

Chapitre VI. Etat initial

Etant donné la complexité du site d'implantation des hydroliennes du point de vue acoustique, l'état initial se base d'une part sur les données in-situ collectées à proximité dans le cadre du programme d'amélioration de la connaissance biologique faite par le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) de septembre 2017 à octobre 2018. A l'échelle de la zone d'étude, une cartographie statistique des niveaux sonores existants est proposée dans une seconde partie. Les niveaux prédits, par modélisation, sont alors comparés aux niveaux mesurés et une analyse est proposée.

VI.1. Analyse des données in-situ

Pour les mesures du bruit ambiant, deux instruments d'acoustique passive autonome ont été déployés en alternance à la position 048°26,095' N, 005°02,033' W : un enregistreur autonome SM3M Deeper Water et un enregistreur autonome SM3M de la société Wildlife Acoustics dont les propriétés techniques sont adaptées à la caractérisation du bruit ambiant (Figure 24 & Figure 25). Un duty cycle de 33% (20 min d'enregistrement en début de chaque heure) est utilisé afin de trouver un compromis entre la durée d'enregistrement nécessaire à la représentativité de la mesure et la périodicité des relevages/déploiements.

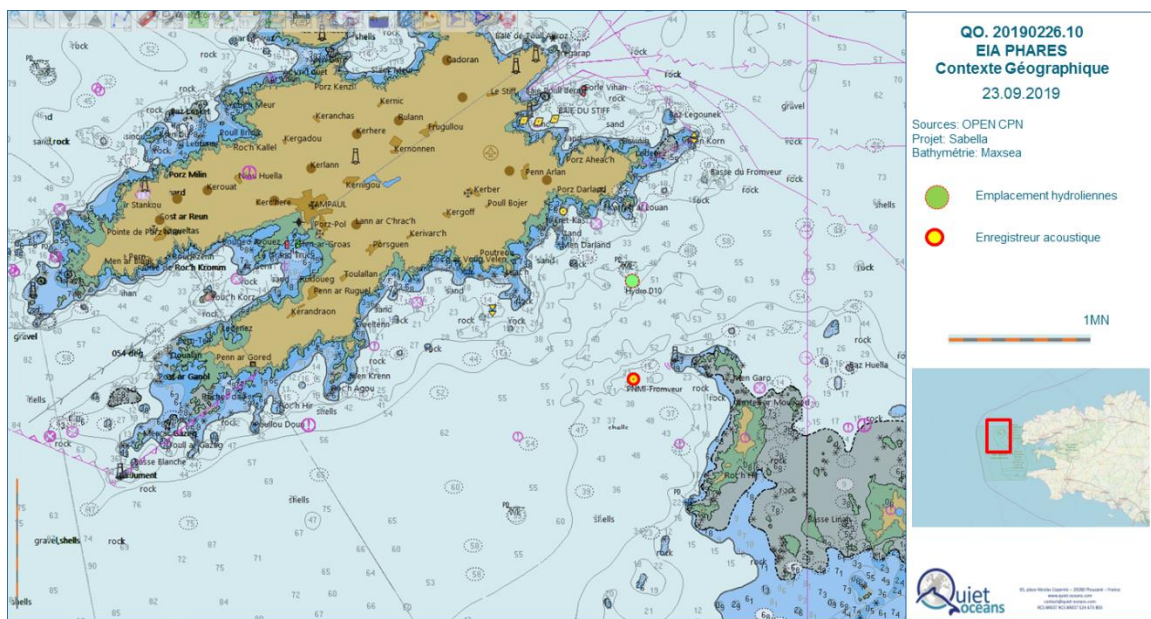


Figure 24 : Contexte des mesures du bruit existant

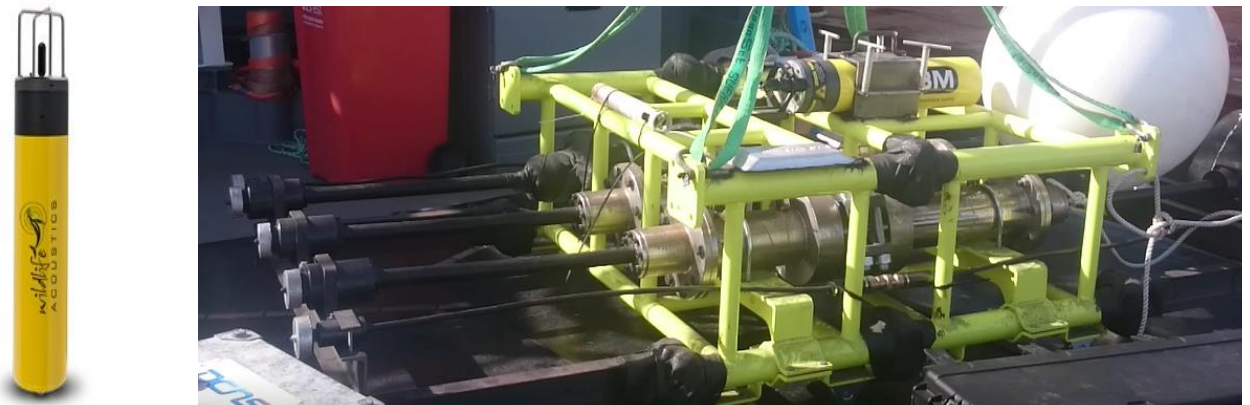


Figure 25 : illustrations de l'enregistreur et de la structure porteuse

Le niveau sonore large bande (50 Hz- 40 kHz) mesuré pendant la période du 25 septembre 2017 au 05 octobre 2018 (Figure 26, courbes bleues) montre la superposition :

- ✓ D'un bruit « permanent » (ou pied de bruit, courbe rouge sur Figure 26) présentant une variabilité pouvant atteindre 30 dB en fonction de l'instant. Le niveau de bruit large bande « permanent » est globalement compris entre 99 et 135 dB ref. $1\mu\text{Pa}$. Ces variations significatives du bruit permanent sont fortement corrélées quotidiennement aux périodes de marnage et mensuellement aux coefficients de marée;
- ✓ De bruits plus forts et réguliers comportant une élévation de l'ordre de 30 à 35 dB au-dessus du bruit « permanent » pendant des durées variables de plusieurs heures, représentatifs des bruits induits par les courants de marée. Cette élévation significative est observable deux fois par jour. A cet emplacement, les bruits induits par les navires circulant à proximité n'entraînent pas d'élévation significative sur le bruit ambiant en raison d'une forte contribution environnementale. Ainsi, fréquemment sur ce site, le bruit anthropique est masqué par le bruit environnemental.

La Figure 27 donne la tendance hebdomadaire de la répartition des niveaux sonores. La courbe centrale (en bleu foncé) donne le niveau médian hebdomadaire et la zone grisée donne les limites aux quantiles 10 et 90%. Cette analyse statistique met en évidence une très faible variabilité du bruit ambiant pendant l'année de suivi avec une valeur proche de 109 dB ref $1\mu\text{Pa}^2$. Le quantile 90% (bruit permanent, niveau très fréquent) met en évidence un bruit ambiant minimal au mois d'avril 2018 (~ 99 dB ref $1\mu\text{Pa}^2$) soit une diminution de 5 dB en comparaison des mois de septembre (2017 et 2018). Cette diminution est probablement due à l'effet thermique de la couche d'eau qui ne favorise pas la propagation du son sur ce site.

Sur le site du Fromveur, statistiquement, il existe très peu de variabilité ($< 1\text{dB}$) entre les bruits diurnes et nocturnes, tant dans les niveaux permanents que dans les niveaux forts (Tableau 9).

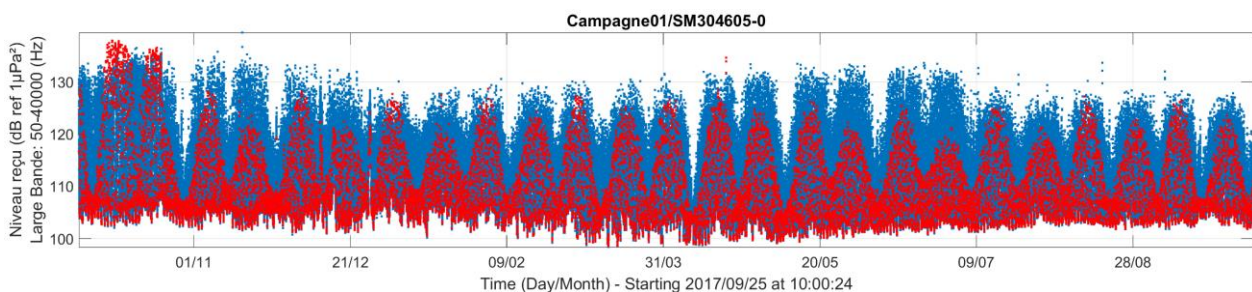


Figure 26 : Evolution du niveau sonore large bande en fonction du temps.

