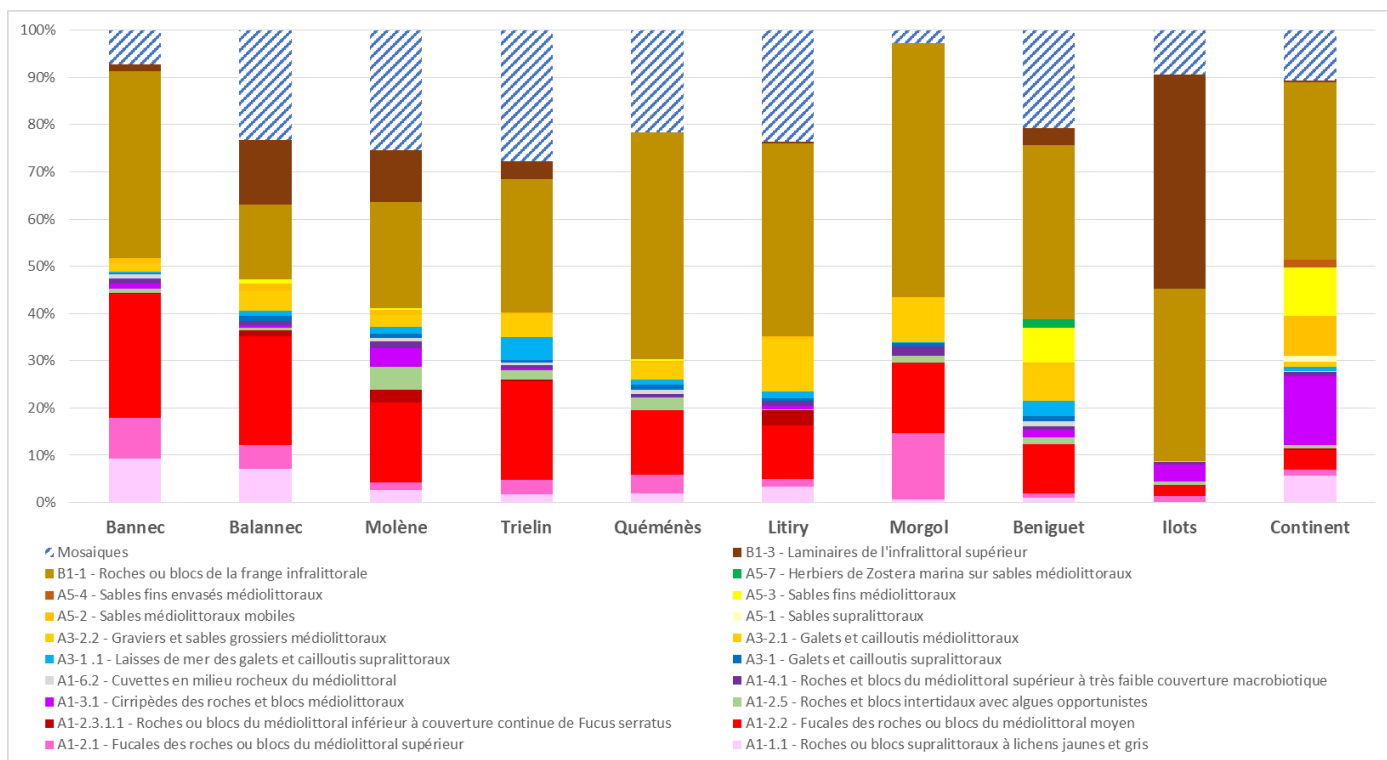


Figure 91 : Synthèse et comparaisons de la répartition des groupes d'habitats intertidaux dans l'archipel de Molène et sur le continent

4 SUIVI CHAMPS DE BLOCS

4.1 Description du champ de blocs

Le champ de blocs de Quémènes présente une stratification assez homogène. Une première strate est constituée de « blocs sur petits blocs, cailloutis et sédiments grossiers » recouverts de *Bifurcaria bifurcata* et d'*Himanthalia elongata* en couverture assez dense. Quelques gros blocs sont présents mais une majorité des blocs sont retournables. En plus de ces deux algues brunes, les algues rouges sont bien présentes et de forts recouvrements sont observés. Les espèces majoritaires sont *Caulacanthus ustulatus*, *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus* et dans une moindre mesure *Lomentaria articulata*. Une autre strate, située un peu plus bas, est présente avec la présence des mêmes espèces citées précédemment mais la laminaire *Sacchoriza polyschides* est observée. En termes d'espèces cibles, de nombreuses étrilles, *Necora puber*, ont été inventoriées ainsi que deux ormeaux, *Haliotis tuberculata* (Figure 92), de 8 cm soit deux pour 10 blocs retournés.



Figure 92 : Ormeau, *Haliotis tuberculata*

4.2 Indice Visuel de Retournement des blocs (IVR)

Le protocole permettant la mesure de l'IVR a été appliqué sur le champ de blocs de Quémènes le 16 octobre 2020. Lors des inventaires, 32 pêcheurs potentiels ont été inventoriés. Le Tableau 4 récapitule les résultats d'IVR obtenus pour chacun des quadrats du champ de blocs.

Ainsi, aucun impact n'est mesuré. En effet, les notes vont de 0 et 1. Le pourcentage moyen de blocs retournés est de 3,5 % indiquant un IVR moyen de 0. Ces résultats indiquent bien que la couverture d'algues brunes et rouges est uniforme à la surface des blocs sur l'ensemble du champ de blocs et que l'observation de quelques blocs retournés reste exceptionnelle.

Tableau 4 : IVR pour les 5 quadrats du suivi du champ de blocs de Quéménès du 16 octobre 2020

Numéro quadrat	Nb de blocs mobiles non retournés	Nb de blocs mobiles retournés	% blocs retournés	IVR
1	80	2	2,5 %	0
2	115	6	5,2 %	1
3	77	5	6,5 %	1
4	64	1	1,6 %	0
5	122	2	1,6 %	0

Les faces supérieures des blocs mobiles ont des recouvrements très élevés en algues avec une faune mobile peu présente. Les faces inférieures de ces blocs mobiles sont plutôt « colorées » indiquant la présence, avec des taux de recouvrement important, d'espèces coloniales et encroûtantes comme les éponges, ascidies et bryozoaires (Figure 93). Lors de ces inventaires, les espèces dressées (ascidies solitaires, bryozoaires dressés) sont en revanche très peu observées. Enfin, les polychètes *Spirorbes* colonisent fortement le substrat.



Figure 93 : Exemples de blocs vus de dessus et de dessous

4.3 Indicateur de Qualité Ecologique des Champs de Blocs (QECB)

Un autre indicateur peut être calculé le QECB. L'objectif de l'IVR est de détecter et de quantifier la pression de pêche à pied à l'échelle d'un champ de blocs alors que le QECB permet d'estimer le « niveau de dégradation » de l'habitat soumis cette perturbation.

Pour rappel, l'indice multivarié QECB correspond à une moyenne des valeurs de qualité écologique de dix blocs mobiles (i.e. dix valeurs QEBM). La valeur de Qualité Ecologique d'un Bloc Mobile (QEBM) se décline en deux notes : une note QEBM1 et une note QEBM2 qui utilise QEBM1 et la pondération avec les valeurs des données de référence (blocs fixés).

La première formule proposée permet donc de calculer la note QEBM1 pour chaque bloc mobile, soit une valeur de QEBM sans pondération avec les mesures effectuées sur les faces supérieures de blocs fixés (données de référence).

La seconde formule permet de calculer la note QEBM2 de chaque bloc mobile, soit une valeur de QEBM1 pondérée par les mesures effectuées sur les faces supérieures de blocs fixés. La valeur QEBM1 est multipliée par la valeur absolue du ratio Valeur Faces Supérieures Blocs Mobiles moyenne / Valeur Faces Supérieures Blocs Fixés moyenne : VFSBM moyen / VFSBF moyen.

Enfin, à partir des valeurs de Qualité Ecologique des Blocs Mobiles (QEBM²) obtenues pour 10 blocs mobiles à l'échelle d'un champ de blocs, il est ensuite possible de calculer la valeur QECB du champ de blocs considéré (Tableau 5).

Les différents calculs indiquent un « bon état écologique » du champ de blocs avec une valeur pour le QECB de 121,22.

Tableau 5 : Qualité écologique des champs de blocs obtenue avec les calculs sur 10 blocs mobiles et 5 blocs fixes (QEBM = Qualité Ecologique des Blocs Mobiles)

Quadrats	QEBM1	QEBM2
Q1q1	100,22	103,03
Q1q2	94,19	96,83
Q2q2	101,27	104,11
Q2q1	136,28	140,10
Q3q1	115,26	118,48
Q3q2	137,21	141,05
Q4q1	133,16	136,89
Q4q2	120,18	123,55
Q5q1	85,23	87,62
Q5q2	156,16	160,53
QECB	121,22	

4.4 Conclusions

Après application du protocole, l'IVR obtenu ce jour-là est inférieur à 1 et le QECB est de 121,22. Il s'agit donc d'un champ de blocs en bon état écologique dominé par une couleur brune et/ou rouge, quelques blocs mobiles rendus « verts » par les algues opportunistes apparaissent de manière dispersée (Figure 94).



Figure 94 : Champs de blocs sur Quéménès

5 ETAT DE CONSERVATION

5.1.1 Les laisses de mer

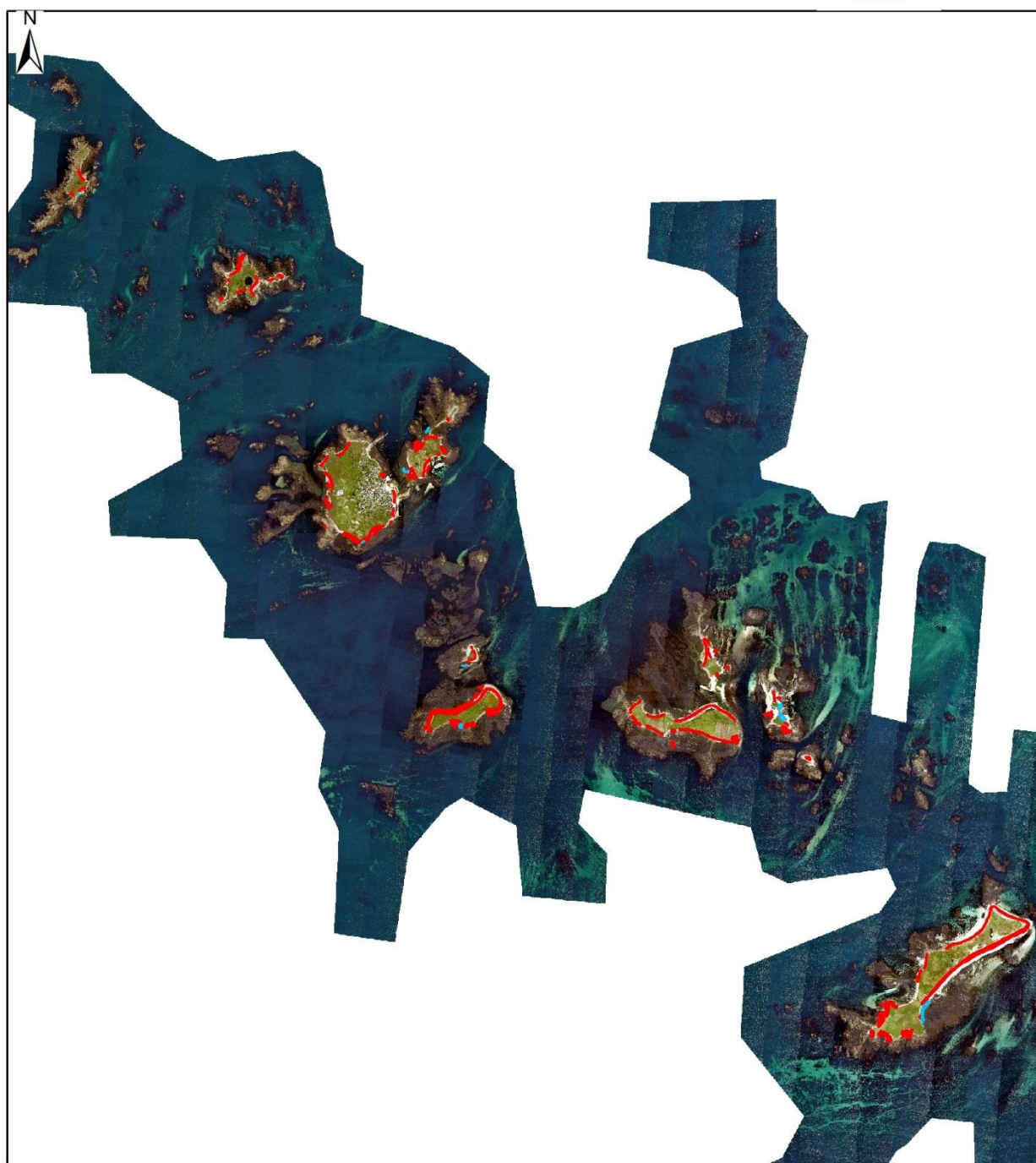
La présence ou l'absence des laisses de mer a été cartographiée sur l'archipel de Molène (Figure 95). Une surface d'environ 19 ha a été inventoriée sur l'archipel de Molène avec des pourcentages plus importants sur les îles de Béniguet, Trielen et Molène (Figure 96). Sur la partie Nord du PNMI les surfaces sont moins importantes (4 ha et 7 ha en mosaïques). Pour cette dernière, la période était moins favorable (avril et mai).

La répartition sur l'estran de ces laisses de mer n'est pas uniforme. En effet, sur certains secteurs (Trielen, Béniguet, etc.) de grandes surfaces sont mises en évidence (Figure 97). En revanche, sur d'autres parties de la zone d'étude les laisses de mer constituent des bandes plus ou moins larges (Figure 97).



PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Localisation des laisses de mer



- A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux
- A3-1.1 Laisses de mer des galets et cailloutis supralittoraux en mosaïques

0 500 1 000 m

EDITEE LE : 15/12/2020

Système de coordonnées : Lambert 93 / RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Hytech Imaging 2020
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 95 : Localisation des laisses de mer sur l'archipel de Molène

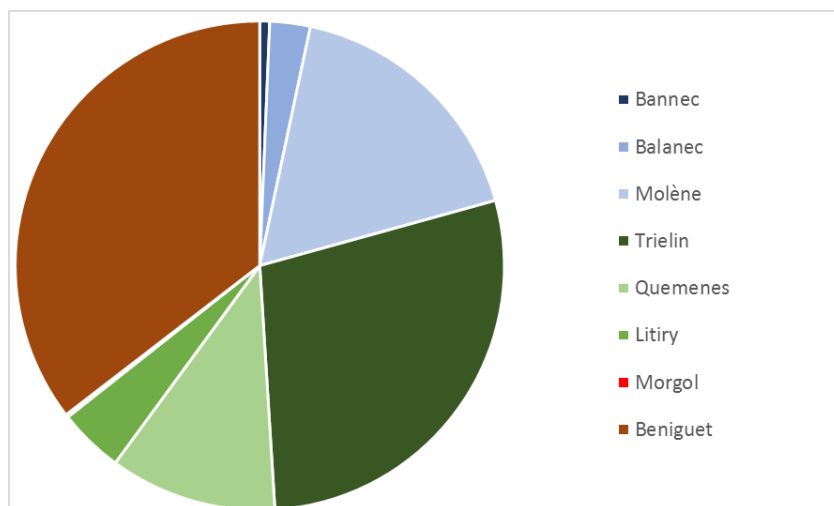


Figure 96 : Répartition de la surface en laisses de mer en fonction des différentes îles de l'archipel de Molène



Figure 97 : Exemples de laisses de mer

Les espèces constituant de ces laines de mer ont été notées. Ce sont principalement des lamineaires (*Sacchoriza polyschides* et *Laminaria digitata* (Figure 98)) qui ont été observées. De manière plus sporadique *Himanthalia elongata* et *Fucus serratus* ont été présentes (Figure 99). Des algues rouges sont également à noter notamment *Palmaria palmata* (Figure 100).



Figure 98 : *Sacchoriza polyschides* et *Laminaria digitata* constituant les laines de mer



Figure 99 : *Himanthalia elongata* et *Fucus serratus* constituant des laines de mer



Figure 100 : *Palmaria palmata* dans les laines de mer

Ces laisses de mer vont constituer une source de nourriture importante. Des larves ou des adultes d'insectes l'utilisent (Figure 101) et sont ensuite consommés par leurs prédateurs. En revanche, leur présence induit l'altération d'autres habitats qui peuvent même « disparaître » transitoirement. La Figure 102 illustre les effets de la présence des laisses de mer sur les habitats présents avant leur dépôt. Si ce dépôt persiste, la résultante finale est la présence de roche nue. A part cela aucune menace ou pression n'est à noter.

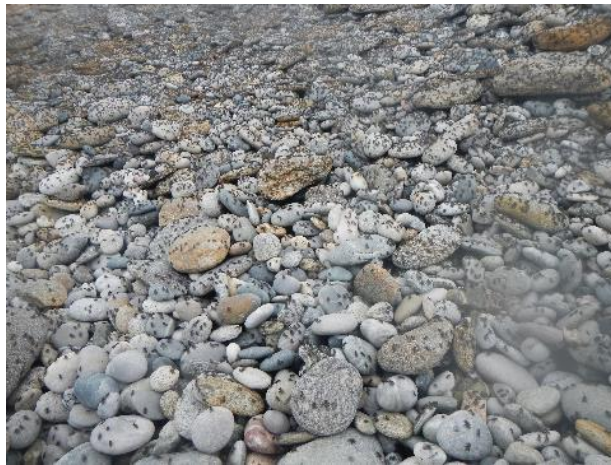


Figure 101 : Présence de diptères en haut d'estran



Figure 102 : Effets de la présence des laisses de mer sur les habitats intertidaux

5.1.2 Les champs de blocs

Après application du protocole sur Quéménès, l'IVR est inférieur à 1 et le QECB est de 121,22. Il s'agit donc d'un champ de blocs en bon état écologique dominé par une couleur brune et/ou rouge, sur lequel seuls quelques blocs mobiles « verts » apparaissent de manière dispersée (Figure 103). Lors des inventaires de nombreux pêcheurs étaient présents induisant une pression non négligeable mais non décelable sur ces suivis. D'autres sites devraient être étudiés comme les champs de blocs de l'Île aux Chrétiens ou celui de Béniguet. Vu la pression de pêche potentielle et de l'importance de l'archipel de Molène pour l'habitat champs de blocs, ces suivis devraient être réalisés tous les ans ou au moins tous les deux ans. De plus, sur un pas de temps plus importants (tous les 3 ou 5 ans), des suivis plus poussés sur la faune des champs de blocs devraient être mis en place (faune sessile, amphipodes, micro-gastéropodes, etc.). Dans le cadre des suivis DCE, les algues intertidales sont déjà suivies.



Figure 103 : Exemples de champs de blocs

Néanmoins, même si lors des prospections de belles surfaces de champs de blocs non impactés ont été observées, d'autres secteurs « verts » sont à noter (Figure 104). La présence de ces algues vertes est notée sur toutes les îles mais de grandes zones sont inventoriées notamment à l'ouest de Quéménès. La présence de ces algues opportunistes semble ici plutôt d'origine naturelle. En effet, l'existence d'un fort hydrodynamisme dans ce secteur de l'archipel de Molène induit des mouvements sédimentaires et rocheux important. Ainsi, des retournements de blocs et des

abrasions naturelles sont très communes. C'est pour cela que des blocs à *Sacchozia polyschides* (espèce de laminaire du bas d'estran) (Figure 105) sont observés en haut d'estran.

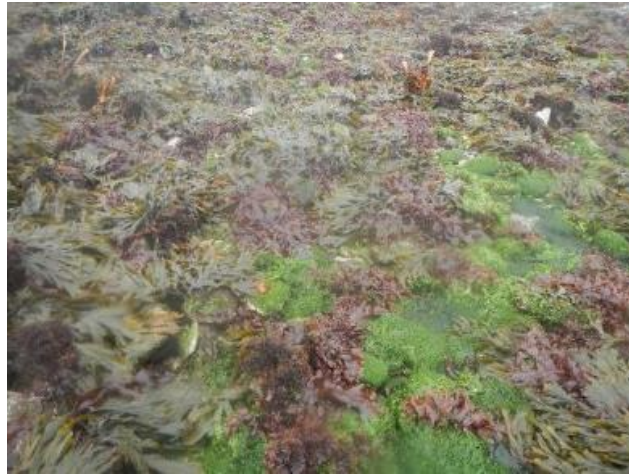
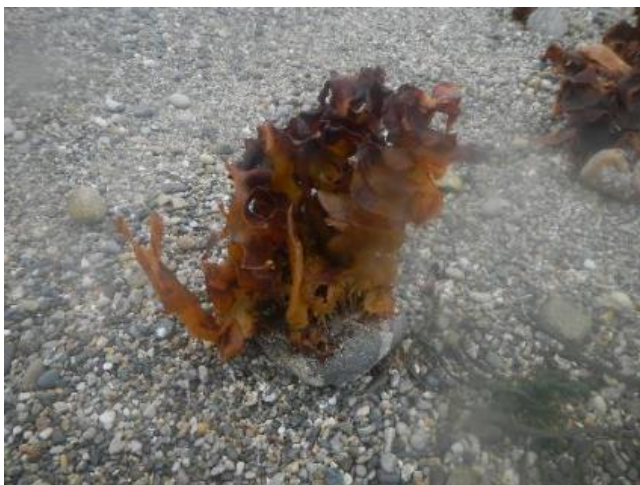


Figure 104 : Champs de blocs avec algues vertes



*Figure 105 : Blocs avec *Sacchoriza polyschides* en haut d'estran indiquant l'existence d'un fort hydrodynamisme*

5.1.3 Autres habitats

Aucune menace et pression n'a été observée.

5.1.4 Synthèse état de conservation et enjeux

Peu de menaces et de pressions ont été observées sur l'estran. En revanche, des observations de personnes sur la partie terrestre des îles de l'archipel de Molène ont été faites.

Deux problématiques sont identifiées et à prendre en compte : la pêche à pied et la récolte d'algues. Pour la pêche à pied, même si les champs de blocs semblent en bon état écologique car ils sont dominés par une couleur brune et/ou rouge, sur lesquels seuls quelques blocs mobiles à dominante « verte » apparaissent de manière dispersée, des suivis doivent être maintenus et développés (spatialement et suivis de la « petite » faune). Concernant la récolte d'algues, l'existence d'une très forte biomasse (Figure 106) rend cette pratique envisageable durablement. Des suivis de ces exploitations doivent être mises en place pour apprécier les effets potentiels et adapter ces pratiques comme la mise en place de quotas, de zone de jachère, etc. Des réflexions plus poussées sur cette thématique sont nécessaires.



Figure 106 : Exemples d'estran avec une biomasse algale importante

Pour évaluer l'état de conservation, le guide méthodologique du Service du Patrimoine Naturel du Muséum national d'Histoire naturelle a également été utilisé (Lepareur, 2011). Ainsi pour définir l'état de conservation, il faut prendre en compte l'ensemble des influences (naturelles et anthropiques) qui peuvent affecter sur le long terme 1) la répartition naturelle des habitats, 2) les caractéristiques physiques et/ou biologiques des habitats, 3) les fonctions de ces habitats et 4) les espèces typiques.

Un habitat naturel marin peut alors être considéré en bon état de conservation, à l'échelle d'un site, lorsque :

- ses structures caractéristiques sont présentes et les fonctions spécifiques et nécessaires à son maintien sont assurées ;
- il ne subit aucune atteinte susceptible de nuire à sa pérennité ;
- les espèces qui lui sont typiques peuvent s'exprimer et assurer leur cycle biologique.

Si l'on applique cette méthode avec nos observations, les habitats sont globalement dans un état de conservation satisfaisant même si certains doivent faire l'objet de suivi et d'investigations plus poussées. Le Tableau 6 précise les états de conservation pour les différents habitats observés. Les Figure 107 et Figure 108 illustrent spatialement les états de conservation.

Ce tableau indique également les enjeux identifiés sur la zone d'étude. Une belle diversité d'habitat est observée sur le site d'étude. Il est important de signaler la présence d'habitats patrimoniaux comme les substrats rocheux du médiolittoral et de l'infra-littoral supérieur. En effet, du fait de leur relative rareté et de leur importance écologique, ces habitats ont un enjeu fort.

Tableau 6 : Dégradations, Etat de conservation, Menaces principales et Préconisation de gestion pour les habitats de la typologie MNHN (Michez et al., 2019) et enjeux associés

Habitats	Dégradations observées	Etat de conservation	Menaces	Préconisations de gestion	Enjeux
A3-1 - Galets et cailloutis supralittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A3-1 .1 - Laises de mer des galets et cailloutis supralittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Eviter le ramassage des algues en échouage	Moyen
A3-2.1 - Galets et cailloutis médiolittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A3-2.2 - Gravieres et sables grossiers médiolittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A5-2 - Sables médiolittoraux mobiles	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A5-3 - Sables fins médiolittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A5-7 - Herbiers de <i>Zostera marina</i> sur sables médiolittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Pêche à pied et mouillages	Sensibilisation et suivi	Fort
A1-1.1 - Roches ou blocs supralittoraux à lichens jaunes et gris	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A1-2.1 - Fucales des roches ou blocs du médiolittoral supérieur	Aucune	Favorable/Bon	Anthropique et naturelle	Aucune	Faible
A1-2.2 - Fucales des roches ou blocs du médiolittoral moyen	Aucune	Favorable/Bon	Anthropique et naturelle	Suivi	Moyen
A1-2.3.1.1 - Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue de <i>Fucus serratus</i>	Aucune	Favorable/Bon	Anthropique et naturelle	Aucune	Faible
A1-2.5 - Roches et blocs intertidaux avec algues opportunistes	Dépôts d'algues vertes	Défavorable / mauvais	Origine naturelle, hydrodynamisme	Suivi	Moyen
A1-3.1.1 - Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux	Aucune	Favorable/Bon	Anthropique et naturelle	Aucune	Faible
A1-4.1 - Roches et blocs du médiolittoral supérieur à très faible couverture macrobiotique	Laises de mer	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
A1-6.2 - Cuvettes en milieu rocheux du médiolittoral	Aucune	Favorable/Bon	Aucune	Aucune	Faible
B1-1 - Roches ou blocs de la frange infralittorale	Dépôts d'algues vertes	Favorable/Bon	Pêche à pied et récolte	Sensibilisation et suivi	Fort
B1-3 - Laminaires de l'infralittoral supérieur	Aucune	Favorable/Bon	Pêche à pied et récolte	Sensibilisation et suivi	Fort

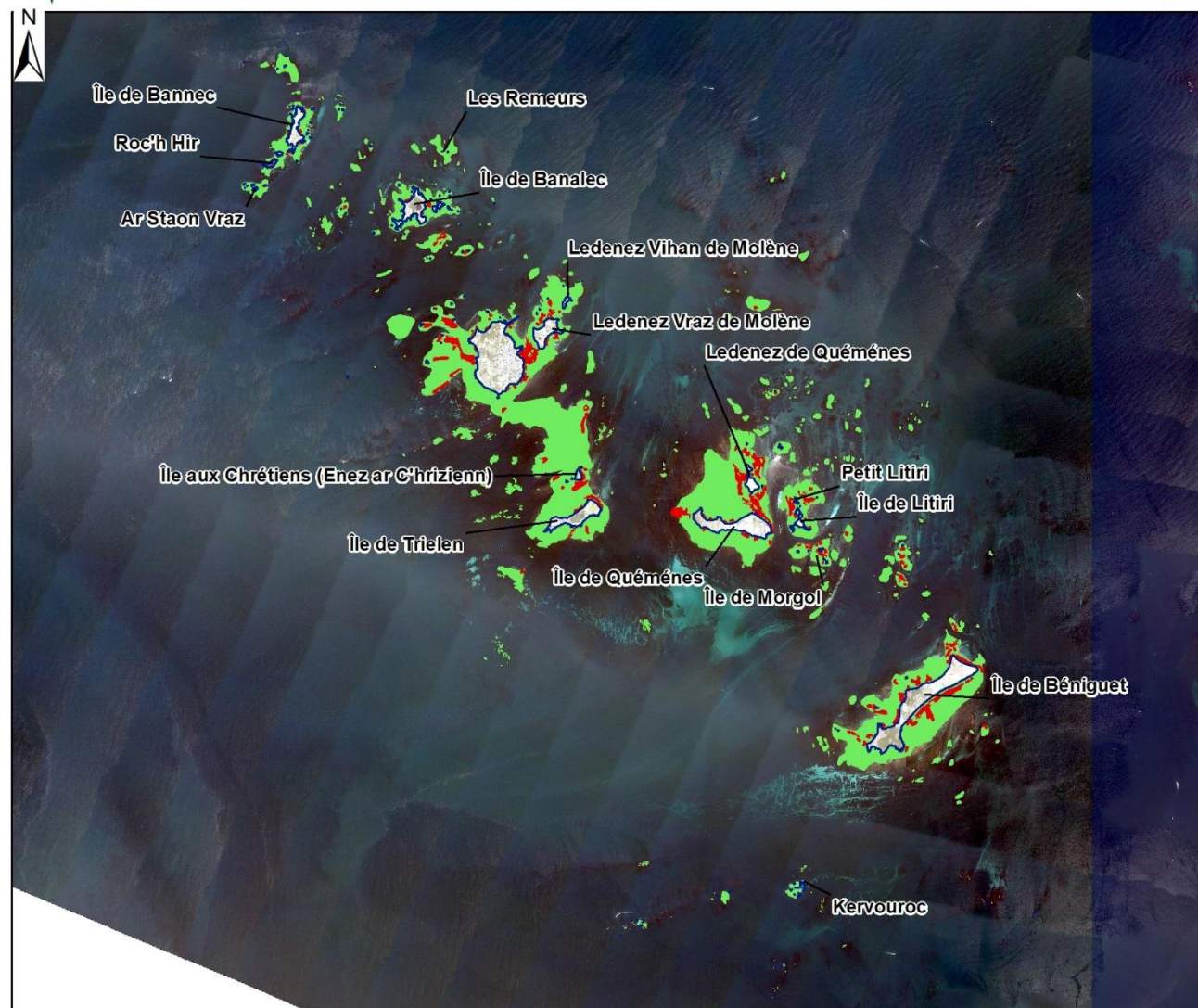


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Etat de conservation - Archipel de Molène



EDITEE LE : 15/12/2020



Parc Naturel Marin d'Iroise

Etat de conservation

Favorable bon

Défavorable mauvais



Système de coordonnées : Lambert 93 /
RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Fond de carte : Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 107 : Etat de conservation pour les habitats de l'archipel de Molène

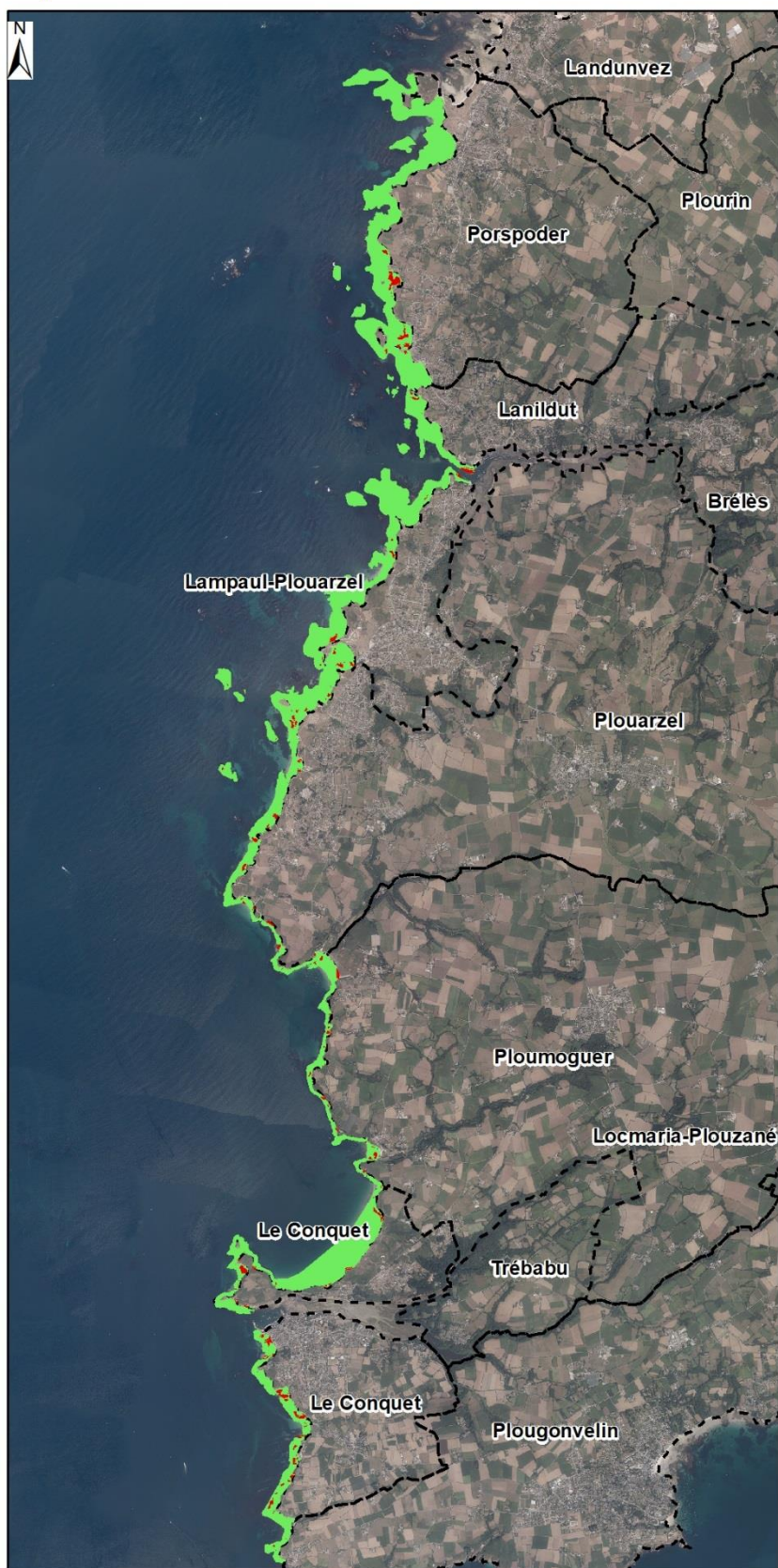


PARC NATUREL MARIN D'IROISE

Habitats intertidaux - Etat de conservation



EDITEE LE : 15/12/2020



Etat de conservation

- Favorable bon
- Défavorable mauvais

0 0.5 1 2 Km

Système de coordonnées : Lambert 93 /
RGF93 / IAG GRS 1980

Sources des données :
- Orthophotographies IGN 2013
- Habitats : Marché PNMI-TBM, 11/2020



Figure 108 : Etat de conservation pour les habitats PNMI Nord

6 ELABORATION D'UN PROCESSUS DE CARTOGRAPHIE A PARTIR D'IMAGES HYPERSPECTRALES

6.1 Zones d'intérêts

Les zones d'intérêts ont été définies sous la forme de polygones en accord avec le PNMI. Il s'agit des zones de Quéménès et Trielen pour une surface totale de 15 km².

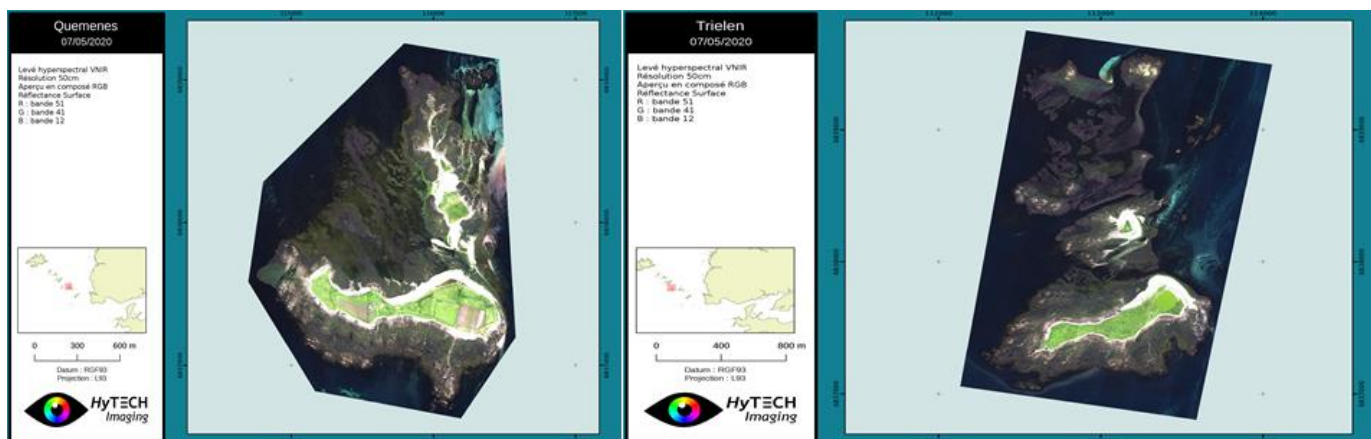


Figure 109 : Zones d'intérêts sur Quéménès et Trielen

Les paramètres d'acquisition sont rappelés ci-dessous (Tableau 7).

Tableau 7 : Paramètres d'acquisition du levé hyperspectral sur Quéménès et Trielen

Résolution spatiale	50 cm
Altitude ASL (m)	600 m
Angle de visée	34°
Recouvrement latéral	30 %
Fauchée	353 m
Surface acquise	7.72 km ² (Trielen) + 7.14 km ² (Quéménès)
Surface cartographiée	4.63 km ² + 4.28 km ²
Orientation des lignes de vols	N-S
Nombre de lignes de vol	8 + 10
Gamme spectrale	400-1000nm
Nombre de bandes spectrales	160
Résolution spectrale	4.5nm

6.2 Création d'une librairie spectrale

6.2.1 Equipements

Un spectroradiomètre GER-1500 de la société Spectra Vista (SVC) a été utilisé pour la campagne de mesure spectrale au sol (Figure 110). Le GER-1500 est un spectroradiomètre portable de terrain

couvrant les longueurs d'onde UV, Visible et NIR de 350 nm à 1050 nm. L'étalonnage de la mesure est effectué grâce à une cible spectralon (100% de réflectance).



Figure 110 Utilisation du spectroradiomètre GER 1500 et du spectralon sur le terrain

Un GPS Garmin 720H et un appareil photo sont également mobilisés pour la collecte d'information de localisation et la photographie des cibles.

6.2.2 Protocole de mesure

Le protocole de mesure est le suivant :

1. Choix d'une cible
 2. Mesure du spectre (réitérée 5 fois par cible) à une distance de ~50cm au-dessus du sol
 - Mesure de la luminance sur spectralon,
 - Mesure de la luminance sur cible
 -
 3. Prise de vue photographique,
 - A l'échelle du site (site view),
 - A l'échelle de la cible (target view),
 - Zoom sur la cible (zoom view)
 4. Enregistrement d'un point GPS
 5. Délimitation surfacique de la cible (polygone GPS) *
 6. Enregistrement / log :
 - Description du contexte (horaire UTC, condition d'illumination)
 - Description de la cible
- * uniquement si elle est possible, dans le cas d'une cible surfacique homogène ($> \sim 25\text{m}^2$)

6.2.3 Elaboration de la librairie

Sites et dates

Les mesures spectrales ont été effectuées à basse-mer sur 4 zones d'intérêt (Lampaul-Plouarzel, Melon, Quéménès, Béniguet) à 4 dates différentes (Tableau 8).

Tableau 8 : Récapitulatif des missions de spectroscopie terrain

Site	Date	Nbre de cibles	Nbre de mesures (*)
Lampaul-Plouarzel	07/05/2020	55	266
Melon	08/05/2020	42	211
Quéménès	17/09/2020	56	279
Béniguet	18/09/2020	60	300
Total		213	1056

* Certaines mesures n'étant pas exploitables (erreur d'acquisition), le nombre de mesure n'est pas égal à 5 x nbre de cibles.

Choix et répartition des cibles

Les cibles ont été sélectionnées et décrites avec le support de TBM environnement (sur Lampaul-Plouarzel et Melon uniquement) ou en autonomie par le personnel Hytech-imaging (sur Quéménès et Béniguet) avec l'objectif de représenter au mieux la variabilité des couvertures minérales et végétales de la zone d'intérêt tout en considérant leur utilisation dans un contexte de cartographie hyperspectrale par moyens aéroportés. La répartition des types de cibles est présentée dans la Figure 111.