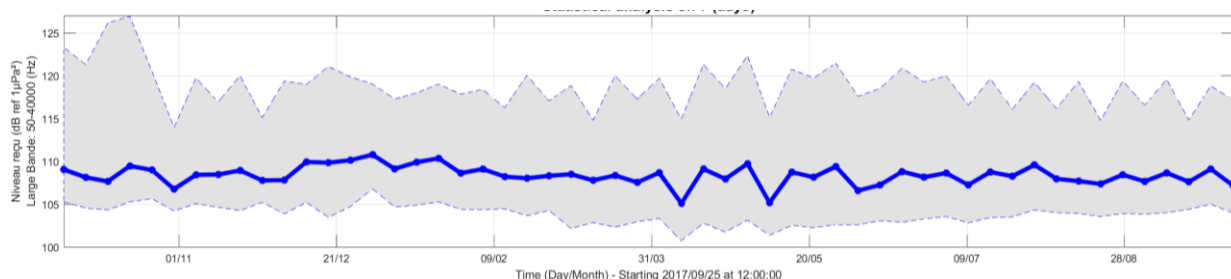
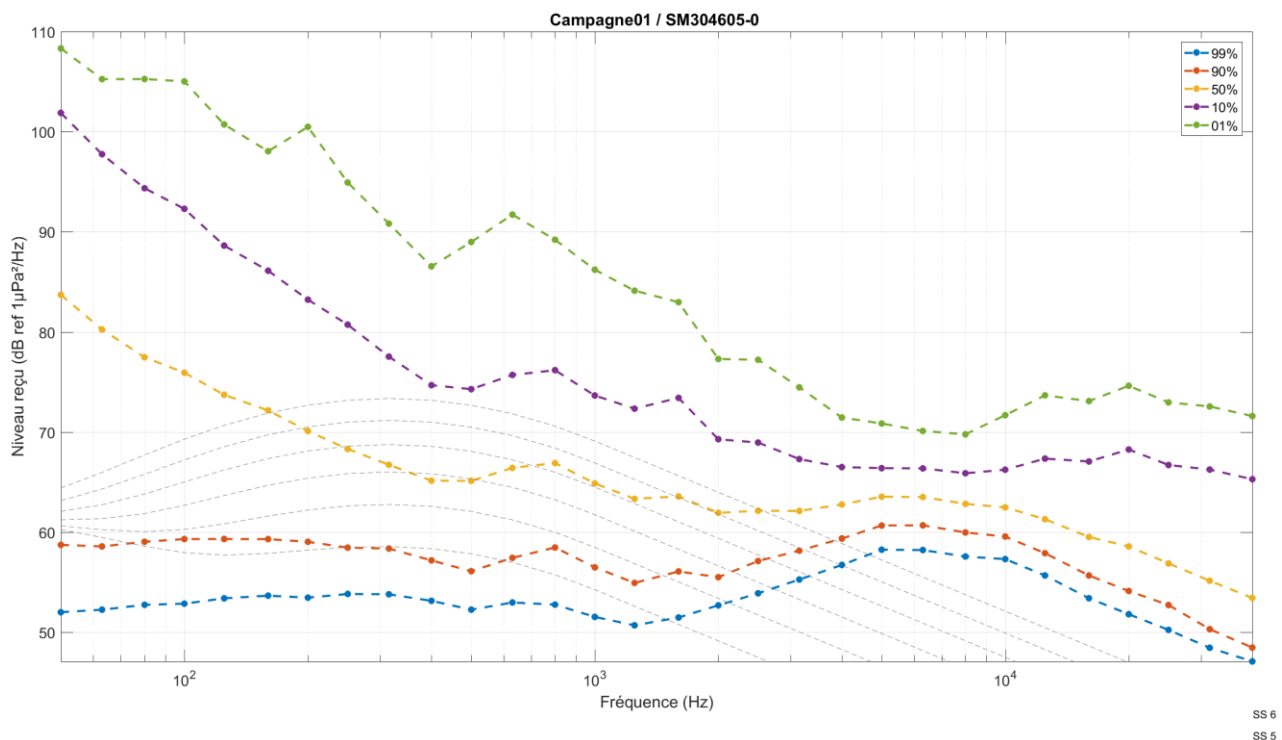


Figure 27 : Statistique hebdomadaire du bruit ambiant.

Tableau 9 : Probabilité de mesurer un niveau sonore (dB réf. 1 μ Pa²) supérieur ou égal à :

En dB ref 1 μ Pa ² (50Hz -40kHz)	Mini mum	Très fréquent		Courant			Rare		Maximu m
		99	90	75	50	25	10	1	
Percentile (%)	100	99	90	75	50	25	10	1	0
Niveau sonore large bande (toute la période)	98,3	101,0	103,6	105,4	108,2	113,7	118,8	127,1	139,3
Niveau sonore large bande (Jour)	98,3	100,4	102,8	104,3	107,6	113,4	118,7	127,1	139,3
Niveau sonore large bande (Nuit)	100,3	103,2	105,1	106,4	108,7	114,0	119,0	127,3	136,4

L'analyse spectrale (Figure 28) met en évidence une prédominance énergétique des basses fréquences (inférieures à 500 Hz) la moitié du temps (50 %) de la mesure. Cette contribution est issue essentiellement des courants de marnage périodiques. Dans cette bande de fréquence, la variation du niveau sonore peut atteindre jusqu'à 50 dB en fonction de l'instant de mesure. Une autre contribution très régulière entre 2 et 20 kHz provient des bruits engendrés par les organismes benthiques à proximité immédiate de l'enregistreur acoustique. Pour les autres fréquences, de 500 Hz à 2 kHz, le niveau sonore statistique est conforme au modèle statistique mondial de Wenz (Wenz, 1962). Ces courbes pointillées grises représentent la contribution au bruit environnemental de l'état de mer (id. de la vitesse du vent).


Figure 28 : Statistique de la densité spectrale de puissance sur l'ensemble de la période.

VI.1.1. Bruit et marnage

A partir de la donnée de marnage disponible auprès du SHOM, l'analyse montre que le bruit permanent maximum est produit quotidiennement aux mi-marées montantes et descendantes sans distinction de sens dans la bande de 50 à 500 Hz. Ce marnage entraine un courant important sur zone qui induit un déplacement sédimentaire et des turbulences au niveau de l'hydrophone. De manière systématique, ce bruit permanent est minimal à l'étales de marée. A 50 Hz, la différence entre les deux états (étales et jusant/flot) atteint régulièrement 45 dB dans cette bande de fréquence (Figure 29). De la même manière, la variation mensuelle du bruit permanent est très fortement corrélée au coefficient de marée, la différence induite par les marées de vives-eaux et mortes-eaux est de l'ordre de 25 dB.

Les marées de vives-eaux entraînent une élévation significative du bruit ambiant. Le bruit induit pendant les phases de flot et jusant proviennent essentiellement des mouvements hydrodynamiques au niveau du point de mesure qui engendrent des vibrations fortes de l'hydrophone. Ainsi ces niveaux de bruit existant plus forts durant ces phases ne peuvent être considérés comme bruit existant. Des mesures en mode dérivant permettraient de confirmer ces interprétations. Dans cette étude, les données mesurées aux périodes d'étales serviront de valeurs de référence du bruit existant sur cette zone. Des mesures réalisées par l'Ifremer dans le passage du Fromveur le 19 juin 2015 (coef. 85-90), en mode dérivant, montrent une élévation du bruit existant de l'ordre de 10 dB lors des mesures au jusant en comparaison des mesures réalisées à l'étales (Le Gall, 2016).

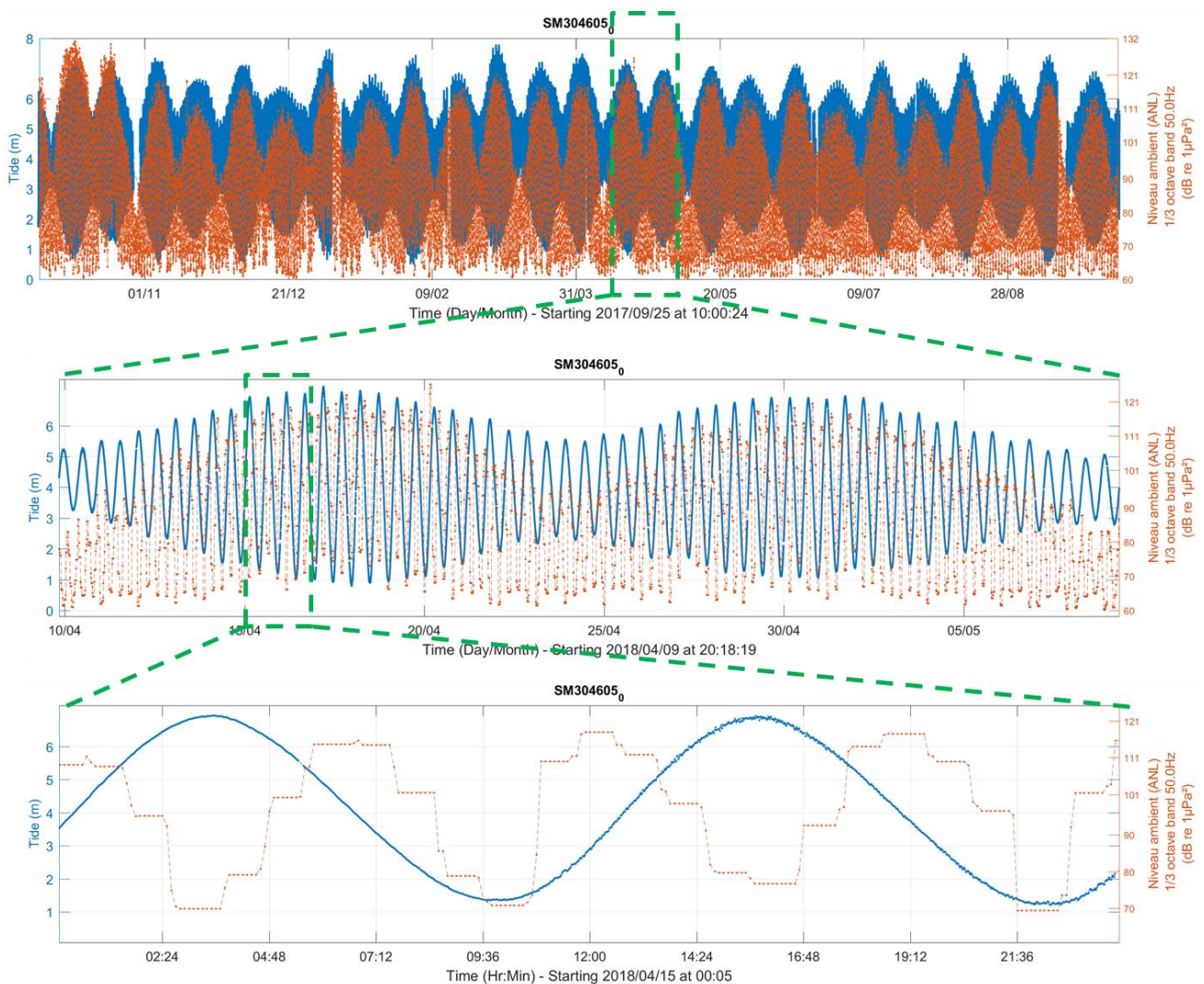


Figure 29 : Evolution du bruit permanent à 50 Hz et du marnage.