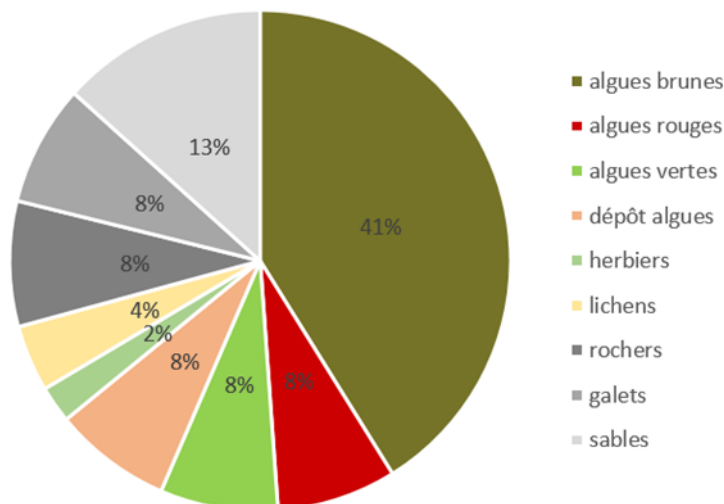


Figure 111. Répartition statistique du pourcentage de mesures spectrales, par type de cibles

6.2.4 Visualisation de la librairie spectrale

La librairie spectrale mise en forme est disponible sous forme de fiches (PDF/HTML) permettant une lecture de chaque cible et intégrant les informations suivantes :

- spectres de luminance
- spectres de réflectance
- photos à différentes échelles

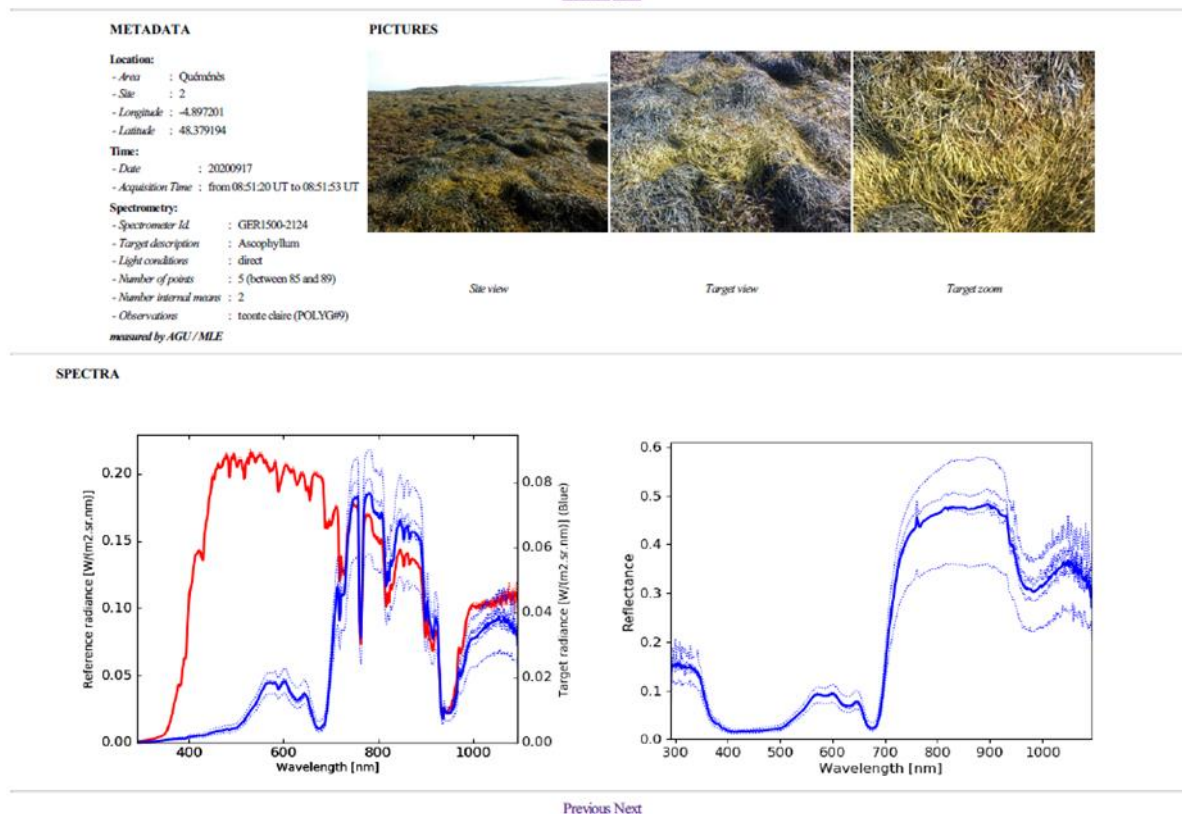
- métadonnées associées à la mesure

Quelques exemples sont présentés Figure 112 et Figure 113.



Target 018

[Previous](#) [Next](#)



[Previous](#) [Next](#)

Figure 112. Exemple d'une fiche de la librairie spectrale (Quéménès, cible 018, Ascophyllum)

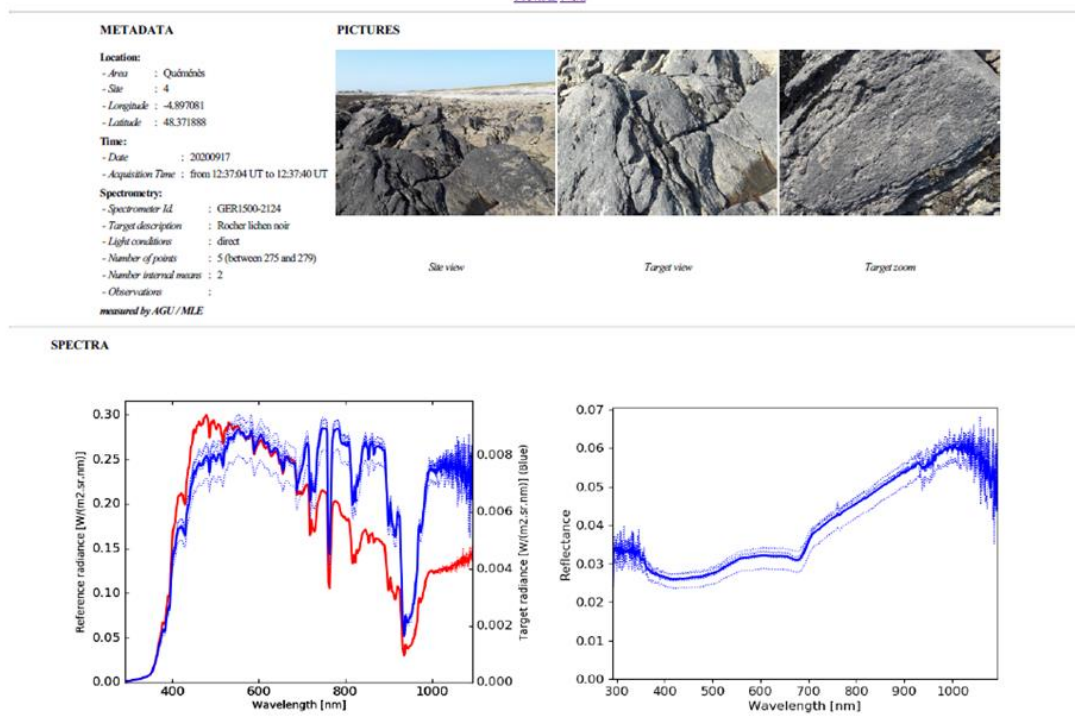


Figure 113. Exemple d'une fiche de la librairie spectrale (Quéménès, cible 056, Rocher)

6.3 Propositions pour l'élaboration du processus de cartographie

6.3.1 Approche générale

La méthode de cartographie proposée s'appuie sur une stratégie de classification, supervisée par les données de la librairie spectrale (similarité ou dissimilarité entre les spectres de référence terrain et les spectres « image ») en suivant une nomenclature hiérarchique multi-niveau (Tableau 9, Figure 114). Cette stratégie utilisant la librairie spectrale comme connaissance a priori est proposée avec l'objectif d'être reproductible dans l'espace et/ou le temps à grande échelle, avec la même librairie spectrale (potentiellement enrichie dans le temps et dans l'espace), sans nécessité de terrain préalable pour l'entraînement d'algorithmes de classification comme dans les approches classiques de cartographie. Cette stratégie, qui permet de tirer parti de la richesse d'information présente dans l'imagerie hyperspectrale, est proposée avec l'objectif d'être simple à utiliser, reproductible et robuste, afin de permettre un suivi fréquent de l'évolution temporelle des habitats.

La stratégie de classification supervisée basée sur les spectres de références de la librairie permet d'envisager une approche de discrimination des biocénoses intertidales selon des caractéristiques biophysiques particulières à chaque espèce ou milieu, sous hypothèse que ces caractéristiques

soient présentes dans la signature spectrale (ex. caractéristiques de bandes d'absorption particulières aux algues brunes, vertes ou rouges).

En complément, l'approche hiérarchique permet de contraindre les comparaisons entre spectres de référence et spectres images pour des niveaux de complexité typologique croissante, et ainsi porter une attention particulière à certaines parties du spectre pour une discrimination ciblée et plus performante.

Tableau 9 : Nomenclature hiérarchique à 3 niveaux

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Non classifié		
Surface immergée		
Végétal	Algues brunes <i>Ascophyllum</i> <i>Bifurcaria bifurcata</i> <i>Fucus serratus</i> <i>Fucus spiralis</i> <i>Fucus vesiculosus</i> <i>Himanthalia elongata</i> <i>Laminaria digitata</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Pelvetia canaliculata</i> <i>Sargassum</i> spp. Algues rouges Algues rouges spp. <i>Chondrus crispus</i> <i>Palmaria palmata</i> <i>Porphyra</i> spp. Algues vertes et herbiers Algues vertes spp. Herbiers <i>Zostera</i> spp. Dépôt algues Dépôt algues	
Minéral	Galets Galets cailloutis Rochers Rochers avec balanes et patelles Rochers nus Rochers avec lichens Sables Sable fin Sable grossier Sable hétérogène envasé Vase	

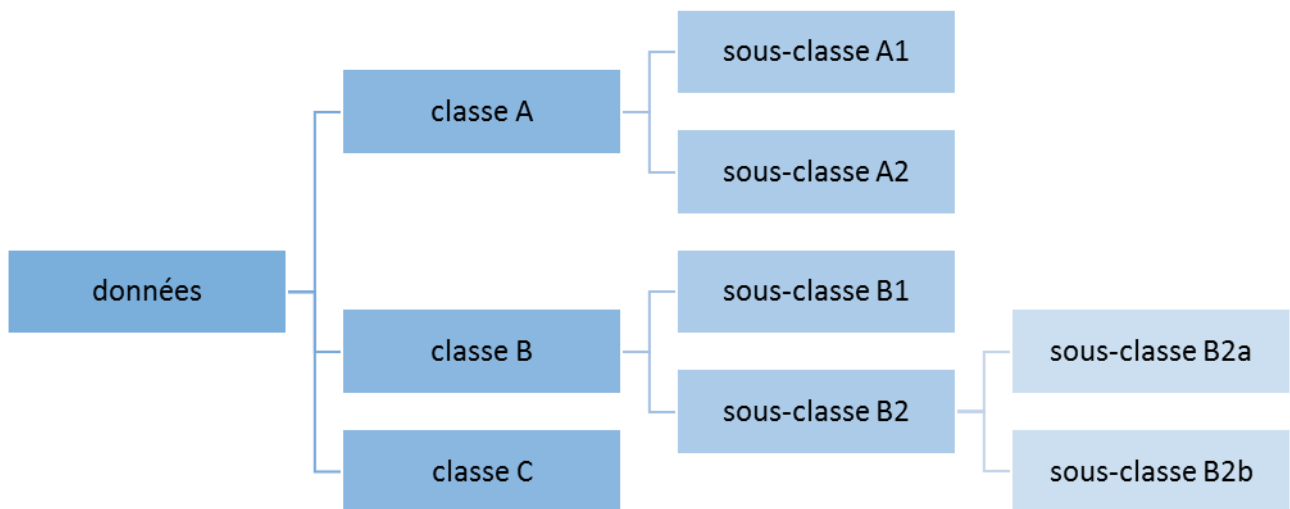


Figure 114 : Principe de classification par approche hiérarchique

6.3.2 Définition de la nomenclature hiérarchique

Une nomenclature hiérarchique à 3 niveaux est proposée (nous verrons plus tard qu'un 4^{ème} niveau pourrait compléter l'étude). Cette nomenclature n'est pas basée sur la notion d'habitat naturel (dont la caractérisation ne saurait se limiter à l'analyse par spectroscopie qu'elle soit au sol ou depuis des moyens aéroportés), mais sur la notion d'occupation du sol sur la zone intertidale.

La nomenclature proposée est présentée dans le Tableau 9.

6.3.3 Méthode de classification

6.3.3.1 Niveau 1

Le niveau 1 de classification consiste à discriminer une occupation majoritairement végétale d'une occupation majoritairement minérale pour chaque pixel de l'image, ainsi qu'à extraire les surfaces immergées ou hors estran. Ce niveau 1 de classification sert de base aux niveaux suivants.

Zone hors-estran / non-classifié

La zone d'estran est définie par l'application d'un masque vectoriel de limite terre/mer issu de la BDTOPAGE®

(<http://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search#/metadata/81d6c79e-92e9-46e3-aa8b-1001f91c20dc>).

Surface immergée

Les surfaces immergées n'étant pas considérées dans l'étude, un masque est appliqué afin d'isoler pour le reste du processus de classification les pixels considérés comme immergés au moment de l'acquisition aérienne.

Le masque est généré en combinant par un opérateur booléen d'union, deux indices spectraux. Le premier indice s'apparente à un indice de type NDWI (Normalized Difference Water index) exploitant la différence entre le proche infra-rouge et la partie visible du spectre de réflectance.

$$NDWI1 = \frac{VIS - NIR}{VIS + NIR}$$

Avec *VIS*, la valeur médiane du spectre de réflectance entre 450 et 600 nm ; et *NIR*, la valeur médiane du spectre de réflectance entre 650 et 850 nm.

Le second indice s'appuie sur la variation du spectre dans la zone du red-edge afin d'isoler les zones subissant une forte atténuation de la réflectance due à la présence d'eau.

$$NDWI2 = \frac{REb - REa}{REb + REa}$$

Avec *REa*, la valeur du spectre de réflectance à 725nm ; et *REb*, la valeur médiane du spectre de réflectance entre 745 et 755 nm.

Ce second indice permet notamment de mieux prendre en considération les zones de petits fonds avec couverture algale (réflectance NIR > réflectance VIS), telles que les cuvettes intertidales.

La classification en Surface immergée est appliquée si au moins l'un des deux indices est supérieur à 0.

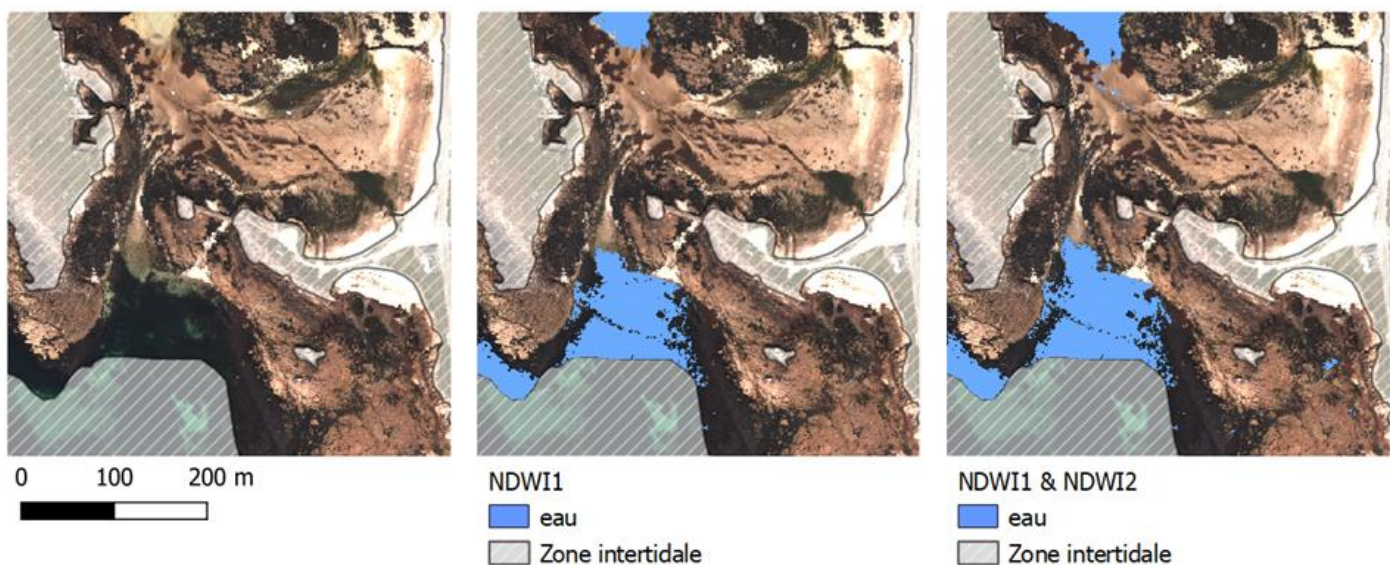


Figure 115. Identification des surfaces immergées (Lampaul-Plouarzel)

Végétal / Algues et Minéral / Substrat

La discrimination entre végétal et minéral s'effectue sur la base d'une distance angulaire entre spectre de référence et spectre image en limitant l'analyse à la gamme de longueur d'onde [500nm ;750nm].

C'est en effet sur cette zone du spectre, incluant le red-edge, que la signature végétale diffère le plus d'une signature à dominance minérale (Figure 116).

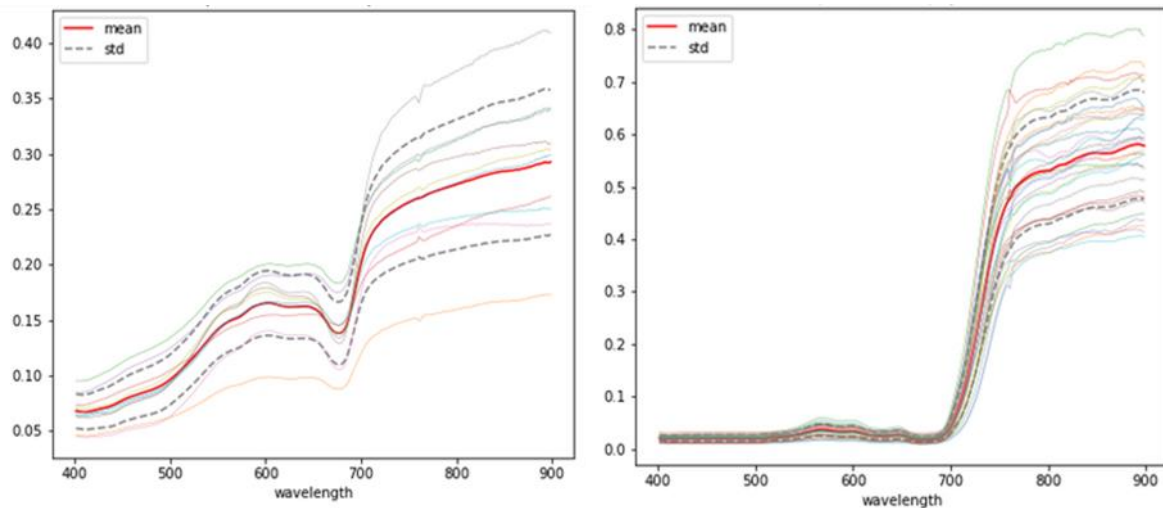


Figure 116. Exemple de spectre minéral (gauche : rocher) et végétal (algues brunes)

L'angle spectral est calculé entre chaque spectre image et chaque spectre de référence. La classe la plus proche (minimum de la distance moyenne par classe calculée sur les 100 spectres les plus proches) est conservée.

Le résultat cartographique de niveau 1 (Figure 117) est ainsi disponible en représentation de valeur discrète (code de la classe la plus proche) ainsi qu'en valeur continue sous la forme d'un score de discrimination pour les deux classes principales : végétal et minéral.

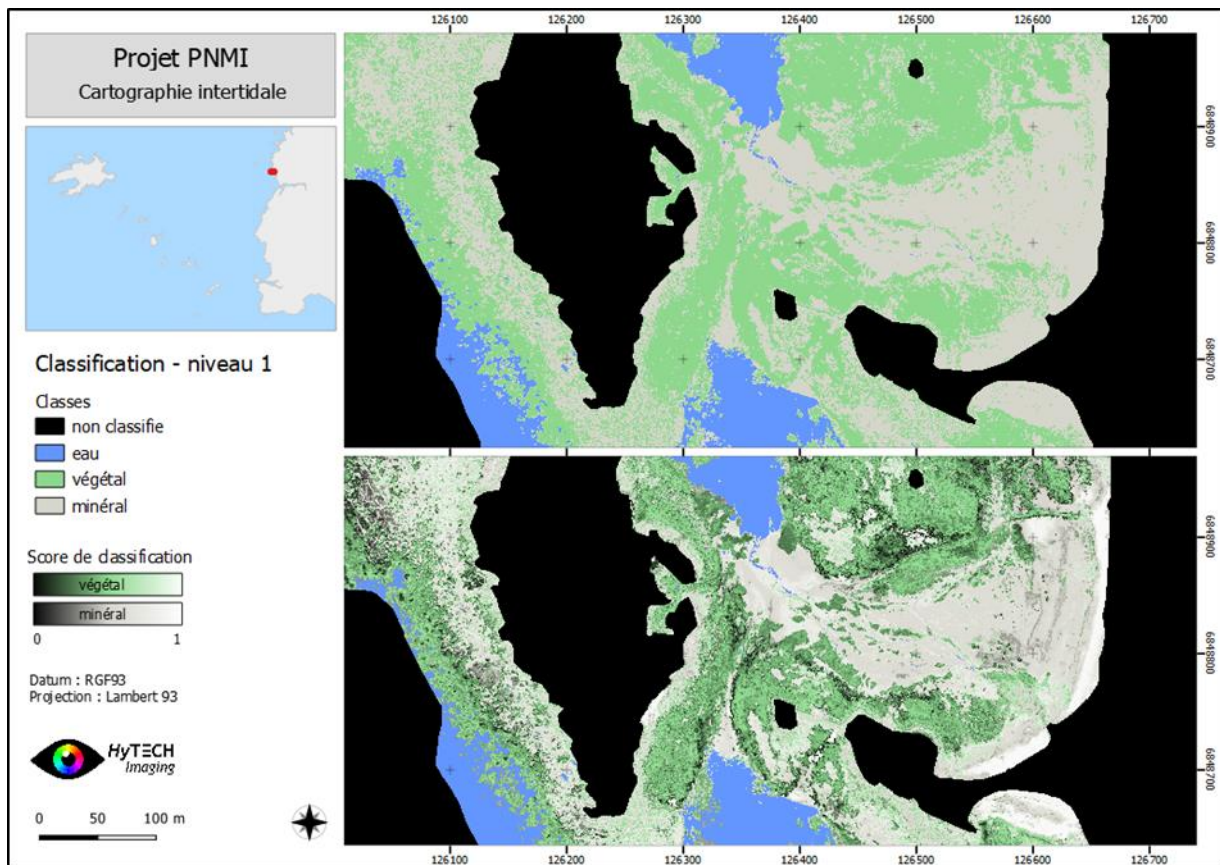


Figure 117. Exemple de classification niveau 1 sur Lampaul-Plouarzel

6.3.3.2 Niveau 2

La méthode de classification au second niveau hiérarchique s'appuie sur les résultats de classification au niveau 1 afin de préciser le contenu des classes 'végétal' et 'minéral' en s'appuyant sur des descripteurs spectraux extraits du spectre en réflectance.