VI.1.2. Bruit et activité anthropique

En l'absence de données de localisation des navires entre septembre 2017 et octobre 2018 (AIS et VMS), il apparaît difficile d'établir une conclusion générale. Toutefois, après analyse du signal perçu, la mesure révèle peu de passages de navires à proximité de l'enregistreur acoustique. De plus, la signature acoustique des navires a une forte probabilité d'être masquée par le bruit environnemental lorsque celui-ci circule aux moments des mi-marées. La Figure 30 illustre la signature acoustique perçue par l'hydrophone lors d'un passage de navire au moment de l'étalement. Dans le cas présent, cette signature émerge pendant une durée de quelques minutes (~4min). Du point de vue du signal large bande, en comparaison d'une autre période sans navire, cette élévation du niveau sonore est quasiment du même ordre de grandeur (+5 dB). A titre de comparaison, sur d'autres sites, le passage d'un navire entraîne une émergence supérieure à 30 dB (en fonction du type de navire et de sa localisation vis-à-vis de l'hydrophone).

Un travail complémentaire devrait être mené afin d'identifier et caractériser, à partir des données de localisation, les signatures acoustiques des passages des navires.

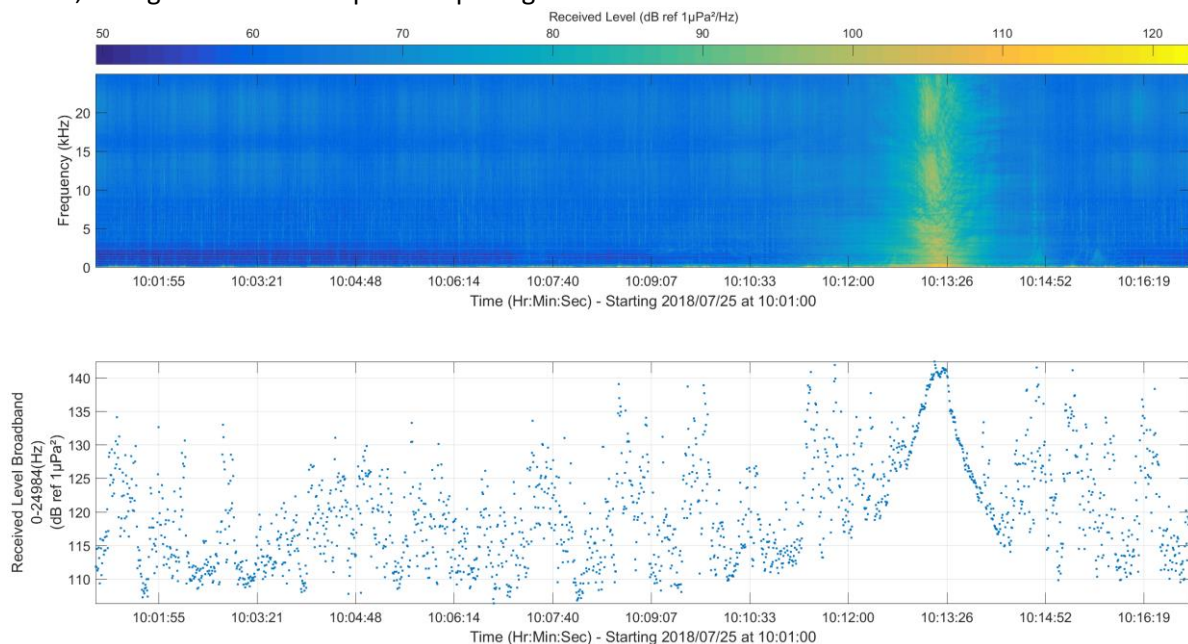


Figure 30 : Spectrogramme du passage d'un navire à l'étalement.

VI.1.3. Bruit et vague

A partir des données modélisées disponibles de hauteur significative de vague à proximité de la zone, l'analyse montre que sur une tendance plus longue le bruit permanent subit la contribution de cette variable environnementale malgré le positionnement de l'enregistreur à 25 m sous la surface. Cette contribution moins significative entraîne une augmentation du bruit de l'ordre de 5 à 10 dB dans la bande fréquentielle allant de 50 Hz à 5 kHz.

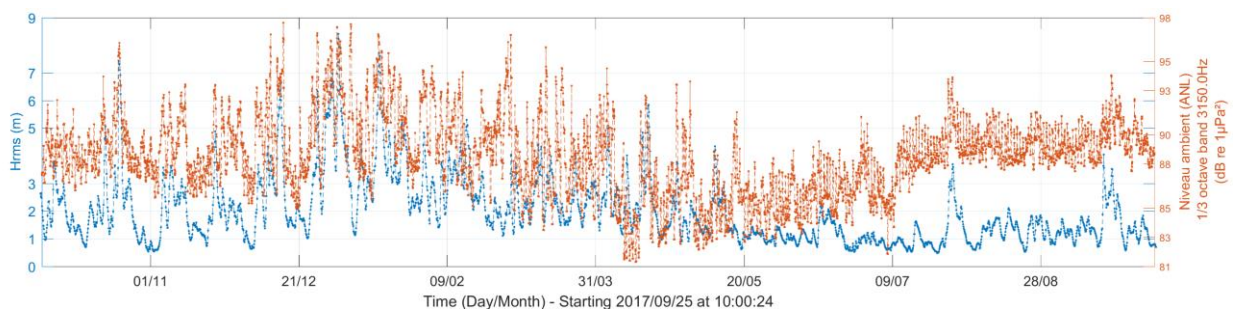


Figure 31 : Evolution du bruit permanent dans le 1/3 octave 3150 Hz et de la hauteur significative de vague.

VI.1.4. Bruit et vent

De manière similaire, la vitesse du vent sur zone est comparée pour chaque tiers d'octave au bruit permanent. Habituellement, Le vent contribue à la formation des vagues mais pas systématiquement dans la même bande de fréquence. Dans le cas présent, cette composante contribue au bruit environnemental dans la bande de 50 à 4 000 Hz. La variation induite est comprise entre 10 à 15dB en fonction de la vitesse. La Figure 33 illustre à la fréquence de 2 000 Hz, la corrélation parfaite entre le bruit permanent et la vitesse du vent. En fonction de la qualité de cette corrélation, il est alors possible d'en déduire pour ce site et pour chaque fréquence, une loi reliant le bruit induit par le vent en fonction de sa vitesse. A titre d'exemple, la Figure 32 donne la relation, pour cette fréquence, permettant de déduire l'intensité sonore de cette contribution en fonction de la vitesse du vent :

$$SPL (dB \text{ ref } 1\mu Pa^2) = A * \sqrt{v} + B$$

Où v est la vitesse du vent en m/s. Les coefficients A et B sont listés dans le Tableau 10. Cette estimation des coefficients de régression est faite pour l'ensemble des tiers d'octaves de la bande de fréquence.

La Figure 34 montre l'adéquation, pour différente vitesses de vent, des mesures-in situ (*symbole o*) avec un modèle de bruit ambiant (*symbole **) estimé à partir des données de vent (Ainslie, 2009) pour les fréquences comprises entre 50 et 2 000Hz. Au-delà de cette fréquence, la corrélation entre le bruit permanent et la vitesse du vent est très faible. Cette composante environnementale est probablement masquée par la composante biologique (activité benthique).

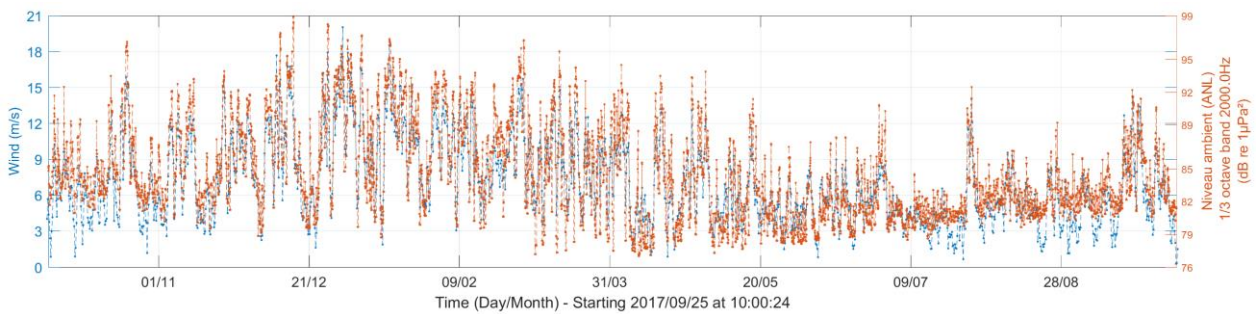


Figure 32 : Loi reliant le bruit à 2 000 Hz et la vitesse du vent.

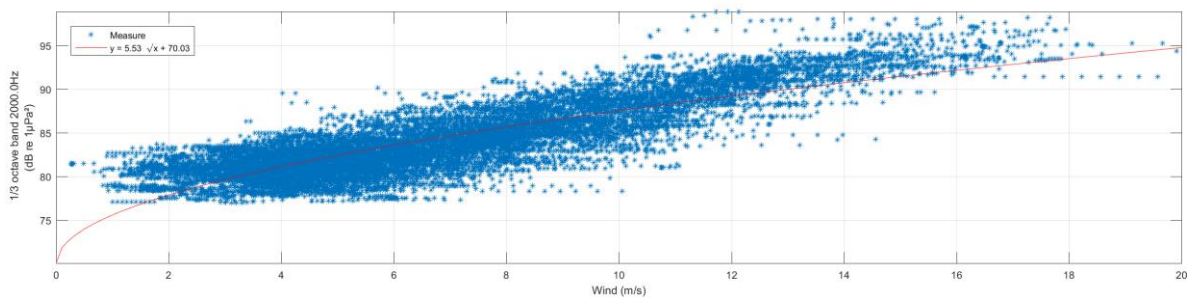


Figure 33 : Evolution du bruit permanent à 2 000 Hz et de la vitesse du vent.