La problématique principale posée à ce niveau de classification est la différenciation des types d'algues brunes, vertes et rouges. Pour aborder ce problème une approche par extraction des caractéristiques spectrales propres à chaque type est proposée.

L'objectif est de mettre en œuvre un classifieur spécifique focalisé sur les bandes d'absorption discriminantes pour chaque classe d'algues de niveau 2 (algues brunes, algues vertes, algues rouges).

Discrimination entre types d'algues

L'étape préalable à la création de descripteurs pour ces bandes d'absorption est la vérification de la présence des caractéristiques spectrales dues aux pigments dans les spectres mesurés. Dans un premier temps une analyse des spectres de référence permet de faire ressortir les pics de réflectance caractéristiques des 3 types d'algues brunes, rouges, et vertes, dans le domaine du visible de 500nm à 650nm.

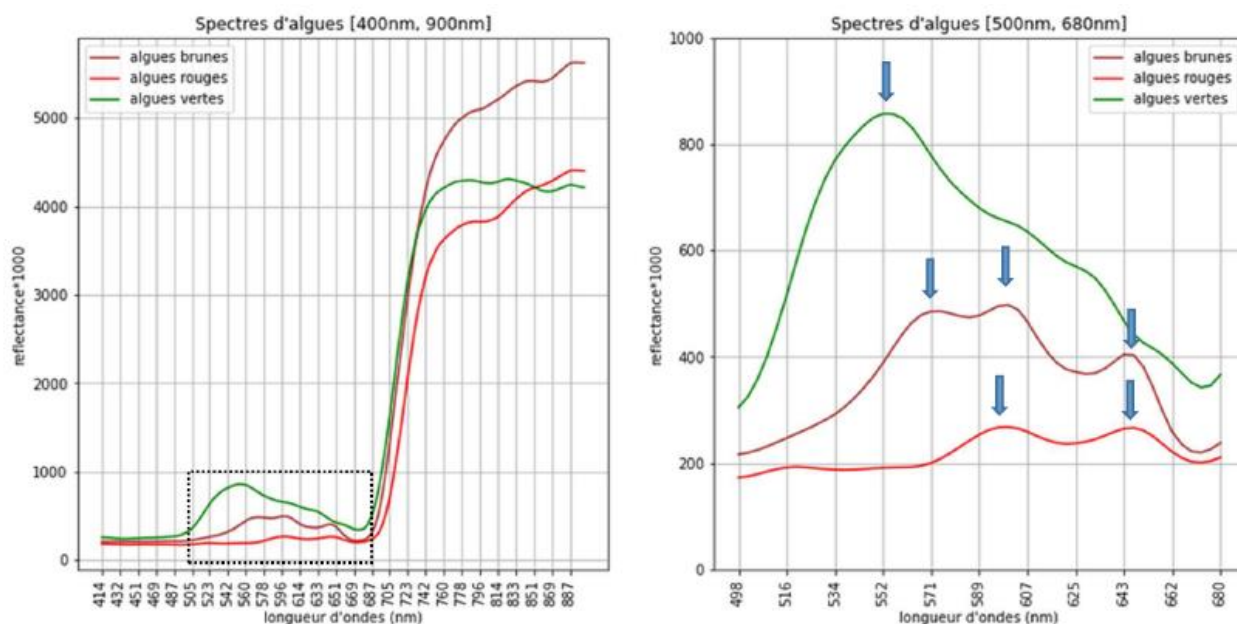


Figure 118. Caractéristiques spectrales des algues brunes, vertes et rouges analysées à partir des spectres terrain

A partir de cette analyse, il est possible d'identifier les caractéristiques spectrales suivantes :

- Algues brunes : 3 pics localisés autour de 570nm, 600nm et 645 nm
- Algues vertes : 1 pic principal localisé autour de 550nm
- Algues rouges : 2 pics localisés autour de 600nm et 645nm

La présence d'un pic de réflectance est associée à la présence de bandes d'absorption de part et d'autre du pic. Ces bandes d'absorption liées aux caractéristiques pigmentaires de chaque type d'algue peuvent être extraites par une méthode de suppression du continuum spectral. Un exemple est présenté (Figure 119).

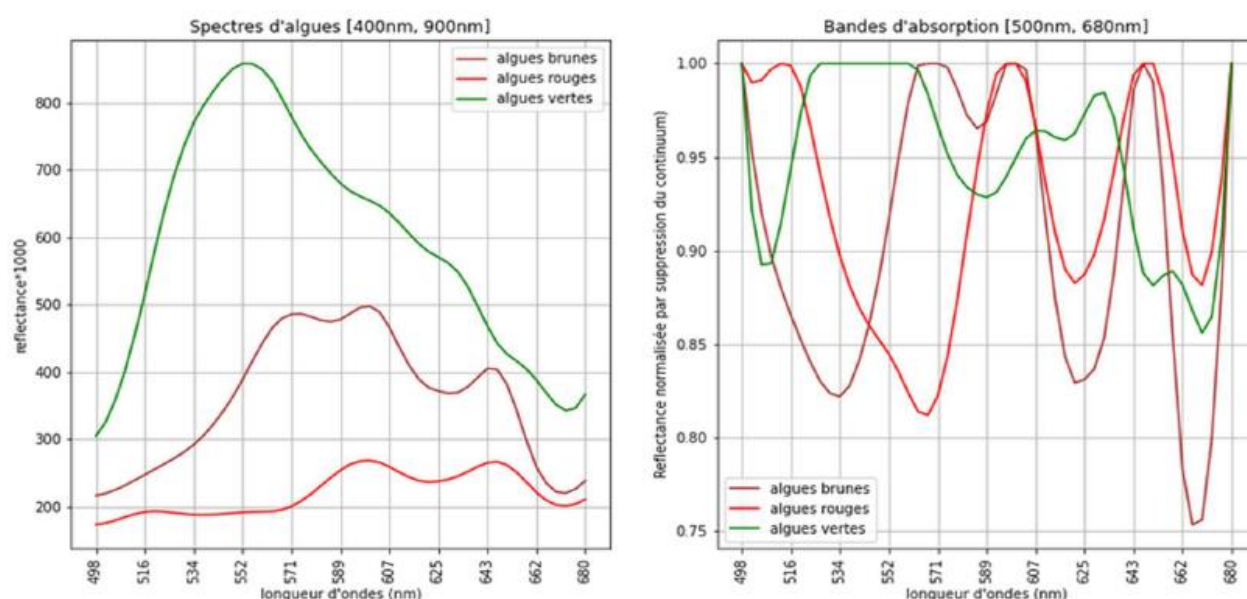


Figure 119. Visualisation des bandes d'absorption par suppression du continuum pour des algues brunes, vertes et rouges analysées à partir des spectres terrain

Le résultat de transformation du spectre par suppression du continuum est alors utilisé comme descripteur par le classifieur. Dans le cas de la discrimination des algues, le classifieur utilise une distance de corrélation entre descripteurs des spectres de références et des spectres « image ».

La distance de corrélation est calculée entre chaque spectre image et chaque spectre de référence. La classe la plus proche (minimum de la distance moyenne par classe calculée sur les 100 spectres les plus proches) est conservée.

Discrimination entre substrats

La discrimination des substrats par une approche purement spectrale est rendue complexe par la très forte variabilité des signatures inter et intra classes (rochers, galets, sables).

Une stratégie par angle spectral sur la gamme [400nm ;900nm] est proposée. En fonction des résultats de validation, cette stratégie pourra être affinée le cas échéant.

Classe spécifique : « dépôt d'algues »

Pour ce niveau 2, il est à noter la prise en compte de manière spécifique de la classe « dépôt d'algues ». En effet, les dépôts d'algues et laisse de mer, en fonction de leur nature (mélange algal) et de leur état de décomposition possèdent, dans la gamme des longueurs d'ondes visibles, des caractéristiques spectrales très variables (reflet de la variabilité/complexité biologique des dépôts). Cependant l'analyse des résultats de spectroscopie terrain a permis l'identification de caractéristiques spectrales particulières, notamment dans le red-edge et proche infra-rouge (Figure 120).

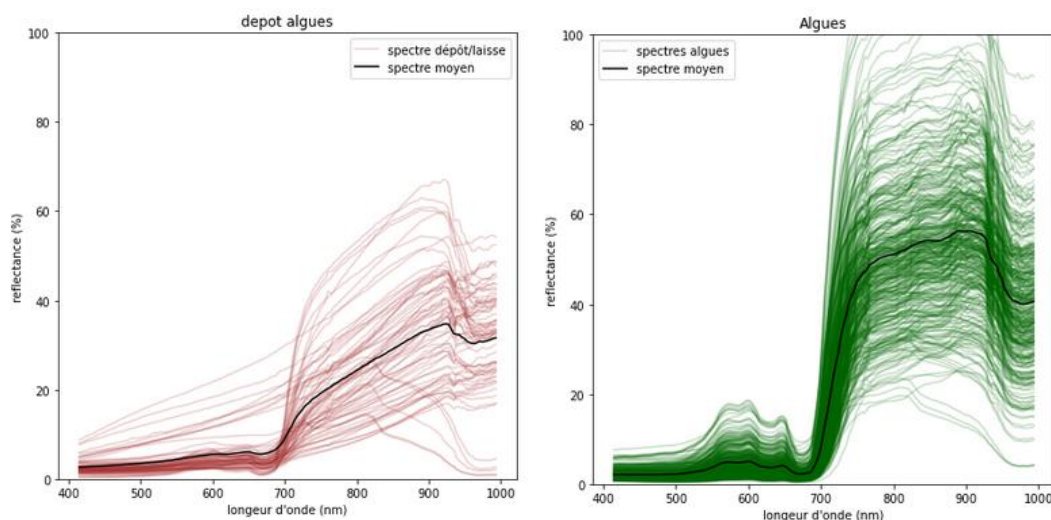


Figure 120. (gauche) Spectres de dépôt et laisse de mer ; (droite) spectre algues.

Les spectres de dépôt et laisse de mer font apparaître une pente moins marquée que les spectres algaux dans le red-edge [680nm, 750nm] et une pente du plateau proche-infra-rouge plus marquée que les spectres algaux.

L'exploitation de ces caractéristiques permet, au travers d'une règle de décision (basée sur les pentes red-edge et infra-rouge), d'identifier les dépôts afin de les exclure de la classification des types d'algues au niveau 2.

Un exemple de résultat cartographique de niveau 2 est présenté (Figure 121).

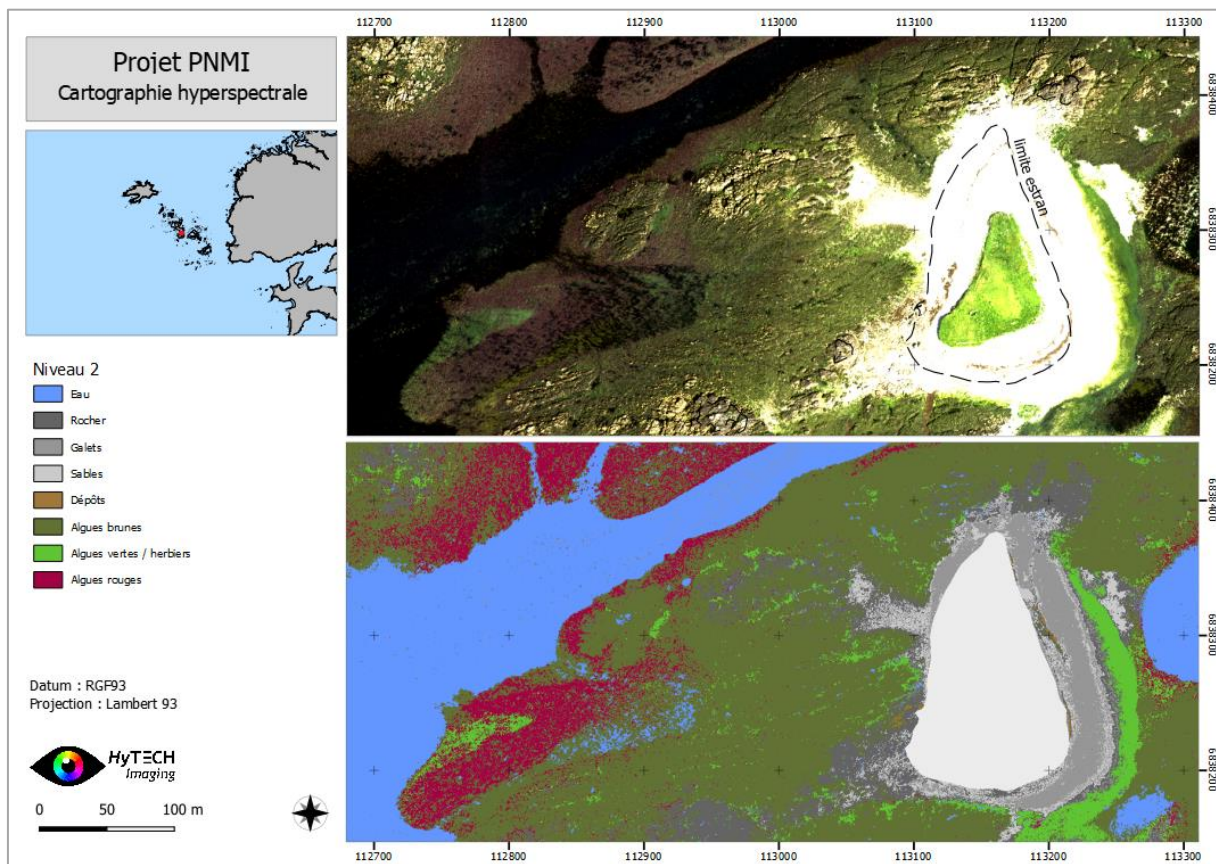


Figure 121. Exemple de classification niveau 2 proche de l'Île aux Chrétiens

6.3.3.3 Niveau 3

La classification de niveau 3 vise principalement à affiner l'identification des couvertures algales par espèces. L'identification est proposée de deux manières distinctes et complémentaires :

1. Au travers d'une **approche visuelle** des variations spectrales sur l'estran
2. Au travers d'une **classification automatique** dans la continuité des niveaux (1 et 2) présentés ci-dessus

6.3.3.3.1 Approche visuelle : non-supervisée

Nous proposons au niveau 3 un premier niveau d'analyse consistant à établir une cartographie des ceintures d'algues brunes observées sur le terrain par une approche de visualisation. Par cette approche, nous poursuivons l'objectif de mettre en évidence la richesse de l'information disponible dans les images hyperspectrales, montrant que la mise au point ultérieure d'une approche de classification automatique des ceintures avec une typologie établie en concertation est possible, ainsi que la mise à disposition d'information permettant de limiter sensiblement le temps terrain nécessaire à la cartographie, et à la rendre plus précise spatialement, plus souple à mettre en place et plus robuste pour un suivi multitemporel de l'évolution des ceintures.

Un exemple de rendu de l'information disponible dans les images hyperspectrales le long d'un étagement caractéristique des ceintures d'algues brunes, sur une zone située sur le platier au sud de Quéménès, est donné sur la figure suivante (Figure 122).

A gauche le rendu en vraies couleurs RGB représente l'équivalent de l'information disponible sur les orthophotographies. L'information est limitée, l'ensemble des ceintures se révélant par une couleur sombre, qui nécessite un effort de terrain considérable pour une cartographie par méthode traditionnelle des différentes ceintures, avec une précision de cartographie nécessairement liée au temps consacré sur le terrain à la délimitation manuelle des ceintures.

A droite, un rendu en fausses couleurs issu de l'information spectrale disponible dans l'image hyperspectrale permet de mettre en évidence à l'œil de l'expert les différentes ceintures qui peuvent être directement cartographiées sur l'image en limitant sensiblement l'effort de terrain. Les limites des ceintures issues de la cartographie établie par J.Y. Floch en 1967 sont représentées sur le rendu afin de mettre en évidence l'évolution locale des ceintures.

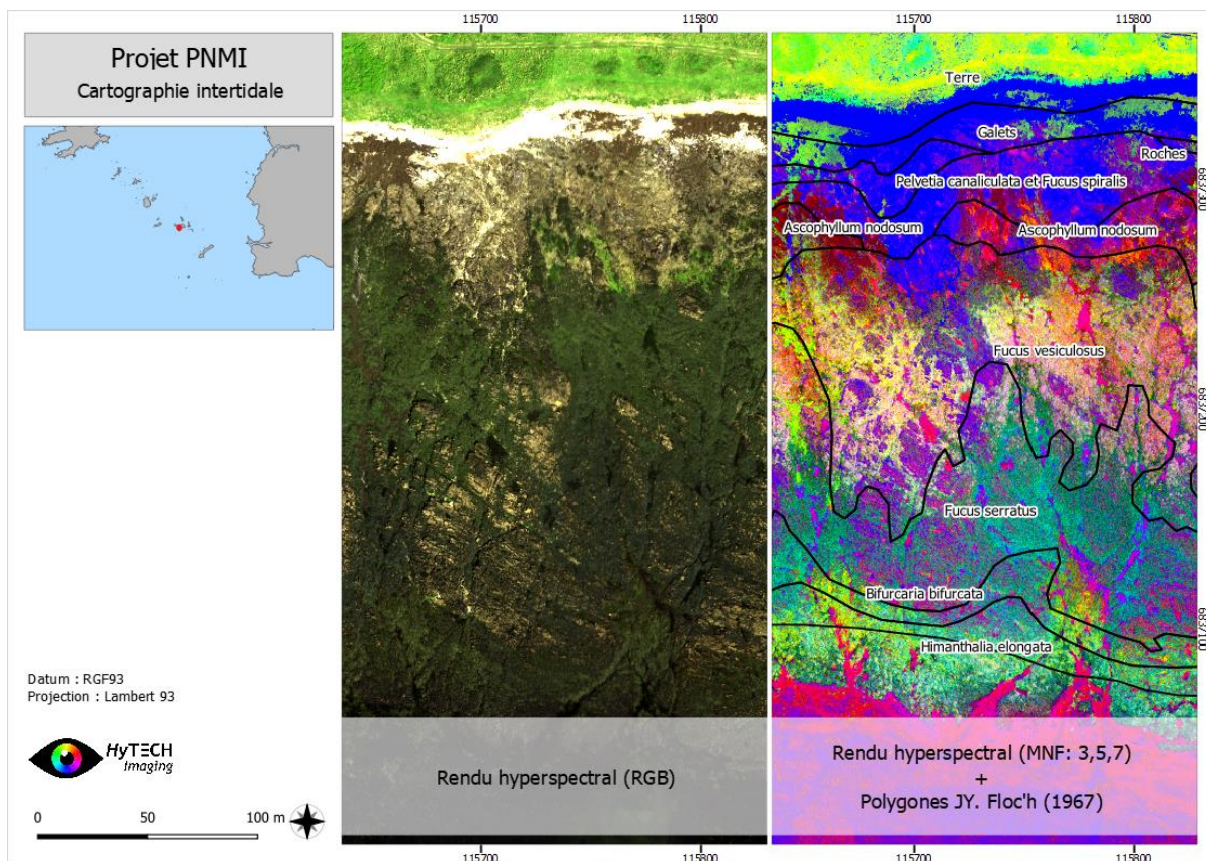


Figure 122. Exemples de rendus sur ceintures d'algues brunes au Sud de Quéménès. (gauche) Rendu RGB 'orthophotographie classique' ; (droite) Rendu fausses couleurs permettant de mettre en évidence visuellement les différentes ceintures algales et la complexité des mélanges d'espèces, avec superposition des contours des ceintures telles que cartographiées par J.Y. Floc'h, 1967

Sur la figure suivante (Figure 123) est illustré un exemple de cartographie manuelle possible des ceintures d'algues brunes à partir du seul rendu issu d'une image hyperspectrale sur la même zone. **Cette délimitation est réalisée sans aucune intervention d'expert, ni validation. Elle est destinée uniquement à montrer la faisabilité de la cartographie à partir des informations issues de l'image hyperspectrale. Elle ne doit pas être considérée comme une carte validée prête à être intégrée dans un SIG utilisé pour la gestion par exemple.**

Sous réserve de validation, elle permet de mettre en évidence localement l'évolution des ceintures entre 1967 et 2020.