Fréquence centrale du 1/3 octave (Hz)	Coefficient A	Coefficient B (dB ref 1µPa² 1/3 octave band)	R²
50	4,3	57,3	0,3
63	4,8	57,2	0,3
80	5,3	57,4	0,4
100	6,0	56,9	0,5
125	5,8	59,3	0,5
160	6,2	59,8	0,5
200	6,5	59,5	0,6
250	6,1	61,3	0,6
315	6,0	62,9	0,6
400	6,0	62,8	0,7
500	7,0	61,2	0,7
630	7,0	63,5	0,7
800	6,8	65,5	0,6
1000	6,8	64,2	0,7
1250	6,9	64,4	0,7
1600	5,3	71,2	0,5
2000	5,5	70,0	0,7

Tableau 10: Coefficients de régression de la loi reliant le vent au bruit ambiant.

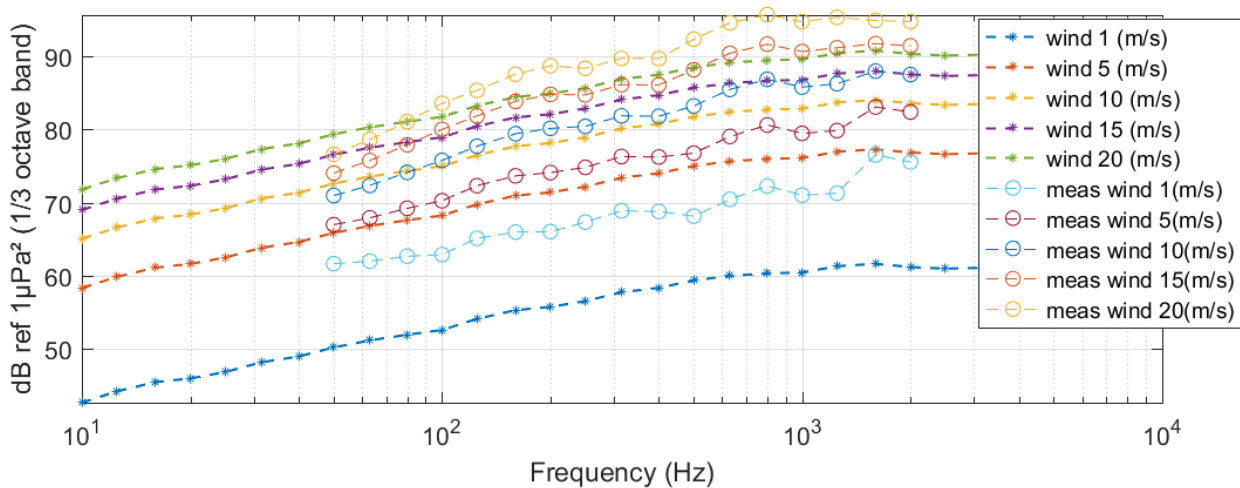


Figure 34 : Comparaison modèle de vent / mesure in-situ

VI.1.5. Bruit et pluie

Sur le site du Fromveur, les épisodes de pluie perceptibles dans la bande de 5 à 25 kHz n'entraînent pas d'élévation distincte du bruit permanent dans la bande habituelle (de ~1 à ~30 kHz) en raison de la prédominance systématique des autres contributions environnementales analysées précédemment.

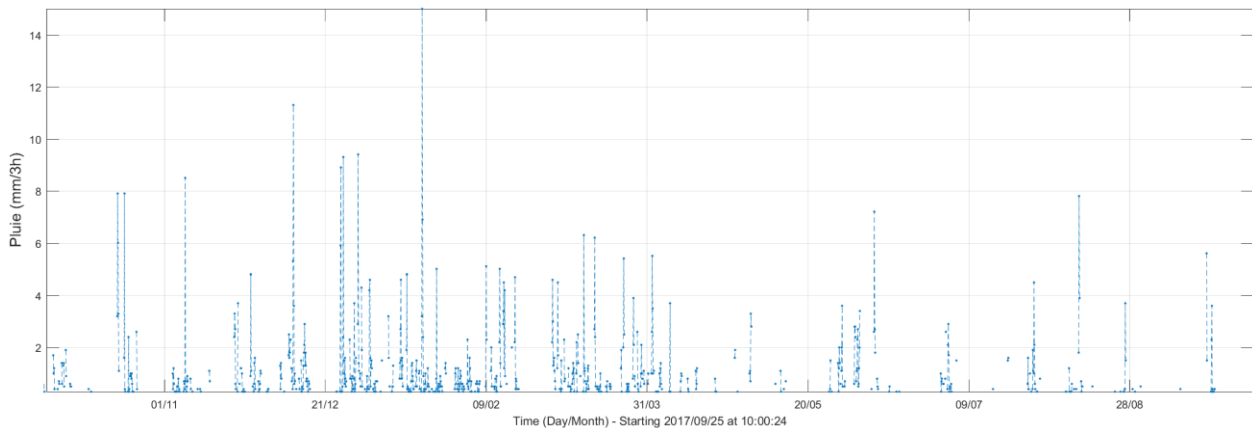


Figure 35 : Historique des précipitations (source Windguru)

VI.2. Cartographie du bruit existant

La cartographie statistique du bruit ambiant montre :

- ✓ que l'enceinte de l'archipel de Molène est constamment une zone significativement moins bruyante qu'à l'extérieur de l'archipel ;
- ✓ que cette différence a pour origine la faible bathymétrie à proximité des îles qui rend la propagation des bruits provenant du large plus difficile, notamment aux basses fréquences ;
- ✓ que l'île d'Ouessant génère un effet de masquage sonore du trafic maritime circulant dans le rail d'Ouessant;
- ✓ une élévation sonore générée par une circulation côtière entre l'archipel et le continent apparaissant dès 50% du temps;
- ✓ une élévation sonore notable du bruit à l'entrée de la rade de Brest générée par la convergence de la circulation côtière venant du nord, des navires venant du large et du trafic issu du Rail d'Ouessant.

En comparaison des valeurs in-situ, la cartographie statistique établie par modélisation des activités anthropiques et des conditions environnementales montrent un bon accord à l'emplacement de la mesure. Toutefois cette modélisation ne tient pas compte des conditions extrêmes engendrées par les forts courants de mi-marée.

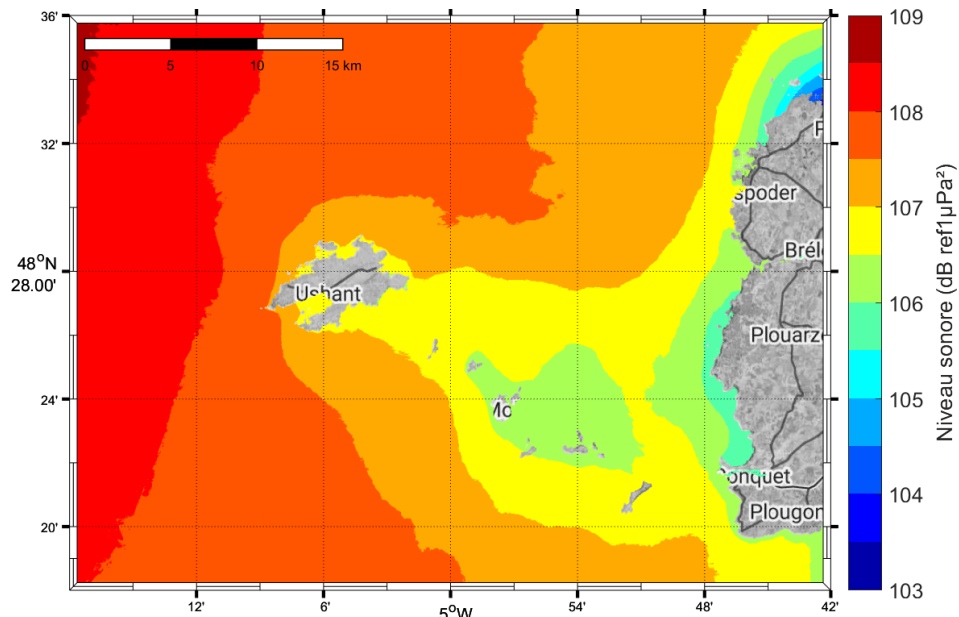


Figure 36 : Bruit ambiant médian en hiver (percentile 50%)

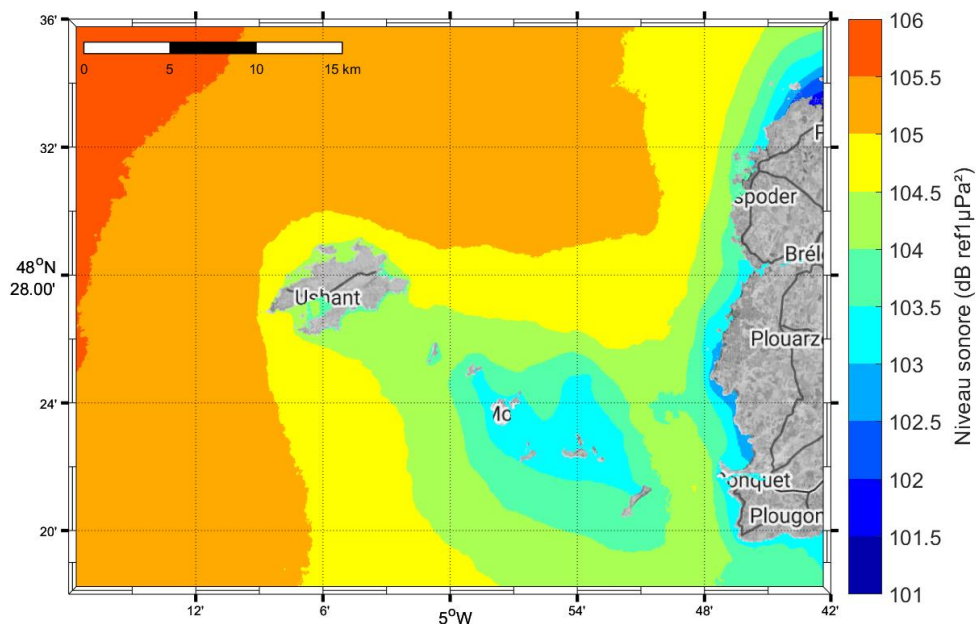


Figure 37 : Bruit ambiant médian en été (percentile 50%)

VI.3. Fréquentation du site par les mammifères marins

A partir des données collectées par acoustique passive durant plus d'une année, une détection et une analyse des signaux bioacoustiques, effectué par l'entreprise Biotope, a permis de déterminer la fréquentation du site par les mammifères marins, et en particulier par les Delphinidés et les Phocœnidés (Le Bras, 2018).