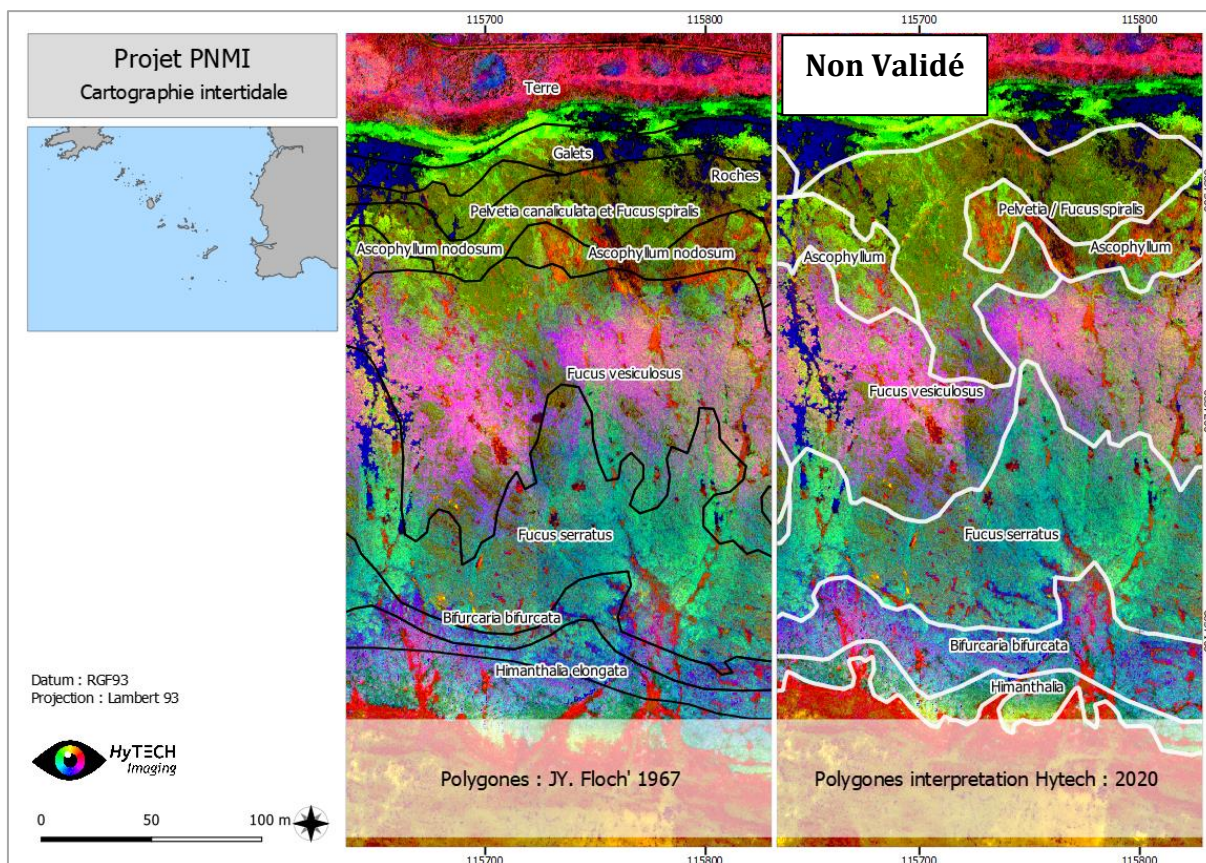


Figure 123. Exemples de cartographies de ceintures d'algues brunes au Sud de Quéménéès à partir d'une image hyperspectrale (gauche) Cartographie J.Y. Floch 1967 superposée au rendu de l'image hyperspectrale acquise en 2020 ; (droite) Cartographie manuelle 2020 des ceintures possibles, sans intervention d'expert et sans validation, superposée au même rendu d'image hyperspectrale acquise en 2020

6.3.3.3.2 Approche de classification automatique

La classification automatique de niveau 3 s'appuie sur les résultats de classification des niveaux précédents afin d'affiner l'identification des ceintures d'algues par analyse spectrale, et ce de manière supervisée.

Comme présenté précédemment les algues brunes, rouges et vertes semblent bien discriminables par analyse des caractéristiques de bande d'absorption spécifiques à chaque groupe dans la gamme visible du spectre. En complément, l'analyse des résultats de spectroscopie terrain fait apparaître des dissemblances des signatures spectrales par espèces, particulièrement au niveau du plateau proche infra-rouge. Alors que les caractéristiques spectrales pour les longueurs d'ondes visibles sont le fait de la présence de pigments spécifiques, les caractéristiques spectrales du proche infra-rouge sont principalement liées à la structure du couvert. Dans le cas des algues brunes (possédant les mêmes caractéristiques pigmentaires), c'est essentiellement cette information structurelle qui est recherchée pour la discrimination par espèces.

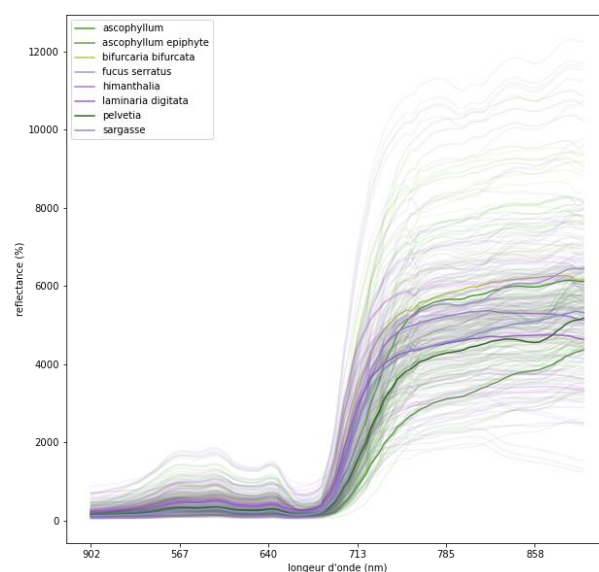


Figure 124. Visualisation des spectres d'algues brunes par espèces. Les spectres par espèces semblent plus facilement séparables sur des caractéristiques dans le proche-infra-rouge (> 750nm).

Ainsi, pour l'identification des espèces d'algues, la stratégie de classification au niveau 3 se base sur la distance euclidienne normalisée appliquée à la gamme [720; 920nm] calculée entre spectres image et spectre de référence. Pour la séparabilité des substrats (rochers, galets, sables) en sous-groupes de niveau 3, la gamme [420 ;920nm] est retenue.

L'analyse des premiers résultats et la prise en considération de particularités de la zone d'intérêt nous ont amené à réduire la typologie de niveau 3 pour éviter les confusions avec les espèces pas ou peu représentées, et limiter les confusions pour les espèces a priori non discriminables spectralement. Ainsi, selon les cas, les classes suivantes ont été « désactivées » ou « agrégées » dans la classification :

- « Sargasse » : classe désactivée (peu ou pas de présence)
- « Laminaria digitata », « Laminaria saccharina » : classes désactivées (pas de présence hors des zones immergées)
- « Fucus spiralis », « Fucus vesiculosus », « Fucus serratus » : classes agrégées en une classe « Fucus sp. »
- « Ascophyllum avec épiphyte » : classe désactivée (la présence de l'épiphyte *Vertebrata lanosa* (algue rouge) dans la signature spectrale génère des confusions*)
- « Pelvetia » : classe désactivée (faible présence)
- « Herbier » : classe désactivée (non-identifié sur Quéménès/Trielen)
- « Porphyra » : classe désactivée (non-identifiée sur Quéménès/Trielen)

* Les spectres « Ascophyllum » sont eux conservés

Un exemple de résultat cartographique de niveau 3 est présenté (Figure 125).

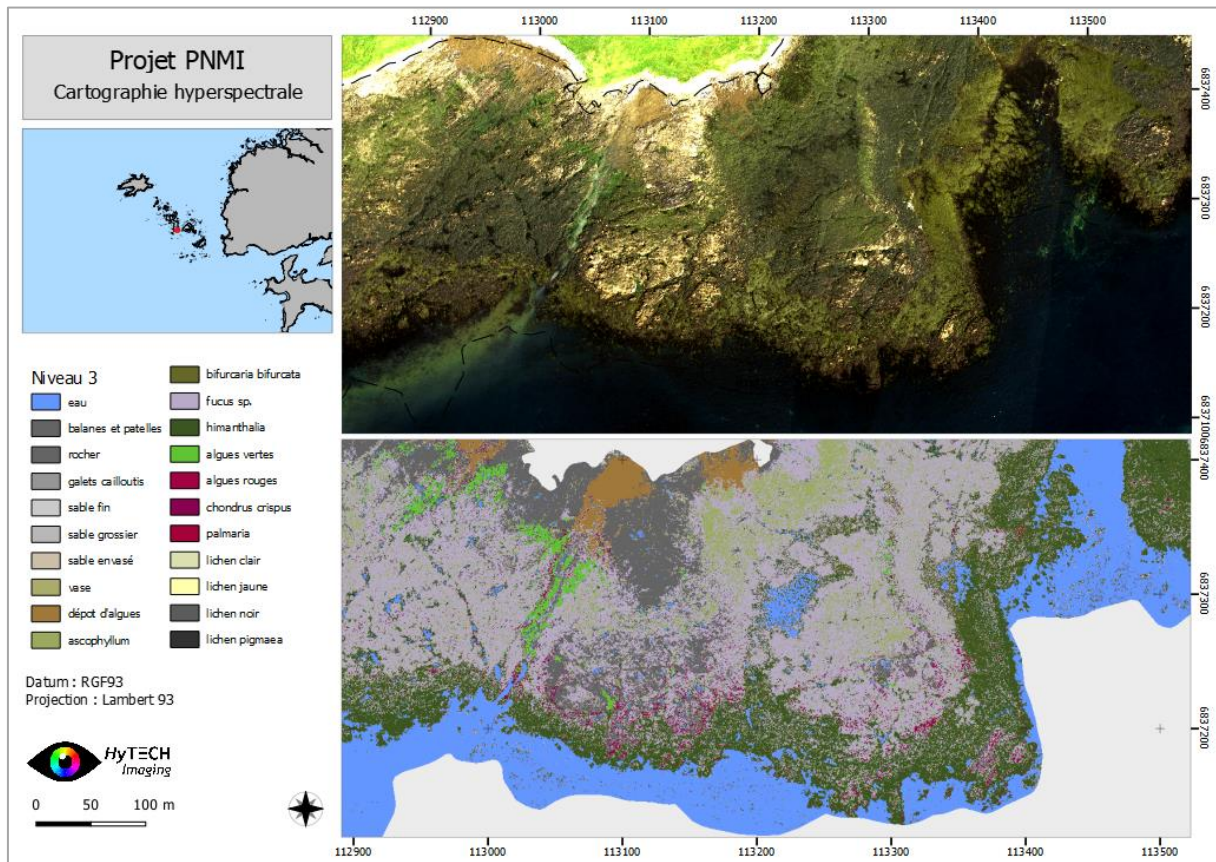


Figure 125. Exemple de classification niveau 3, au sud de Trielen

6.3.3.4 Niveau 4 et post-classification

La classification de niveau 3 présentée ci-dessus est effectuée selon une stratégie d'analyse spectrale uniquement. Ce niveau constitue, pour l'approche par télédétection hyperspectrale, le résultat cartographique brut proposé dans ce projet.

En s'appuyant sur ces résultats bruts, des traitements complémentaires sont proposés afin de :

- 1- Affiner la classification des ceintures algales grâce à l'utilisation de données complémentaires, tel que l'étagement.
- 2- Lisser le résultat de classification pixélisé par l'application d'un filtre majoritaire (simplification spatiale du résultat).

6.3.3.4.1 Prise en compte de l'étagement

Comme vu précédemment, nous avons été confrontés à la difficulté d'identifier les différences spectrales entre les espèces de *Fucus* (i.e. *Fucus serratus*, *F. vesiculosus*, *F. spiralis*). Sur le terrain, l'identification des ceintures s'effectue d'une part sur une analyse visuelle des caractéristiques

biologiques/morphologiques mais aussi par la prise en compte de l'étagement, propre à chaque espèce. En considérant cette dernière information, nous proposons un 4^{ème} niveau de classification. L'étagement des *Fucus* spp est pris en compte en suivant le tableau suivant (d'après Floc'h, 1967)

Tableau 10: Répartition des *Fucus* par niveau d'étagement (d'après Floc'h, 1967)

Niveau min.	ZH	BMVE	BMME	NM	PMME
Niveau max.	BMVE	BMME	NM	PMME	PMVE
<i>Fucus spiralis</i>					x
<i>Fucus vesiculosus</i>			x	x	
<i>Fucus serratus</i>		x	x		

Ce tableau est utilisé pour créer une fonction d'appartenance par espèce en fonction du niveau topo bathymétrique à la position du pixel analysé. Lors de la classification, la distance spectrale entre la cible (spectre pixel) et la référence est pondérée par l'inverse de cette fonction d'appartenance. La référence topo bathymétrique utilisée est le [Litto3D® Finistère 2014](#) diffusé par le SHOM. L'élévation fournit en référence altimétrique terrestre (IGN69) est convertie en référence altimétrique marine en utilisant les informations du document [RAM2020](#) diffusé par le SHOM. Pour l'île de Molène, les valeurs utilisées sont les suivantes (se référer au document cité pour plus de précision):

- ZH/Ref : -3.841m
- PMVE = 7.30
- PMME = 5.80
- NM = 4.34
- BMME = 2.85
- BMVE = 1.25

Un exemple de résultat cartographique de niveau 4, pour les *Fucus* est présenté (Figure 126).

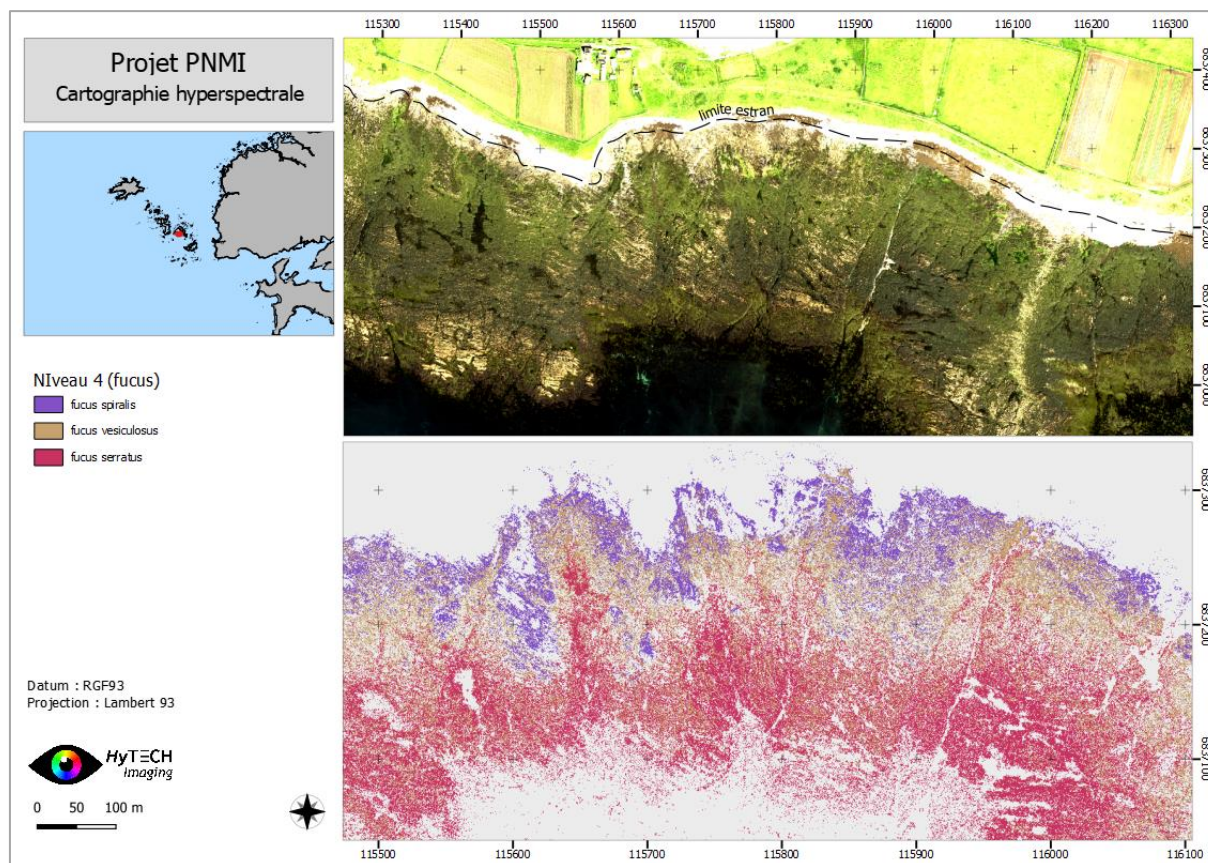


Figure 126. Exemple de classification niveau 4 (fucus), au sud de Quéménès

6.3.3.4.2 Filtrage majoritaire

Afin de réduire l'effet pixélisé et faciliter l'interprétation des résultats, nous proposons de simplifier le résultat de classification par l'application d'un filtre majoritaire. Ce filtrage s'effectue par sélection de la classe majoritaire sur une fenêtre de taille 7x7px (noyau circulaire).

Un exemple de résultat cartographique de niveau 4 avant et après filtrage est présenté (Figure 127).

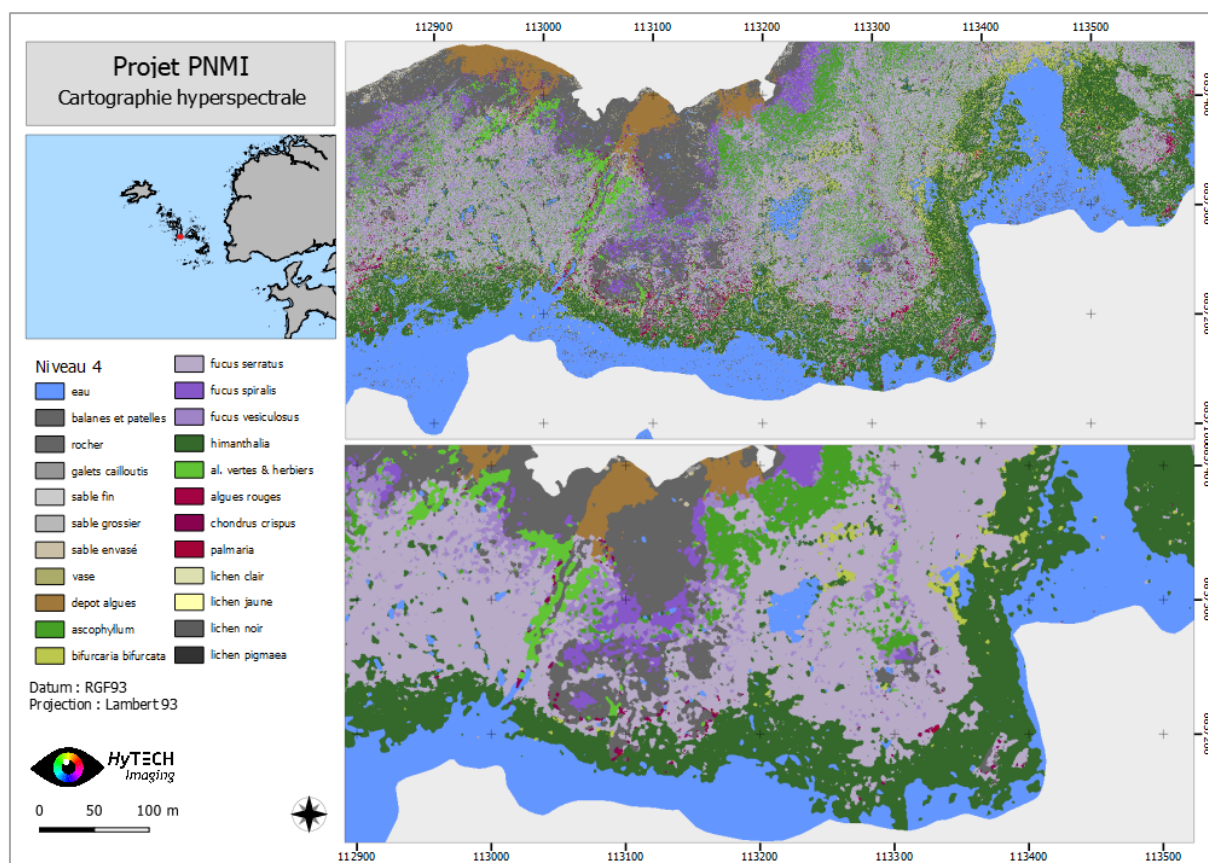


Figure 127. Exemple de classification niveau 4 sans filtrage (haut) et avec filtrage majoritaire (bas)

6.3.3.5 Cartes mono-spécifiques

L'approche de télédétection va permettre (en utilisant les résultats de classification brute) la visualisation de cartes mono-spécifiques. La mise en évidence de certaines ceintures algales ou de couverts particuliers (dépôt d'algues par exemple) est ainsi facilitée. Ces sorties sont directement issues de la carte de classification niveau 4 avant filtrage.

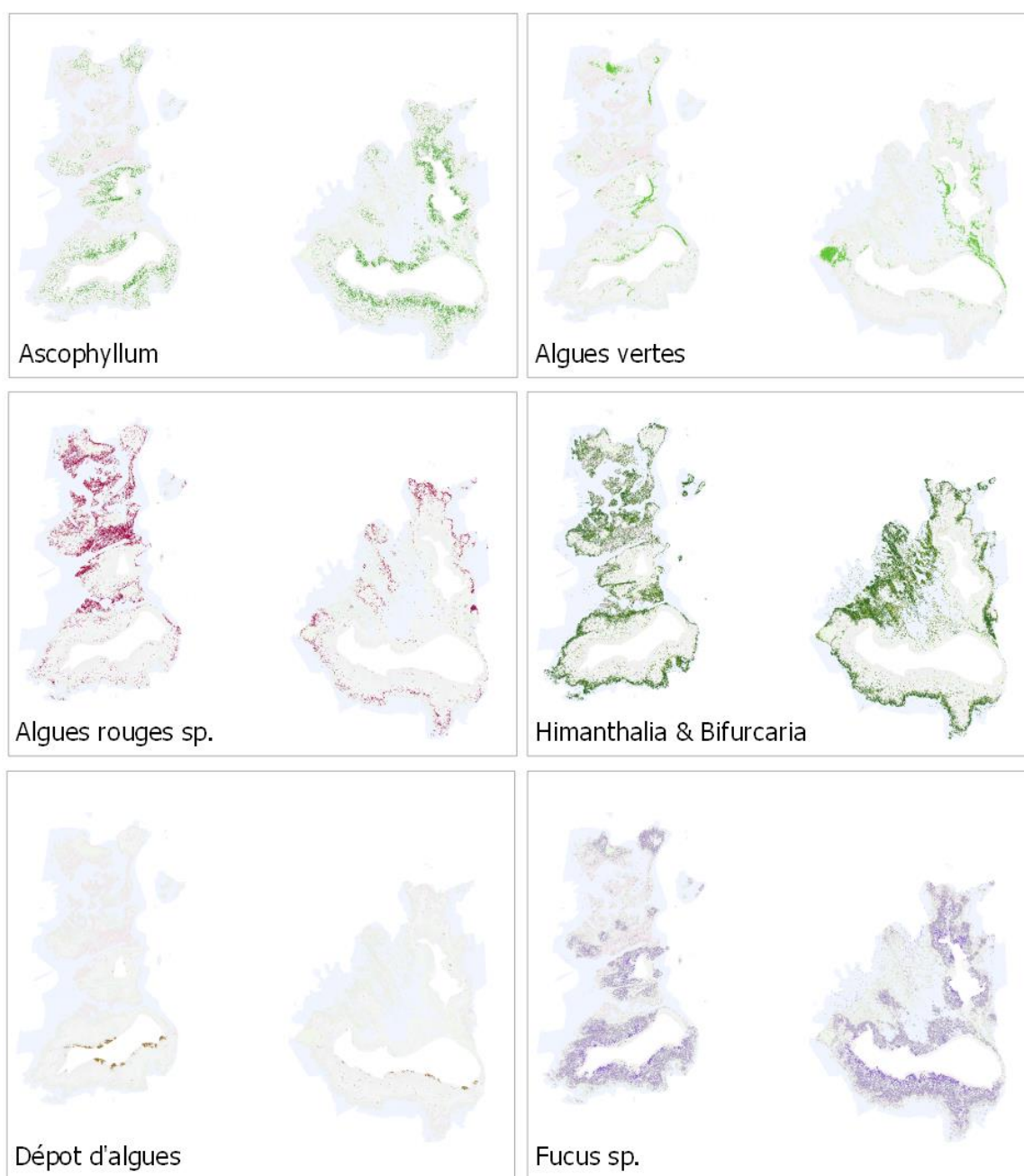


Figure 128. Exemples de cartes mono-spécifiques issues de niveau 4 sans filtrage (de gauche à droite et de haut en bas: *Ascophyllum*, algues vertes, algues rouges sp., *Himanthalia* & *Bifurcaria*, dépôt d'algues, *Fucus* sp.)

6.3.3.6 Synthèse graphique de la méthodologie proposée

Le schéma ci-dessous permet de visualiser le principe général de la méthode de classification proposée aux différents niveaux cartographiques.

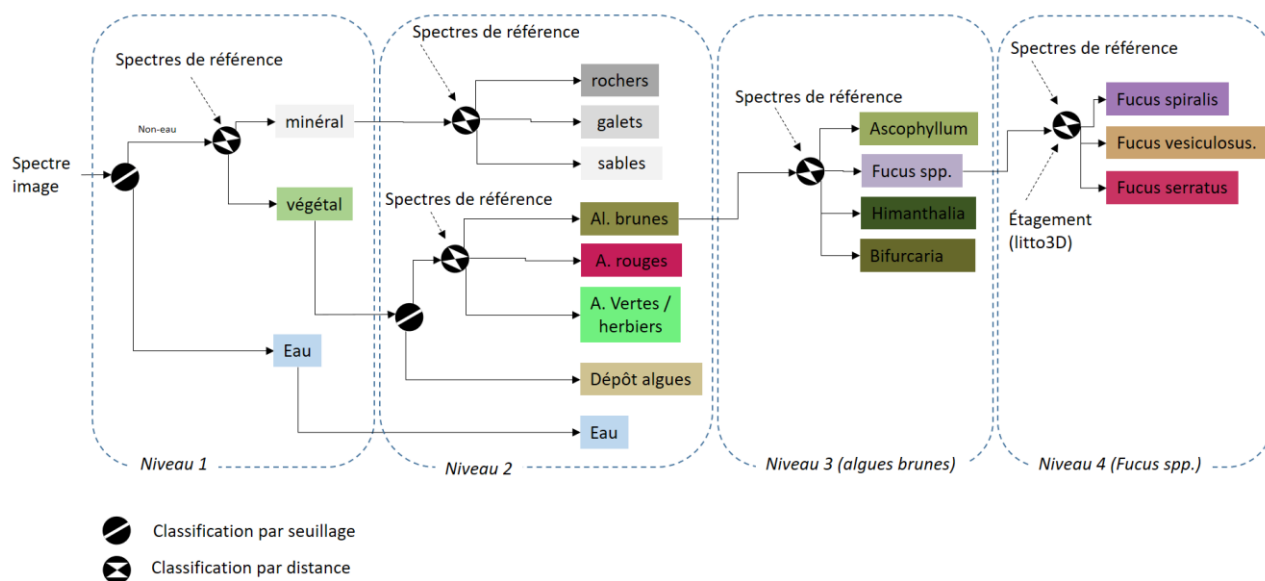


Figure 129 : schéma général simplifié de la méthode proposée

6.4 Résultats et analyses

6.4.1 Résultats de classification

Les résultats cartographiques par télédétection hyperspectrale sont présentés ci-dessous sur les zones de Quéménès et de Trielen.

Ces résultats reprennent l'ensemble des produits livrés :

- Classification de niveau 1
- Classification de niveau 2
- Classification de niveau 3
- Classification de niveau 4
- Classification de niveau 4 (avec filtrage majoritaire)
- Visualisation spectrale