VI.3.1. Espèces identifiées

Trois espèces de delphinidés ont pu être formellement identifiées, par ordre d'importance, le Grand Dauphin, le Dauphin Commun et le Marsouin Commun. Un grand nombre d'observations n'ont pu être identifiées taxonomiquement jusqu'au niveau de l'espèce de façon totalement catégorique. Ainsi la quantité de détection de delphinidés non identifiés avoisine celles des Grands Dauphins (Figure 38). Cependant, une grande partie de ces signaux identifiés au niveau de la famille, s'ils ne peuvent pas être rattachés sans aucune ambiguïté à une seule espèce, s'apparentent tout de même plus volontiers aux Grands Dauphins qu'aux autres espèces de delphinidés susceptibles d'être rencontrées. La Figure 39 donne un spectrogramme illustratif du type de signal engendré par chaque type d'espèce.

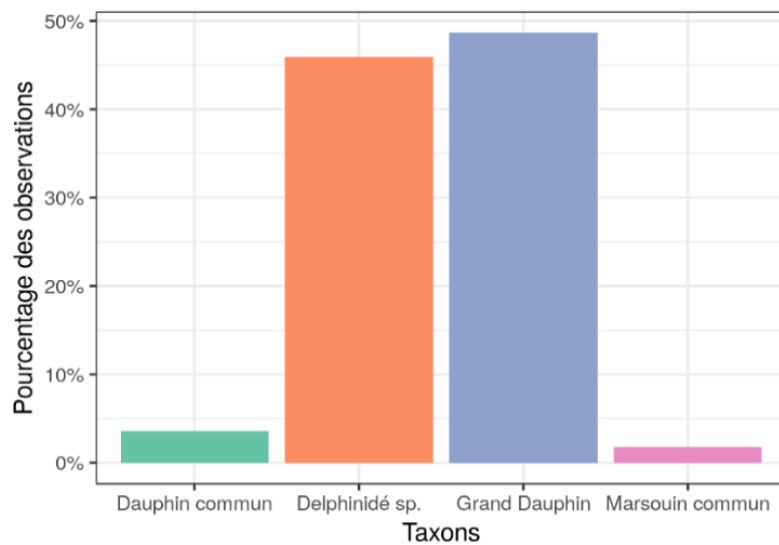
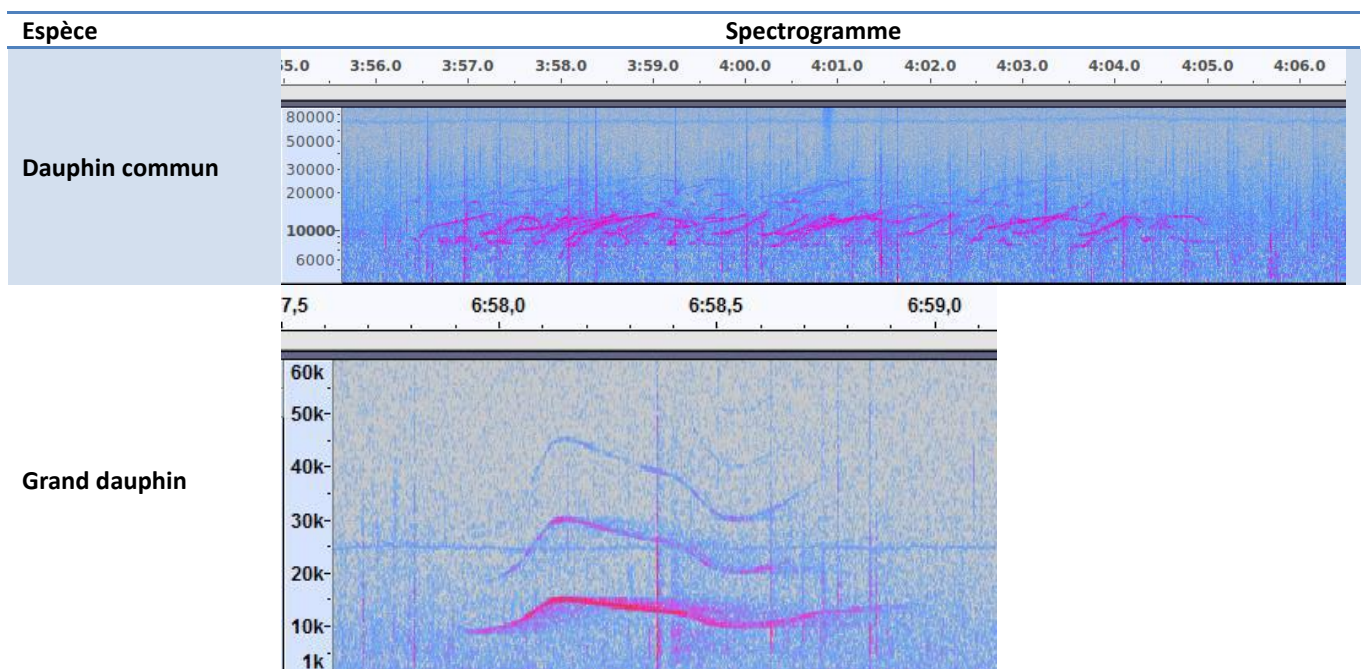


Figure 38 : Occurrence des différents taxons identifiés dans les enregistrements (n = 111 détections confirmées).



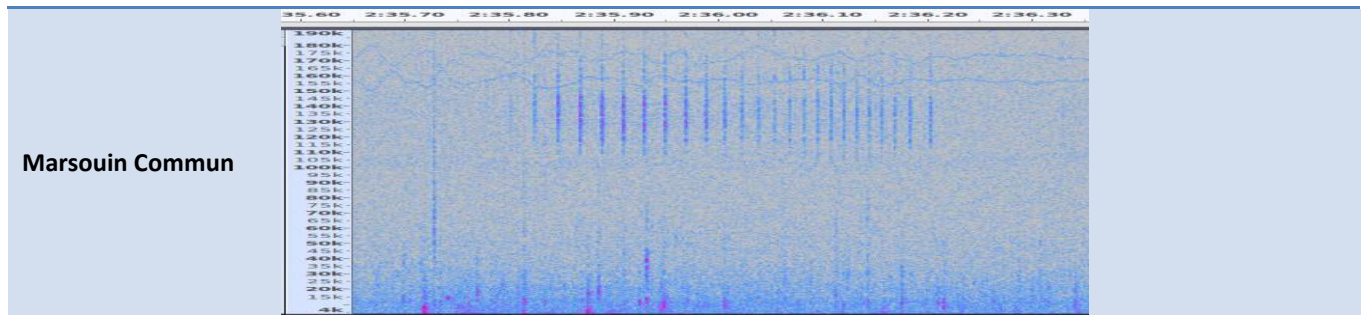


Figure 39 : Spectrogramme illustratif d'un signal enregistré sur site pour chaque espèce

VI.3.2. Comportement

Dans les sessions d'enregistrements dans lesquelles une détection a été confirmée manuellement, le type d'activité dominant a été évalué. Une grande quantité de clics et de buzz indiquent une activité d'écholocation intense associée à la recherche alimentaire tandis que la dominance de signaux de type sifflements ou burst-pulse est révélatrice d'une activité de socialisation. L'appellation « Activité mixte » a été attribuée quand les deux types de signaux sont présents sans dominance claire pour l'un ou pour l'autre.

Les résultats de ce travail (Figure 40) indiquent que les delphinidés observés dans la zone y pratiquent les deux types d'activité. La répartition des observations selon ces deux types d'activité est bien équilibrée, avec toutefois un peu plus de socialisation. Ces résultats restent toutefois délicats à interpréter. En effet, il est probable que la quantité de clics émis par les animaux varie selon d'autres modalités que celle évoquée ici, par exemple le déplacement dans un environnement côtier à la bathymétrie complexe.

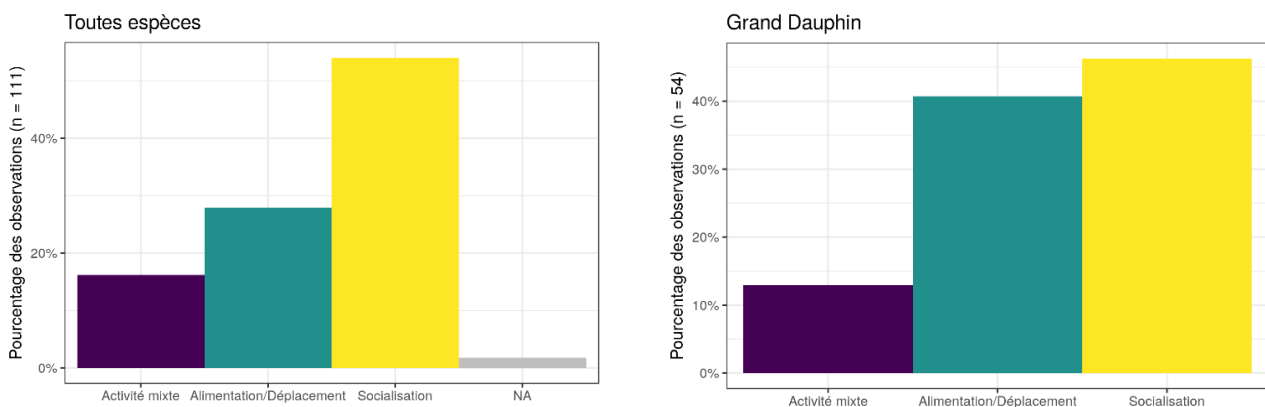


Figure 40 : Activités constatées au sein des détections, (à gauche) toutes espèces confondues (n = 111), et (à droite) pour le Grand Dauphin seulement (n = 54). NA, pour « Not Available », désigne les situations où aucune activité particulière n'a pu être attribuée.