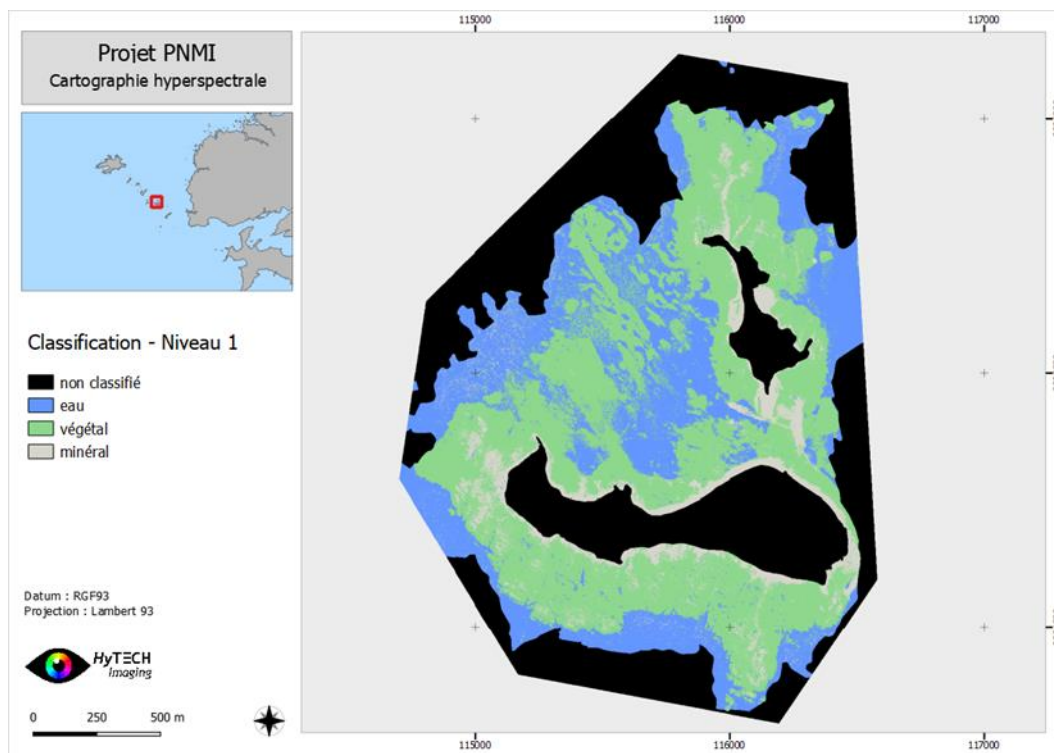


Figure 130. Visualisation des résultats de classification niveau 1 sur Quéménès

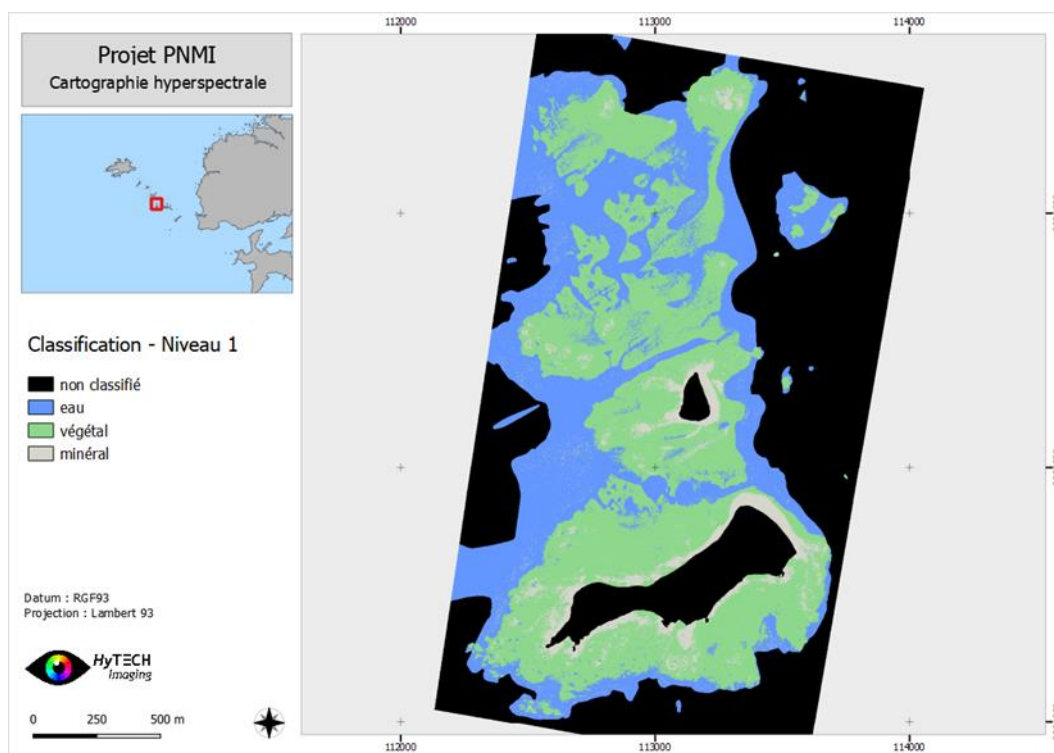


Figure 131. Visualisation des résultats de classification niveau 1 sur Trielen

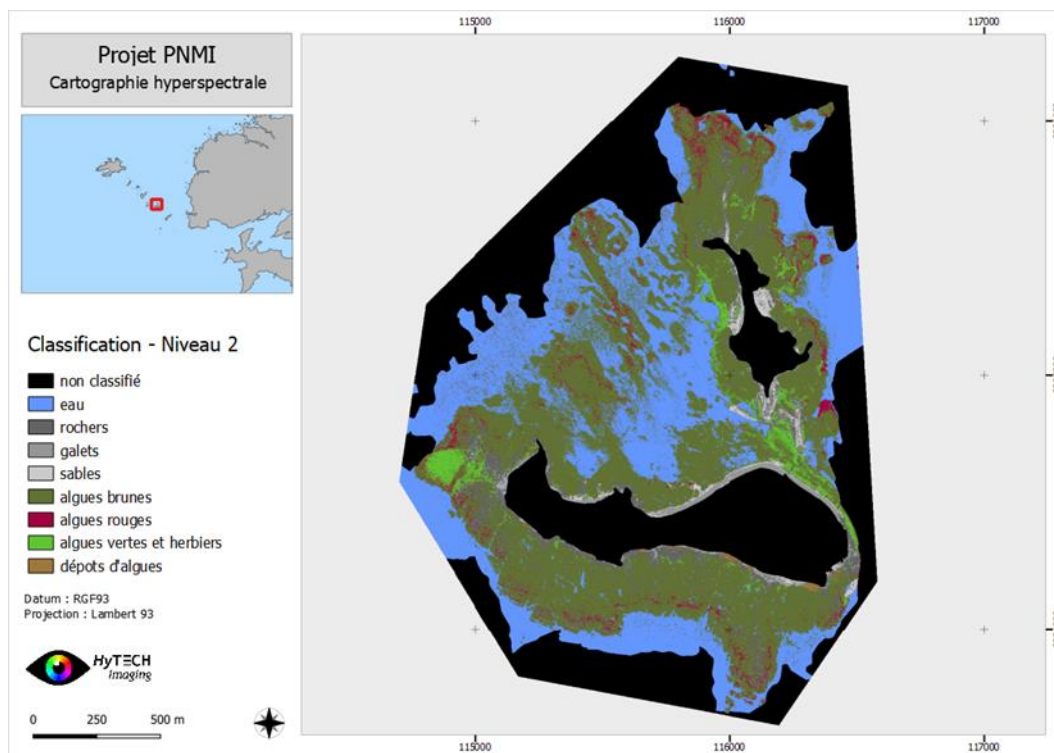


Figure 132. Visualisation des résultats de classification niveau 2 sur Quéménès

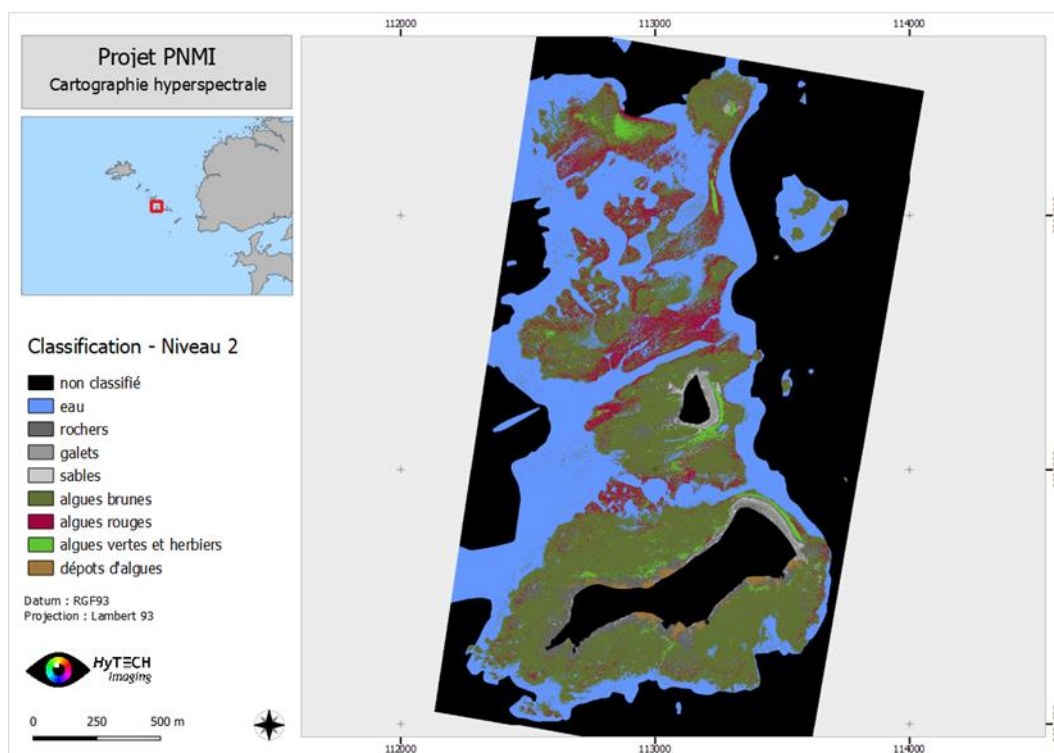


Figure 133. Visualisation des résultats de classification niveau 2 sur Trielen

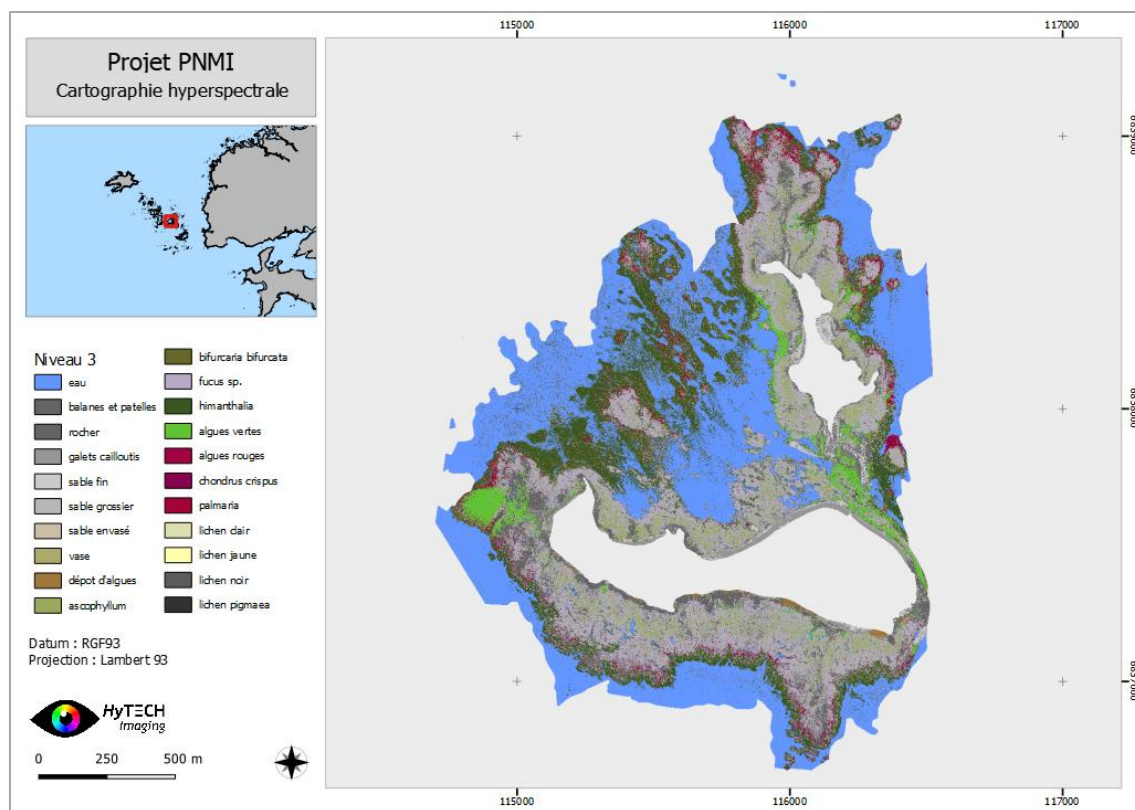


Figure 134. Visualisation des résultats de classification niveau 3 sur Quéménès

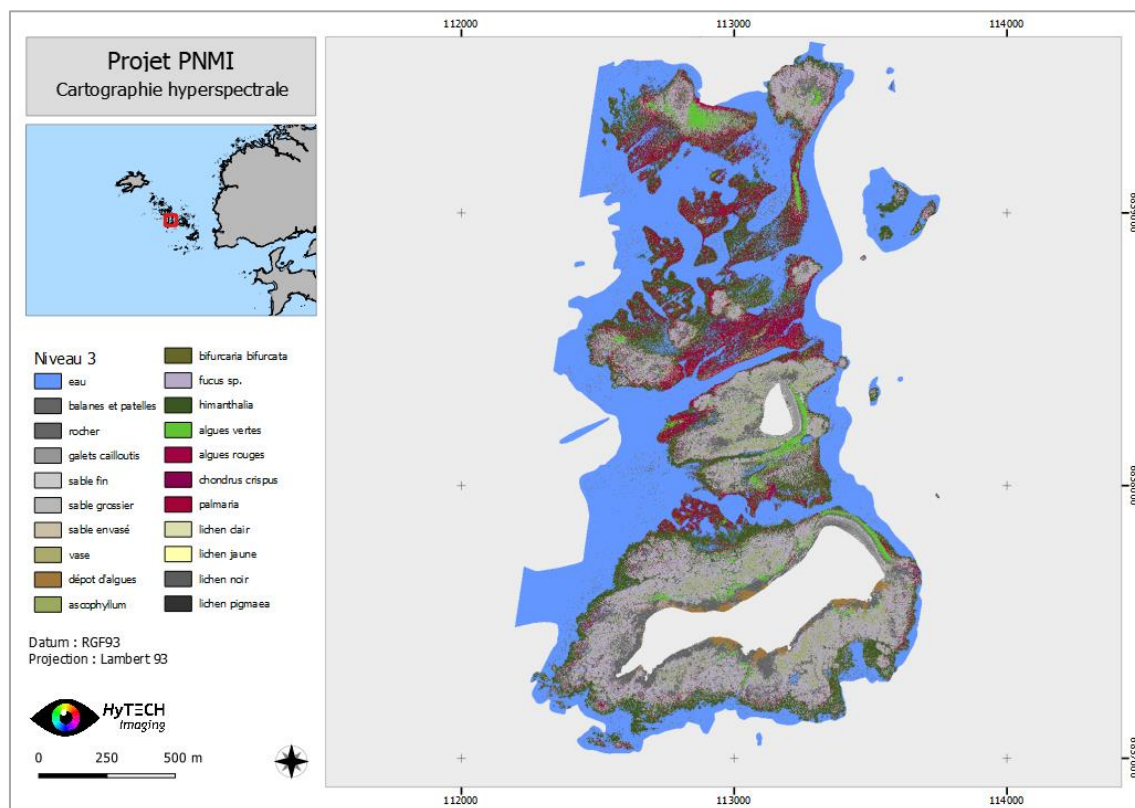


Figure 135. Visualisation des résultats de classification niveau 3 sur Trielen

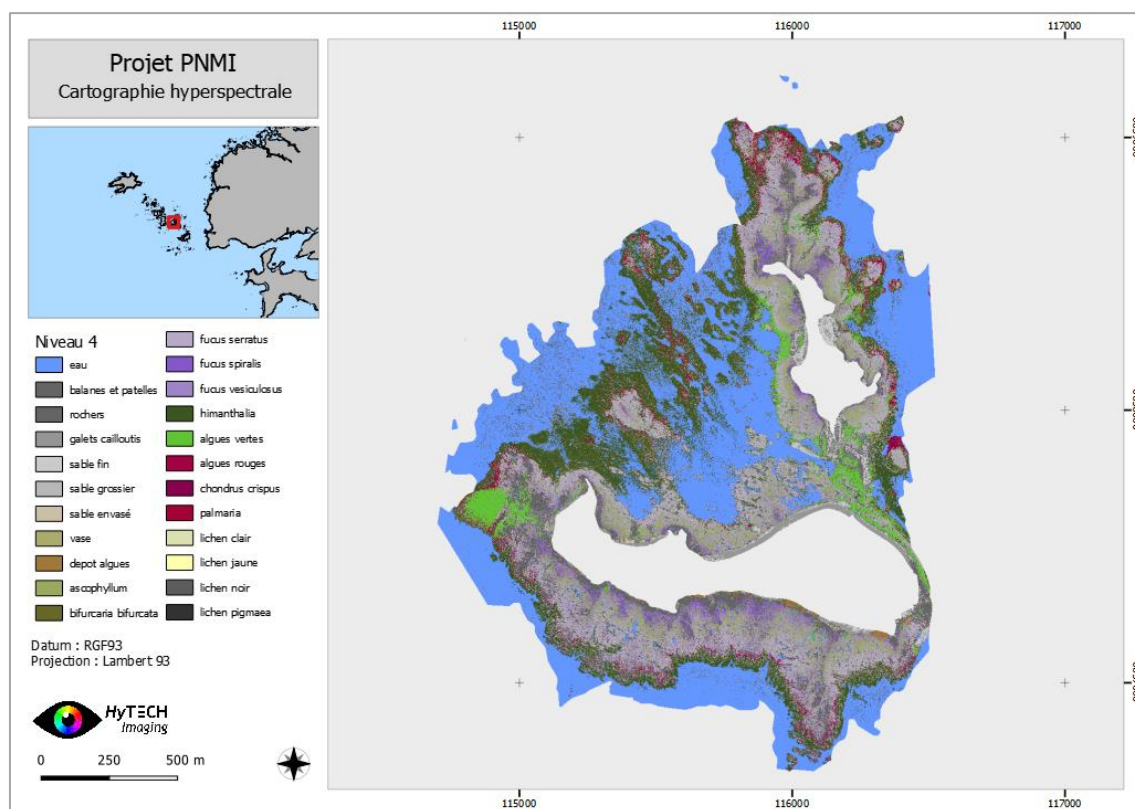


Figure 136. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (sans filtrage) sur Quéménès

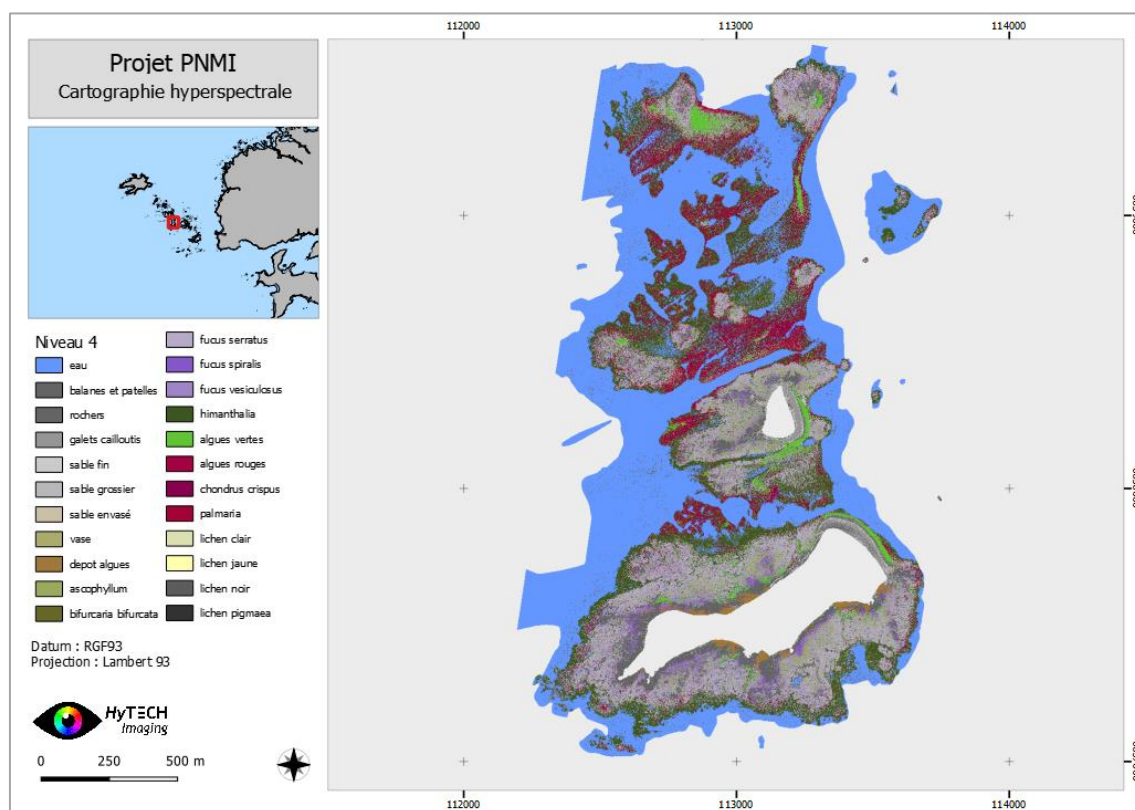


Figure 137. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (sans filtrage) sur Trielen

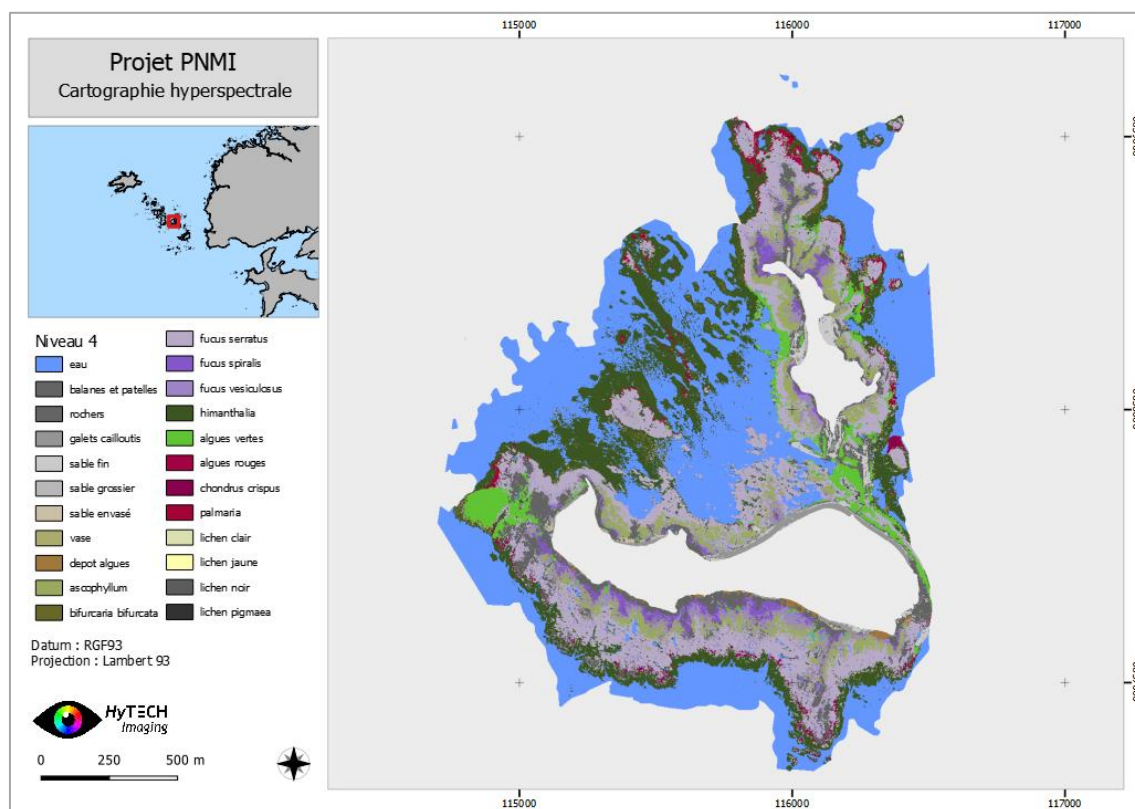


Figure 138. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (avec filtrage) sur Quéménès

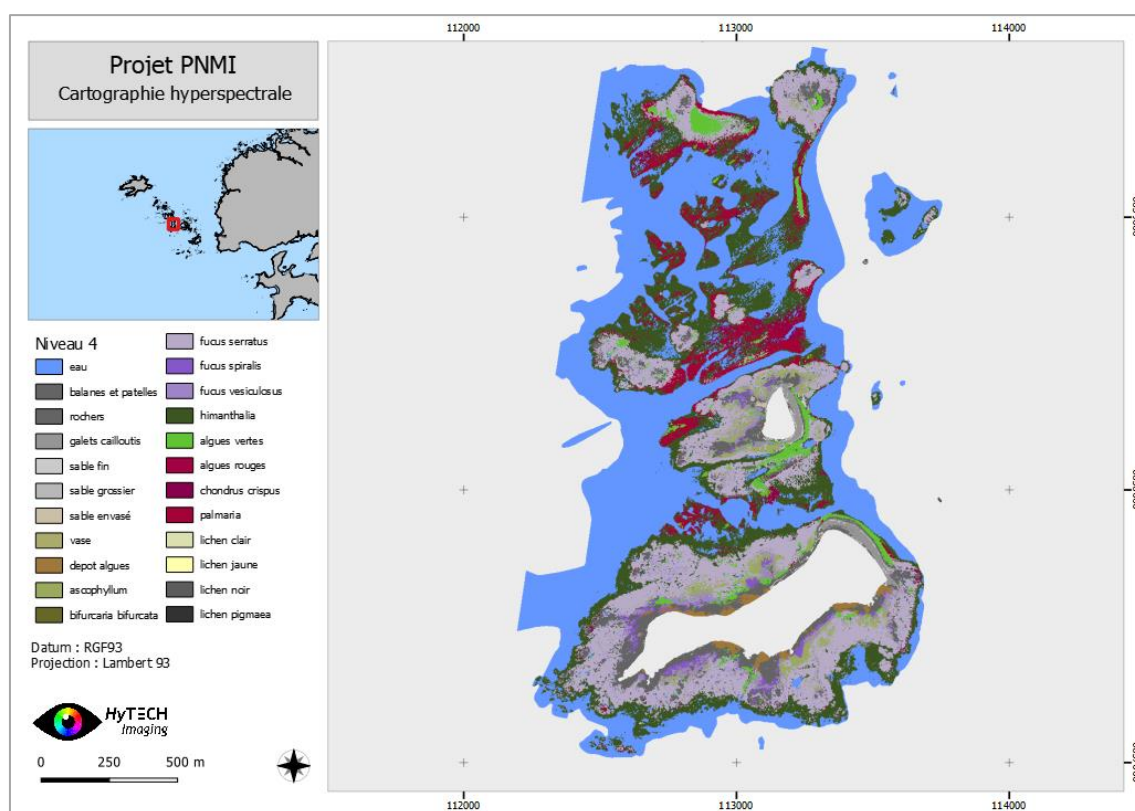


Figure 139. Visualisation des résultats de classification niveau 4 (avec filtrage) sur Trielen

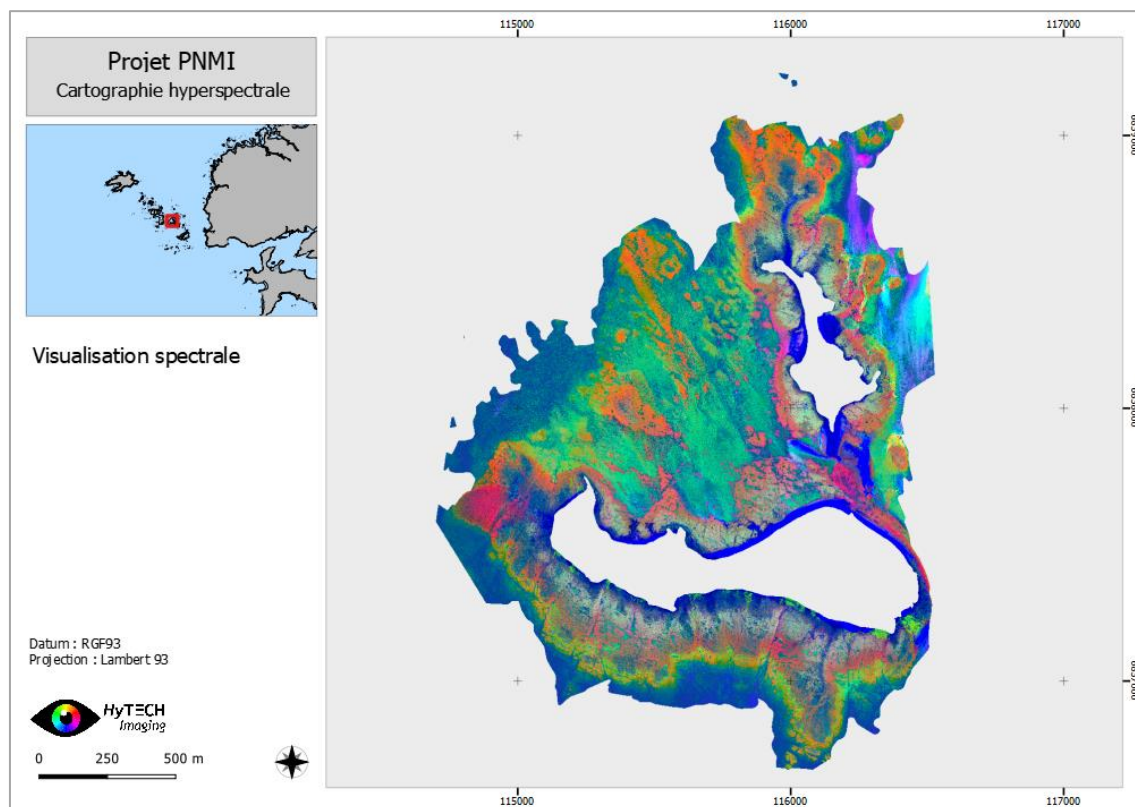


Figure 140. Visualisation spectrale sur Quéménès

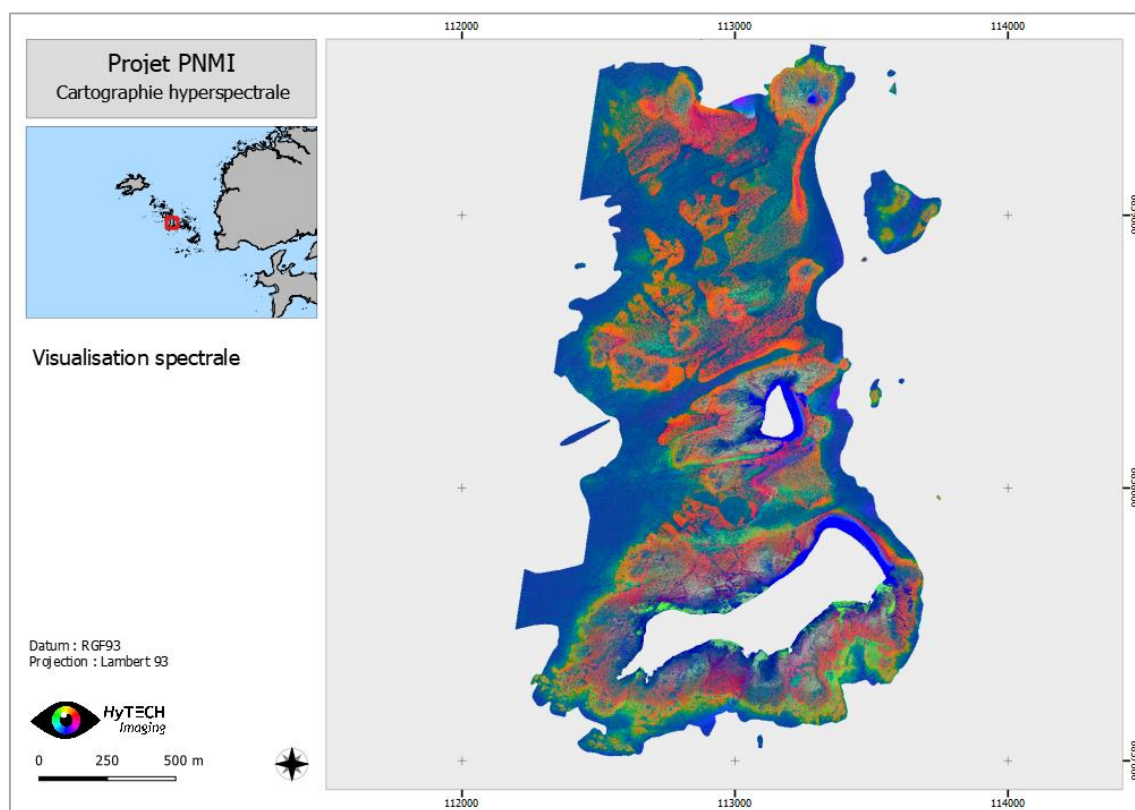


Figure 141. Visualisation spectrale sur Trielen

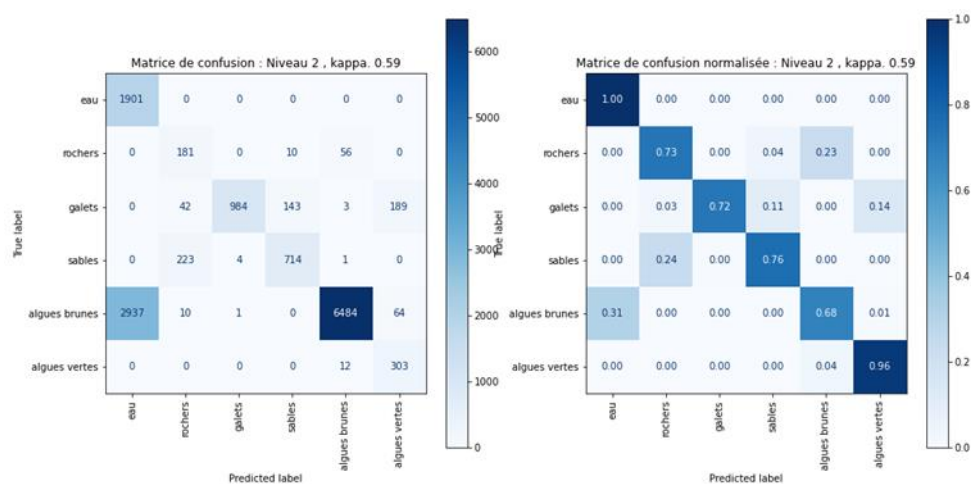


Figure 144. Matrices de confusion pour la classification de niveau 2 sur Quéménès, sans normalisation (valeur = nombre de pixel, à gauche) et avec normalisation (valeur = pourcentage, à droite)

L'analyse de ces matrices permet d'identifier les confusions les plus importantes statistiquement : La matrice de confusion du niveau 1 montre que la plupart des pixels prédits en classe 'minéral' ont été considérés comme tels sur le terrain. Cependant, 11% des surfaces considérées en 'minéral' sur le terrain ont été classifiées en 'végétal'. Cette confusion est en partie due à la présence de biofilm ou microphytobenthos plus ou moins dense sur le substrat. Dans de tel cas, la visualisation des scores de classification -en complément de la classification finale- peut être porteuse d'information pertinente pour l'analyse du gradient 'minéral'/'végétal'. Autre point à noter, une partie des zones de validation de type 'végétal' (30%) se retrouve classifié en 'eau' ou surface immergée, notamment du fait de la différence de hauteur d'eau entre le moment de la prise de vue et le relevé terrain.