VI.3.3. Abondance

Afin que les données récoltées et analysées dans le cadre de cette étude puissent servir à établir un état de référence, il est important de pouvoir les comparer. Deux indices d'abondance sont souvent employés dans le cadre des suivis acoustiques passifs.

- ✓ Les heures positives par jour (entre 0 et 24), c'est-à-dire le nombre d'heures de la journée comptant *au moins* une détection.
- ✓ La proportion de jours (entre 0 et 1), c'est-à-dire le nombre de jours du mois comptant *au moins* une détection, divisé par le nombre de jours dans le mois.

D'autres variantes de ces indices peuvent être rencontrées selon la fréquence des détections (une fréquence élevée pourra être mesurée en minutes positives par heure, en secondes par minute etc.) et les modalités chronobiologiques de l'activité acoustique (par exemple, les minutes positives par nuit pour des chiroptères).

Ces indices permettent aussi de limiter les écarts entre espèces liés à différentes probabilités de détection aidant ainsi à comparer leur abondance. Plus ces probabilités sont différentes, plus on choisira un pas de temps long comme unité de détection (heure ou jour *positif*)

Dans le cadre de ce suivi, les indices d'abondance calculés (Figure 41) représentent essentiellement l'activité des delphinidés et en particulier des Grands Dauphins. On remarque que l'abondance est bien plus élevée dans le premier tiers de la période d'étude, de septembre 2017 à février 2018.

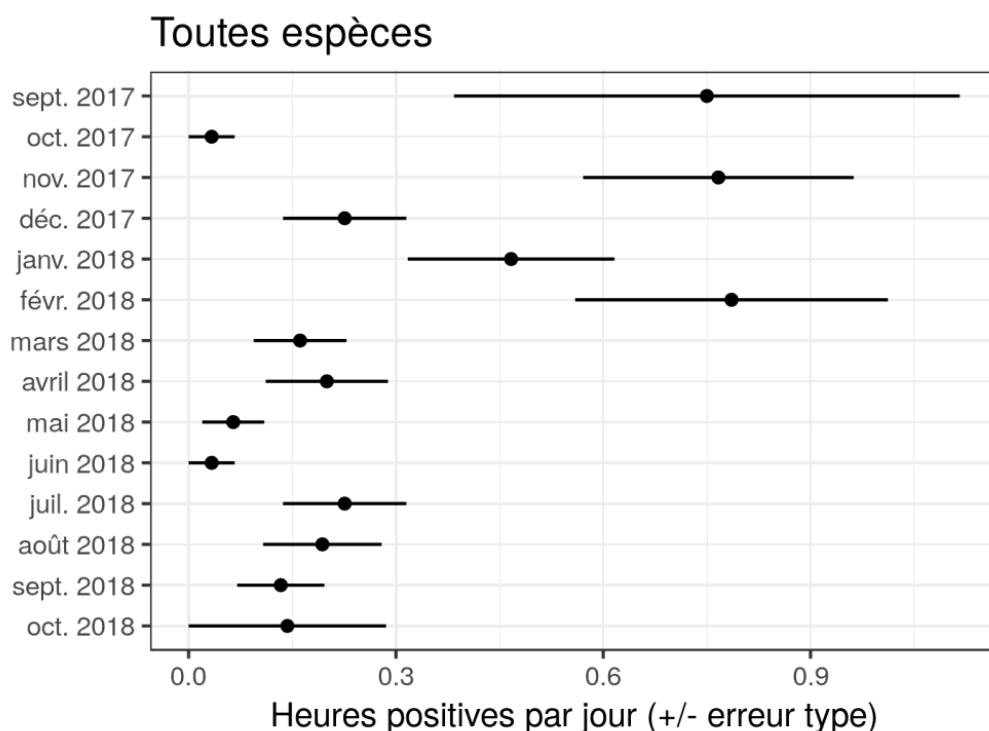


Figure 41 : Indice d'abondance en heure positive par jour toutes espèces confondues calculés chaque mois pour l'ensemble de la période couverte par l'étude. Les données précises ayant servies à la construction de ce graphique sont disponibles en annexe C.

VI.3.4. Fréquentation de la zone d'étude

L'abondante quantité de données collectée permet la mise en évidence de certains patrons dans la fréquentation de la zone d'étude. Si des détections ont eu lieu tout au long de l'année, il apparait cependant (Figure 42) que :

- ✓ La fréquentation varie nettement au cours de l'année, avec un maximum de fréquentation aux mois de janvier et de février et un minimum aux mois de mai et de juin (phénomène déjà observable sur la Figure 41) ;
- ✓ La fréquentation évolue fortement au cours des journées. Si cet effet est déjà perceptible, si l'on ne considère que la moyenne annuelle, on peut constater un contraste bien plus fort dans les heures de fréquentation à différentes périodes de l'année.
- ✓ En effet, de septembre à mars, et en particulier lors du pic d'activité de janvier-février, les détections se concentrent nettement aux heures nocturnes. La direction des lignes de contour de la densité des observations épouse celle des lignes de lever et de coucher du soleil.

- ✓ La fréquentation diminue brusquement avec l'arrivée du printemps pour atteindre son minimum annuel en mai-juin. Toutefois cette diminution est surtout observable aux heures nocturnes si bien qu'en mai-juin-juillet le contraste de fréquentation Jour/Nuit est très peu marqué. Cette tendance demanderait tout de même à être confirmée, la quantité de données disponibles à cette période étant justement plus faible qu'ailleurs dans l'année.

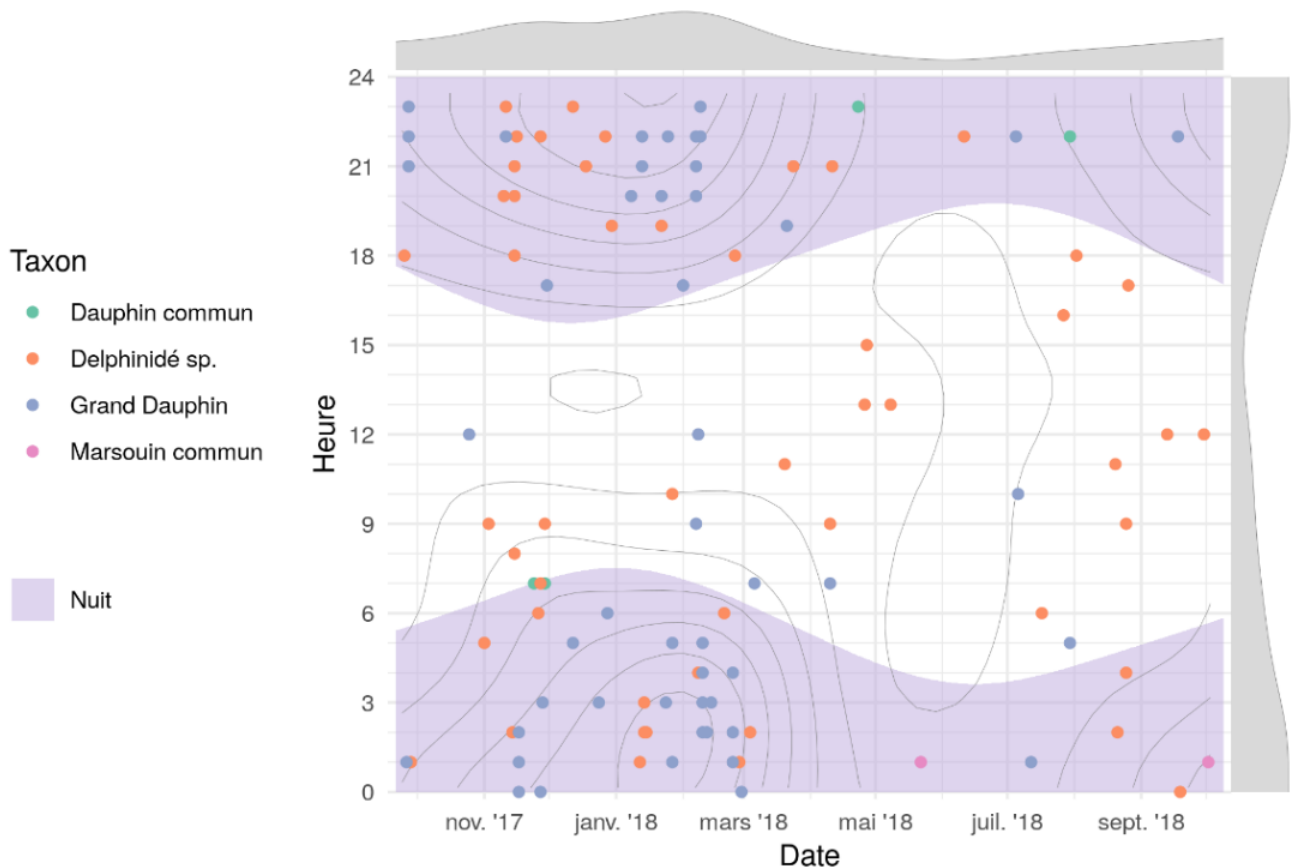


Figure 42 : Détections de sifflement confirmées dans l'ensemble des enregistrements. Les courbes révèlent les variations de la densité des points (densité 2D et densités 1D marginales). S'agissant de visualiser les motifs périodiques, des densités circulaires ont été utilisées (le graphique peut être roulé en cylindre selon X ou Y sans que les courbes ne montre de discontinuité aux jointures).

VI.3.5. Synthèse

Les détections des signaux bioacoustiques montrent la présence des mammifères marins tout le long de l'année. La principale espèce est le Grand Dauphin pour lequel l'activité acoustique est bien plus importante la nuit et en hiver. Ce dernier a été observé en activités de recherche alimentaire et de socialisation.

D'autres espèces ont pu être également détectées, le Dauphin Commun et le Marsouin Commun. La méthodologie de détection des clics, proposée par Biotope, s'est révélée peu performante dans cette zone d'étude. C'est pourquoi, l'abondance de certaines espèces (Delphinidae) et en particulier du Marsouin est probablement sous-estimée. Une autre difficulté est celle de la différenciation taxonomique entre le Grand Dauphin et le Dauphin Commun. Aucun baléoptère et pinnipède n'a été détecté, mais il n'est pas exclu la possibilité de leur présence, notamment en raison du bruit environnemental important dans les basses fréquences.

Les résultats de cette étude permettent de définir un état de référence pour cette zone. L'étude a également pu mettre en évidence l'existence de périodes d'activités intenses pour le Grand Dauphin. Cette information pourra se révéler utile pour réduire les nuisances sur cette espèce d'éventuels projets industriels dans la zone.

Chapitre VII. Evaluation des risques sonores

VII.1. Propagation et empreinte sonore

Les résultats des modélisations donnent des distances de perception très similaires en fonction des saisons, les différences de distribution de célérité du son ne suffisant pas à générer des modifications significatives de la propagation.

La Figure 43 représente l'émergence sonore pour une seconde de fonctionnement des deux hydroliennes dans la bande 45Hz à 83 kHz à une période de fonctionnement proche de l'étalement de marée². Cette cartographie ne tient pas compte de l'espèce réceptrice donc de l'audiogramme de sensibilité. La distance de perception du bruit de l'hydrolienne atteint 4,5 km en moyenne et 11,1 km au maximum selon l'axe sud-ouest /nord-est. A la vue des distances à la côte, le bruit engendré par les hydroliennes sera perçu quel que soit la zone de passage des mammifères marins.

Au-delà (partie blanche sur la cartographie), les bruits des deux hydroliennes D15 seront dominés par le bruit naturel et le bruit des autres activités anthropiques au moins la moitié du temps.

Espèce	Empreinte sonore		
	Bruit existant dans la bande spécifique	Empreinte sonore	
	(dB ref 1µPa ²)	Distance Moyenne (km)	Distance Max (km)
Cétacés de la catégorie Basse Fréquence	101	4,46	11,14
Cétacés de la catégorie Moyenne Fréquence	98	4,46	11,14
Cétacés de la catégorie Haute Fréquence	97	4,46	11,14
Pinnipèdes	102	4,46	11,14
Tortues marines	105	4,46	11,14
Poissons	105	4,46	11,14

Tableau 11 : Limite de l'empreinte sonore large bande en fonction de l'espèce

² Sabella considère que l'hydrolienne ne fonctionne pas à l'étalement, mais seulement à partir d'un courant supérieur à 0,5 m/s. Dans cette étude, on considère que cette vitesse est atteinte à une période proche de l'étalement.

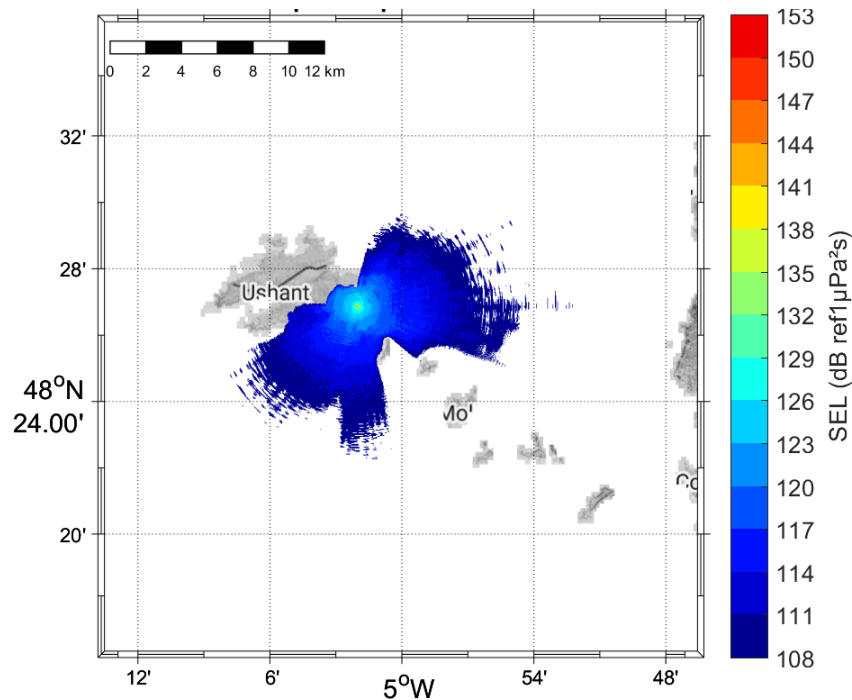


Figure 43 : Carte de l’empreinte sonore médiane au-dessus du bruit préexistant pendant une période proche de l’été. (Dans la partie blanche, les bruits des deux hydroliennes D15 seront dominés par le bruit naturel et le bruit des autres activités anthropiques).

VII.2. Estimation des distances de risque

Dans cette étude, à titre conservateur, le fonctionnement de l’hydrolienne D15 est supposé continu sur une période de 3 heures, sans interruption et sans variation du bruit émis au cours de cette période considérée. Cette durée de 3 heures est spécifique au fonctionnement discontinu d’une hydrolienne sur une journée. Conformément aux recommandations du consensus (NOAA, 2016) quant aux cétacés, les effets prolongés du bruit du parc d’hydroliennes sont comparés aux seuils de tolérance sur 24 heures et en supposant l’animal en fuite selon le Tableau 12 (Bailey, 2016) et (SNH, 2016). Les distances estimées correspondent à la position de l’animal au démarrage de la fuite (Figure 44). Pour les poissons, les seuils fournis par (Popper, et al., 2014) analyse le bruit instantané pendant une durée de 12 ou 48 heures sans interruption.

Les résultats montrent une absence de dommage physiologique pour les cétacés, les tortues et les pinnipèdes pour un fonctionnement continu du parc d’hydroliennes sur une durée cumulée de 3 heures et en supposant une fuite de l’animal quelle que soit la période. A titre conservateur, pour les poissons, en supposant le bruit invariant sur 12 ou 48 heures, un risque de dommage physiologique temporaire est prédit jusqu’à une distance inférieure à 2m du centre de l’hydrolienne.

Aucune distinction n’est faite quant aux distances de risque en fonction de la période de fonctionnement de l’hydrolienne (étales, flot ou jusant) car le bruit existant sur cette zone est supposé indépendant de la période.

Espèce	Vitesse de fuite (m/s)	Modification du comportement			Dommages physiologiques	
		Faible Moy (max)	Médiane Moy (max)	Avérée Moy (max)	Dommages physiologiques temporaires TTS Moy (max)	Dommages physiologiques permanents PTS Moy (max)
		Rayon	Rayon	Rayon	Rayon	Rayon
Cétacés de la catégorie Basse Fréquence	2,1	1.02 (1.80) km	29 (29) m	<1.5 (0) m	0	0
Cétacés de la catégorie Moyenne Fréquence	1,5	1.02 (1.80) km	29 (29) m	<1.5 (0) m	0	0
Cétacés de la catégorie Haute Fréquence	1,4	1.02 (1.80) km	29 (29) m	<1.5 (0) m	0	0
Pinnipèdes	1,8	1.02 (1.80) km	29 (29) m	<1.5 (0) m	0	0
Tortues marines	1	-	-	-	0	0
Poissons	0	-	-	-	<2m	0

Tableau 12 : Evaluation des distances de risque

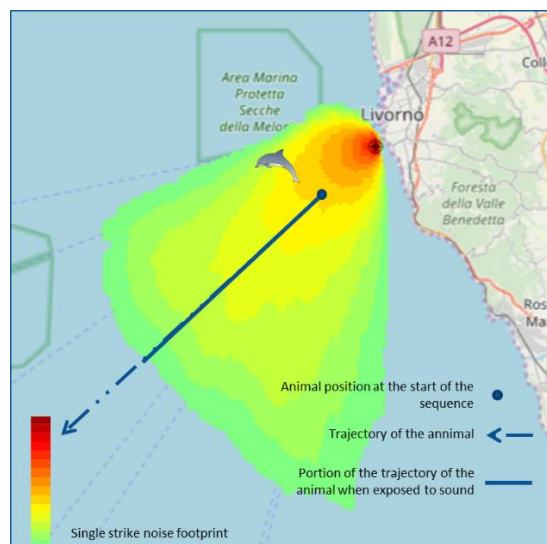


Figure 44: Illustration de la méthode d'évaluation du cumul d'énergie sonore pendant la fuite de l'animal.

Chapitre VIII. Interprétation et recommandations

Le niveau sonore large bande émis par les deux hydroliennes en production (162 dB re. 1 $\mu\text{Pa}@1\text{m}$) est similaire à celui rayonné par un navire de 19 mètres de long voguant à 12 nœuds tant en niveau qu'en répartition fréquentielle (Figure 45) (Ross, 1987). Cette valeur place la production sonore de l'hydrolienne dans la gamme basse à intermédiaire des émissions sonores anthropiques (Figure 46). Les effets sonores engendrés par les deux hydroliennes sont équivalents à ceux de deux bateaux présents sur le site au rythme des flots et jusants qui viendraient s'ajouter au trafic maritime existant.