La matrice de confusion de niveau 2 permet d'identifier plus précisément les classes les plus complexes à isoler. Outre les confusions attendues entre algues et eau sur les zones immergées au moment de l'acquisition (cf. point ci-dessus), une confusion galets / algues vertes est également identifiée, ainsi que des confusions entre les différents substrats (rocher, galet, sable). A noter que les classes, 'algues rouges' et 'dépôt d'algues' ne sont pas considérés dans la matrice de confusion en l'absence de polygones de validation pour ces types sur Quéménès.

Ces analyses statistiques permettent d'identifier et d'interpréter l'origine de certaines confusions, mais ne peuvent se substituer à une vérification cartographique plus étendue, la disponibilité des échantillons de référence terrain étant limitée spatialement (<0.1% de la surface cartographiée) et typologiquement (pas ou peu de polygones de vérification 'algues rouges' par exemple).

D'un point de vue cartographique, la discrimination de niveau 1 semble pertinente. La question des substrats avec biofilm se pose toutefois. Au niveau 2, les algues brunes et vertes sont bien discriminées, et la prise en compte de caractéristiques spectrales particulières (zone du red-edge et proche infra-rouge) pour les dépôts d'algues donne des résultats intéressants. L'identification des

dépôts d'algues (signatures spectrales hétérogènes, variables en fonction l'état de décomposition) reste cependant une problématique complexe, spécifiquement pour les dépôts récents en début de décomposition. Les importantes surfaces d'algues rouges détectées à l'ouest de l'Île aux Chrétiens correspondent bien à des signatures spectrales typiques de ce groupe algale (2 pics localisés autour de 600nm et 645nm). L'absence d'herbiers sur les zones de Quéménès et Trielen n'a pas permis d'évaluer la séparabilité spectrale « algues vertes » / « herbier ».

6.4.2.2 Evaluation niveau 3

L'évaluation complémentaire au niveau 3 a été réalisée avec des données de référence supplémentaires fournies par TBM environnement. Il s'agit de polygones de validation relevés sur des zones de couverture homogène pour les espèces :

- *Fucus serratus* (remplacé ici par *Fucus* spp.)
- *Himanthalia*
- *Ascophyllum*
- *Palmaria*
- Algues vertes

Une matrice de confusion ciblée sur ces espèces est alors créée en comparant ces polygones de validation et la classification niveau 3 (avec et sans filtrage majoritaire). Les possibles confusions avec classes non-représentées dans les données/polygones de validation (ex. substrats) ne sont pas pris en considération dans la matrice.

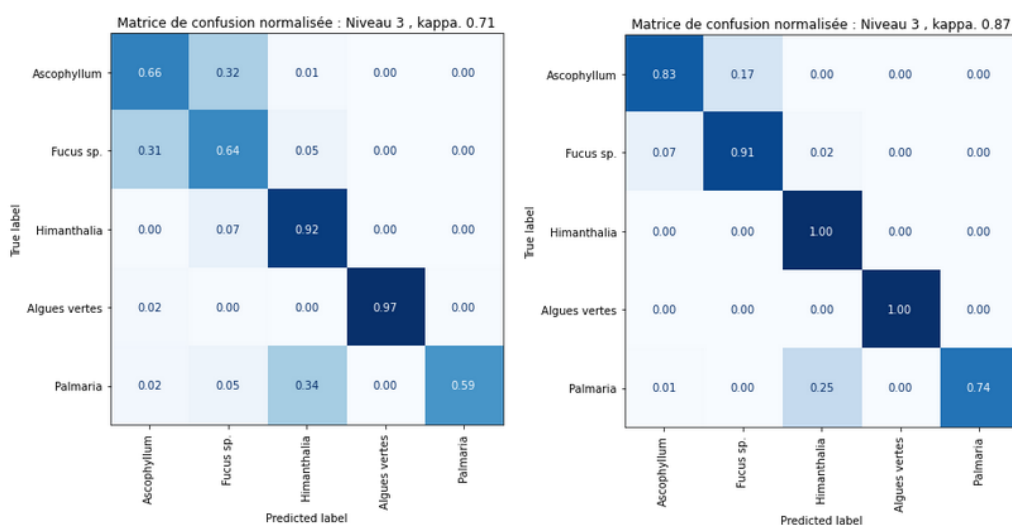


Figure 145. Matrices de confusion pour la classification de niveau 3 sur Quéménès et Trielen ; (gauche) résultat sur niveau 3 avant filtrage majoritaire, (droite) résultat sur niveau 3 après filtrage majoritaire

Ces résultats permettent de confirmer la pertinence de l'approche avec un fort niveau d'accord de la classification sur ces espèces.

L'apport de la classification de niveau 4 (proposé en exemple d'approche complémentaire) n'est pas évalué statistiquement par manque de polygone de validation (*Fucus serratus*, *F. vesiculosus*, *F. spiralis*).

6.4.3 Synthèse qualitative des capacités de classification

Bien que l'évaluation statistique soit limitée spatialement (<0.1% de la surface cartographiée) et typologiquement (pas ou peu de polygones de vérification 'algues rouges' par exemple), et qu'une évaluation exhaustive des résultats cartographiques n'ait pu être effectuée, le tableau suivant est proposé comme synthèse qualitative sur la capacité de classification de la méthode implémentée.

Seules les classes disposant d'au moins un polygone de validation (zone considérée comme mono-spécifique) sont identifiées.

Tableau 11: Tableau de synthèse qualitative des capacités de classification

	Classe	Capacité de classification / discrimination	Commentaire
Niveau 1	Eau	forte	Les cas de confusion (identifiables statistiquement) sont associés à des zones de transition (pellicule d'eau, biofilm sur galets, ...) pour lesquelles la référence terrain (classe unique) ne permet pas de représenter la complexité de la surface .
	Minéral	forte	
	Végétal	forte	
Niveau 2	Minéral, rochers	modérée	
	Minéral, galets	modérée	
	Minéral, sables	modérée	
	Végétal, dépôts / laisses de mer	forte	particularité spectrale (pente red-edge et plateau infra-rouge)
	Végétal, algues brunes	modérée à forte	particularité spectrale dans le visible
	Végétal, algues vertes / herbiers	forte	particularité spectrale dans le visible, forte discrimination
	Végétal, algues rouges	modérée à forte	particularité spectrale dans le visible
Niveau 3	Ascophyllum	modérée	Discrimination algues brunes envisageable sur la zone du plateau infra-rouge (structure du couvert)
	Fucus spp.	modérée	
	Himanthalia	modérée	
	Algues vertes	forte	Capacité indéterminée de discrimination avec herbiers (par manque de polygone de validation)
	Palmaria	modérée	Capacité indéterminée de discrimination avec d'autres types d'algues rouges (par manque de polygone de validation)
Niveau 4	Fucus serratus	faible (spectralement), indéterminée (à quantifier)	Pas ou peu de différences spectrales entre ces espèces mais discrimination envisageable (à quantifier) grâce à l'apport de données externes (étalement)
	Fucus vesiculosus	faible (spectralement), indéterminée (à quantifier)	
	Fucus spiralis	faible (spectralement), indéterminée (à quantifier)	

7 DISCUSSION

7.1 Approche classique

L'approche couplant images aériennes et terrain quasi systématique permet de produire des cartes très précises d'un point de vue thématique et fiables à l'échelle du 1/5000 voire plus précises pour certains secteurs.

L'effort de terrain reste acceptable au vu de l'information disponible in fine. Le coût associé est faible au vu des surfaces prospectées. Il reste une difficulté à cartographier les zones non accessibles et certaines limites peuvent être imprécises du fait de l'impossibilité de « contourner » tous les polygones.

Ainsi, en zone intertidale, l'inventaire cartographique met en évidence une belle diversité d'habitat à la fois rocheux et meubles. La typologie MNHN (Michez et al., 2019) a été appliquée pour les habitats marins. Cette diversité est liée à la géomorphologie et également aux différents types d'exposition induisant souvent une complexité et une diversité des milieux rocheux et des milieux meubles. De plus, des habitats à fort enjeux sont également observés comme les habitats rocheux de la zone infralittorale.

Il en ressort également que les proportions pour les substrats meubles et rocheux sont en la faveur des substrats rocheux. Ceci est accentué dans l'archipel de Molène. Cette dominance de ce substrat induit une diversité d'habitat rocheux remarquable et des biomasses associées importantes notamment dans l'archipel de Molène. Pour illustrer la complexité de la distribution des habitats, la création de mosaïque est nécessaire et des pourcentages non négligeables sont cartographiés. L'état de santé des habitats est jugé bon sur l'ensemble des sites hormis la présence d'espèces opportunistes comme les algues vertes, *Rhodothamniella floridula* et *Porphyra* sp. Ces espèces sont présentes en raison des retournements des blocs dus à l'action de la houle et à cause d'une instabilité sédimentaire.

7.2 Approche hyperspectrale

L'approche de cartographie hiérarchique proposée est basée sur une analyse spectrale en lien avec des caractéristiques biophysiques spécifiques au milieu et à la nature des biocénoses à cartographier. L'utilisation des caractéristiques des bandes d'absorption pigmentaires montre en particulier qu'il est possible de discriminer et identifier les types d'algues brunes, rouges, ou vertes, dominants à l'échelle du pixel considéré, au niveau 2, avec un niveau de fiabilité élevé. La prise en

compte ciblée de zones du spectre (plateau infra-rouge) montre également que la discrimination de certaines espèces (*Ascophyllum*, *Fucus* sp., *Himanthalia*), peut être envisagée sur des caractéristiques spectrales liées à la structure du couvert. La pertinence de cette approche a pu être quantifiée sur quelques zones de validation.

L'intérêt d'une cartographie par imagerie réside également dans sa capacité à décrire le milieu de manière fine spatialement. Les premiers résultats mettent par exemple en évidence la capacité d'identification des couvertures de faible superficie ($< 10\text{m}^2$) telles que des patches d'algues vertes, de dépôt d'algues ou les cuvettes en milieu rocheux.

Le choix de privilégier une approche pixel (et non pas objet / segment) peut être discuté. Dans le cadre de cette étude, ce choix a été justifié par la complémentarité d'une approche de ce type avec la cartographie des habitats par méthode traditionnelle -donnant des résultats sous forme de polygones produits par photo-interprétation et levés terrain. De plus, ce choix permet également d'aller au-delà du résultat d'une classification en valeurs discrètes (1 classe = 1 valeur) en proposant une visualisation « continue » des variations spectrales dans la zone intertidale. Des situations de mélanges complexes peuvent ainsi être mis en évidence par le biais de carte de distance (ou score) par classe ou groupe de classe d'intérêt, ainsi que par des rendus en fausses couleurs. Ainsi le produit « visualisation spectrale » proposée permet de mettre en évidence la possibilité d'analyse visuelle pour la compréhension de la zone intertidale et l'identification des ceintures, à partir des seules images hyperspectrales.

Bien que la typologie proposée par l'approche purement spectrale ne puisse suivre celle des habitats naturels (type EUNIS ou MNHN), nous avons cherché à montrer le potentiel d'une première combinaison d'approches avec l'utilisation de données contextuelles complémentaires. L'utilisation, au niveau 4, de l'information d'étagement (grâce aux données Litto3D®) permet ainsi d'entrevoir un niveau de classification avancée combinant l'analyse spectrale et l'analyse par critères spatiaux contextuels (tels que l'étagement, ou le mode –battu/abrité) ou des critères morphologiques.

7.3 Comparaisons, et complémentarité des deux approches

La méthode de terrain permet de réaliser des cartographies d'habitats au sens des typologies en vigueur (EUNIS, MNHN...) avec une grande précision thématique et une précision géographique variable (zones non accessibles, polygones de petite taille, etc.). Elle est toutefois chronophage.

L'approche par traitement d'image spectrale ne peut dans le cadre d'une cartographie initiale se substituer à cette approche terrain. Les habitats se définissent parfois en utilisant des critères qui n'ont pas de signature spectrale propre (présence d'une espèce très dispersée, substrat sous-jacent, etc.). Cependant l'imagerie spectrale constitue, au travers de traitements et d'analyses adaptés, une source d'information complémentaire à l'approche terrain. Les données spectrales permettent ainsi de nouvelles possibilités tant dans la description spatiale que la description thématique. Ainsi, spatialement, les résultats de classification issus de l'imagerie permettraient une meilleure délimitation spatiale de certains habitats, notamment les habitats spécifiques ou de petite taille (laisse de mer, cuvette, ...), mais également pourraient aider à affiner les limites d'habitats associés aux ceintures algales marquées spectralement (*ascophyllum*, *himanthalia* et *bifurcaria*, ...). D'un point de vue thématique, l'information spectrale, par exemple visualisée sous forme de composition colorée (produit de sortie 'Visualisation spectrale'), constitue un support à l'interprétation et pourrait ainsi guider la phase de cartographie terrain. La correspondance entre la notion d'habitat telle que définie dans les typologies en vigueur et les informations extractibles des images hyperspectrales reste à mener. Il nous semble que cette réflexion doit prendre en considération l'usage ultérieur qui est fait des cartes (apport à la connaissance, outil de gestion...).

La question de la généralisation de l'approche de télédétection reste à évaluer. La stratégie développée ici s'appuie sur des informations spectrales dont les caractéristiques invariantes sont recherchées (caractéristiques pigmentaires, structure du couvert, etc.). Bien que la robustesse aux conditions environnementales (saisonnalité, éclairement, etc...) soit recherchée, la transposition de l'approche de classification automatique à un autre terrain d'étude reste à évaluer. Compte-tenu de la stratégie adoptée, cette évaluation pourra être menée sans acquisition de références spectrales complémentaires (spectroscopie terrain), et sans redéveloppement du processus de classification proposée.

Dans ce cadre, l'approche par traitement de données hyper-spectrale offre des possibilités pour discriminer certains objets, délimiter certaines frontières. La présente étude n'est pas allée au bout des possibilités de cette technologie. La confrontation tardive des données traitées et des cartes n'a pas permis une analyse critique des classifications, ni l'amélioration des contours habitats sur les sites de Trielen et Quémènes. Un tel travail est à mener à partir des données acquises sur le terrain. Un traitement croisé des informations terrain et télédétection semble pouvoir être fait à la lumière des complémentarités évoqués précédemment. L'analyse des coûts (approche terrain et approche de télédétection) doit également être menée, à la lumière de la nature différente des informations collectées, et en fonction des objectifs d'usage de ces informations.

7.4 Perspectives

Apports potentiels des images hyperspectrales traitées.

Il apparait que les données traitées peuvent fournir des informations utiles pour, d'une part gagner du temps sur le terrain et d'autre part produire des cartes plus précises (échelle, délimitation de certaines structures, etc.). Il semble aussi que cette technologie puisse apporter des possibilités de suivis ciblés renseignés par des prospections de terrain limitées.

- *Gain de temps.*

Disposer de données traitées avant d'aller sur le terrain permettrait de délimiter rapidement des polygones ou des frontières. Comme vu dans le présent travail des structures particulières comme les algues vertes, les Himeniales, les champs de *Palmaria palmata*, les *Ascophyllum* denses, les cuvettes, etc. présentent une signature spécifique et sur le terrain le travail pourrait viser à valider ou invalider certaines limites ainsi établies. Pour ce faire, idéalement, l'agent de terrain devrait disposer d'analyses de différents niveaux voire d'analyses ciblées sur des niveaux particuliers (*Fucus* sp. par exemple chargées sur une tablette de saisie (GPS intégré). La première analyse devrait pouvoir être faite très vite pour venir orienter le terrain.

- *Suivis*

L'utilisation de la technologie hyperspectrale pourrait être un outil pour suivre la régression ou le développement de champs d'algues.

La réflexion sur le croisement des approches terrain et approche par imagerie hyperspectrale est ouverte. Faut-il une typologie harmonisée, faut-il croiser les produits cartographiques par simple visualisation. Ces choix restent liés aux usages potentiels de ce type de produits fusionnés (suivi multi-temporel de l'évolution des ceintures, identifications ciblées d'une espèce ou d'un habitat, etc).

- *Traitements*

Au-delà des résultats de classification, les données collectées dans le cadre de cette étude (spectroscopie terrain, imagerie hyperspectrale) représentent une source d'information permettant d'envisager différentes perspectives, tant sur le plan du traitement des données que sur le sujet de leur usage pour le suivi des zones intertidales.

Avant lissage des images les champs de *Fucus serratus* laissent parfois apparaître des pixels classés en algues rouges. Ainsi avant de lisser, il serait pertinent de voir si cette information ne permet pas de discriminer des habitats à *Fucus serratus* avec une sous strate d'algues rouges. Cela serait un vrai apport.

Par ailleurs, le travail a été fait en utilisant une librairie spectrale à l'échelle de l'espèce. Une approche plus biocénotique pourrait conduire à analyser les spectres d'un polygone parfaitement connu et d'essayer ainsi de caractériser des formations composites.

De manière plus générale, la comparaison directe des approches de télédétection et de terrain reste un exercice difficile à réaliser à cause de la nature différente des résultats produits. De nouvelles typologies ou de nouveaux produits cartographiques issus de l'imagerie spectrale seraient à définir en concertation avec les gestionnaires en fonction des usages recherchés (par exemple : suivi multitemporel de l'évolution des ceintures, cartographie ciblée des laines de mer ou d'algues vertes, ...). La richesse des données collectées dans le cadre de cette étude (spectroscopie terrain, imagerie hyperspectrale, cartographie d'habitats) représente un atout important pour initier les axes de développement et engager la co-construction de produits cartographiques adaptés aux problématiques et stratégies de gestion du PNMI.

8 BIBLIOGRAPHIE

- Bajjouk, T. (2009). Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux. Guide méthodologique. IFREMER.
- Bajjouk, T. (2010). Réseau de surveillance des biocénoses benthiques côtières (REBENT). Bilan des actions sur la région Bretagne pour l'année 2009. Edition 2010.
- Bensettiti, F., Bioret, F., Roland, G., Lacoste, J-Ph., Gehu, J-M., Glemarec, M. et Bellan-Santini, D., (2004). Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 : Habitats côtiers - CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000. La Documentation française. 399 pages.
- Bernard M., 2015. Rapport méthodologique des actions champ de blocs (actions B5 et C3) du programme LIFE+"Expérimentation pour une gestion durable et concertée de la pêche à pied récréative en France".Année 2014. 32pages+ annexes.
- Guillaumont, B., Bajjouk, T., Rollet, C., Hily, C. et Gentil, F. (2008). Typologie d'habitats marins benthiques : analyse de l'existant et propositions pour la cartographie (habitats côtiers de la région Bretagne) – Note de synthèse, Projets Rebent-Bretagne et Natura-Bretagne. IFREMER. 24 pp.
- Lepareur, F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 - Guide méthodologique - Version 1. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 55 p.
- Michez, N., Thiébaud, É., Dubois, S., Le Gall, L., Dauvin, J. C., Andersen, A., ... & Janson, A. L. (2019). Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique VERSION 3.

TBM environnement

Siège social :

2 rue de Suède Bloc III Port Océane - 56400 AURAY

Tel 02.97.56.27.76. - Fax 02.97.29.18.89.

contact@tbm-environnement.com

www.tbm-environnement.com

Antenne Nord

20 rue de l'Hermitte

Imm Les Trois Ponts - 59140 DUNKERQUE

03.28.59.94.71. / 06.45.23.05.58

Antenne Ouest

TECHNOPOLE BREST IROISE – Z.I. Pointe du Diable

115 rue Claude Chappe - 29280 Plouzané