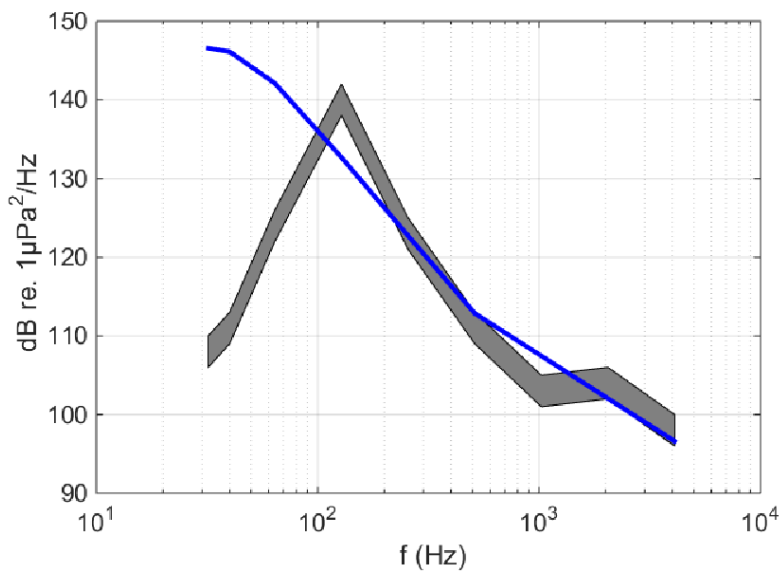


Figure 45 : Spectre rayonné par l'hydrolienne D15 (gris) superposé au spectre rayonné par un bateau de 19 mètres de long et voguant à 12 nœuds (bleu) d'après Ross, 1987

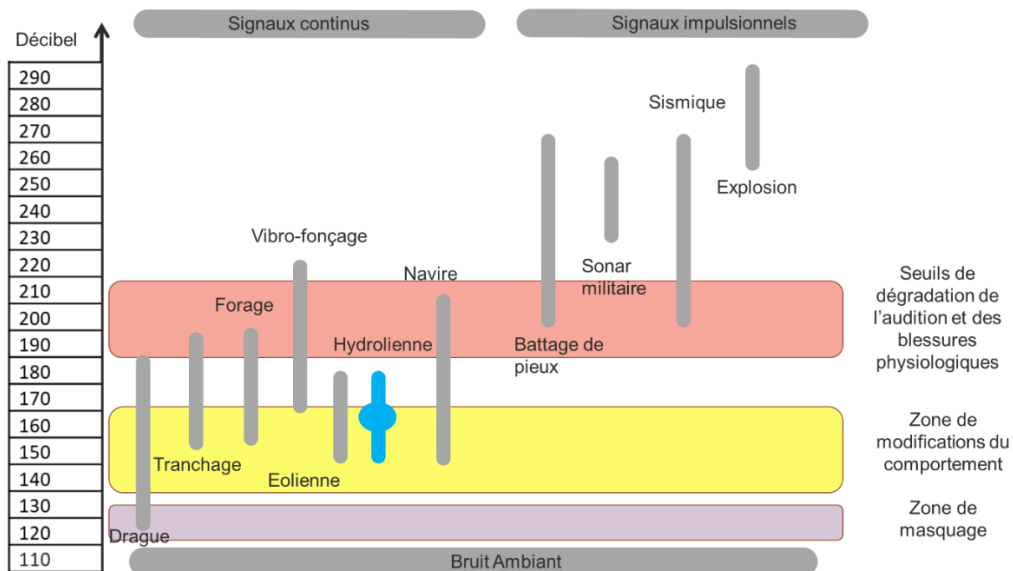


Figure 46 : Panel des niveaux sonores émis par les activités humaines en mer avec en bleu les niveaux émis par les hydroliennes dB re. 1 $\mu\text{Pa}@1\text{m}$, superposé aux seuils de risques d'effets

Pour étudier les effets induits par cette émission sonore, une modélisation basée sur des outils au meilleur de l'état de l'art a confronté les niveaux sonores créés par l'hydrolienne en production avec les seuils proposés dans les guides faisant référence dans la communauté scientifique. Cette approche quantitative a permis :

- ✓ de définir l'empreinte acoustique des deux hydroliennes, de l'ordre de 4,4 km dans des conditions typiques de bruit ambiant. Il n'existe pas d'effets acoustiques en dehors de cette zone ;
- ✓ de démontrer que le bruit créé par les deux hydroliennes ne peut pas générer de dégradation temporaire et permanente de l'audition ni de blessure sur les poissons et les mammifères marins. En effet, les simulations indiquent que de tels effets existent si les animaux restent immobiles 24 heures à moins de 1 mètre de l'hydrolienne ce qui est très fortement improbable ;
- ✓ de définir pour les mammifères marins les zones de modifications comportementales, en se basant sur les seuils de (Southall et al, 2018). Trois seuils (120 dB, 140 dB, 160 dB) ont été utilisés pour étudier une large gamme de réaction, le seuil 120 dB définit la zone où les réactions indiquent que les animaux perçoivent le bruit sans pour autant être dérangés dans la réalisation de leurs activités alors que les seuils allant de 140 dB à 160 dB concernent des réactions plus franches allant jusqu'à un évitement de la source par éloignement volontaire ;
 - la perception des hydroliennes (seuil à 120 dB) existe jusqu'à 1 020 mètres. Tout mammifère marin transitant dans le passage du Fromveur est averti acoustiquement de la présence des hydroliennes (Figure 47) ;
 - les réactions plus franches (seuils à 140 dB et 160 dB) existent entre 1,5 m et 29 m ;
 - ces distances d'évitement sont confirmées par des observations sur le terrain à proximité d'hydroliennes par la communauté scientifique pour les delphinidés (Malinka et al, 2018), (Joy et al, 2018) et les phoques (Hastie et al, 2018).

A cause de l'absence de seuils de référence fournis par la communauté scientifique, la simulation n'a pas abordé les réactions comportementales chez les poissons. Pour combler cette lacune, une étude bibliographique a été réalisée avec la méthodologie suivante :

- Recherche par mots clés : fish tidal turbine noise impact ;
- Visites de 15 premières pages Google Scholar ;
- Sélection et lecture rapide des 50 références dans le thème ;
- Lecture approfondies des 35 publications les plus pertinentes.

Les publications convergent pour démontrer que les effets des hydroliennes sur les poissons sont localisés à proximité de l'hydrolienne, principalement dans un rayon inférieur à 100 mètres (Cada et al, 2007), (Frid et al, 2012). A l'intérieur de ce rayon, les constats rapportés par la communauté sont très divers, la liste suivante en présente un extrait ordonné du plus sévère pour la faune au plus favorable :

- (Redden et al, 2014) évoquent des risques de collision entre des bars rayés et les hydroliennes ;
- (Grippio et al, 2017) constate une diminution de la densité de poissons dans un rayon de 140 m autour de l'hydrolienne et suggère que le bruit a servi aux poissons à percevoir l'hydrolienne ;
- (Shen et al, 2016) rapportent des comportements d'évitement jusqu'à 100 m ;
- (Schram et al, 2017) montrent en milieu contrôlé grâce à des playbacks un comportement d'évitement jusqu'à 20 m ;
- (Bevelhimer et al, 2016) constate une division par deux du nombre de poissons dans un rayon de 20 mètres lorsque l'hydrolienne est opérationnelle avec des observations de trajectoire d'évitement ;
- (Hammar et al, 2013) constate l'existence d'effets localisés autour de l'hydrolienne où les poissons prédateurs n'approchent pas à moins de 1,7 m le rotor en rotation ;

- (Zhang et al, 2017) montre par des études en milieux contrôlés que les poissons ont un taux de survie de 100% lors des interactions avec les hydroliennes et qu'ils ont tendance à s'éloigner les pales en rotation ;
- (Staines et al, 2019) constate que les poissons ont eu tendance à s'éloigner lors de la phase travaux mais sont revenus lorsque la turbine est en opération normale ;
- (Molloy et al, 2017) observe des bars rayés à proximité d'une hydrolienne sans réaction de stress ;
- (Isaacman et Lee, 2009) et (Williamson et al, 2019) suggèrent et constatent des effets concentrateurs sur les bancs de poissons en créant des abris au courant et en fournissant une complexification de l'habitat ;
- (Fraser et al, 2018) constate et mesure avec un écho-sondeur une augmentation de la densité de poisson à proximité de l'hydrolienne et dans le sillage, l'augmentation est plus marquée la nuit.

Les éléments précédemment, rapportés sur les mammifères marins et les poissons additionnés au fait que le passage du Fromveur est un lieu de transit des mammifères marins mais pas un lieu de résidence, conduisent à qualifier les impacts acoustiques des hydroliennes en opération sur la faune comme inexistantes à négligeables, les réactions d'évitement locales pouvant être mises à profit pour limiter les risques de collision.

Il est recommandé un suivi par acoustique passive de la fréquentation des mammifères marins à proximité d'une hydrolienne afin de conclure quant aux possibles réactions d'évitement des cétacés.

Avant l'installation des hydroliennes, il est recommandé une mesure en mode dérivant afin de confirmer l'augmentation réduite du bruit existant sur ce site au moment du flot et du jusant.

Il est recommandé de mettre en œuvre une mesure en mode dérivant de bruit engendré par l'hydrolienne à différentes périodes durant un cycle de marée afin d'estimer le gabarit de bruit d'une hydrolienne et de confirmer l'empreinte sonore.

Un suivi visuel pour les cétacés est recommandé pour consolider l'étude par des mesures in situ et contribuer à améliorer la connaissance scientifique sur les effets des hydroliennes en opération. A minima, ce suivi visuel sera concomitant aux suivis par acoustique passive afin de croiser les observations en surface et dans la colonne d'eau.

Les références bibliographiques étudiant les effets comportementaux sur les poissons par le bruit rayonné par les hydroliennes démontrent une absence de réaction à plus de 100 m des hydroliennes. Au sein du passage du Fromveur de 2 800 m de large, la zone impactée par l'évitement des poissons sera au maximum de 300 m (100 m de part et d'autre des hydroliennes espacées de 75 m), ainsi les deux hydroliennes ne créeront pas d'effets « barrières pour les poissons », aussi aucun suivi télémétrique n'est requis aux vues des résultats de l'étude d'impact.



Figure 47 : Les deux hydroliennes sont situées à 1 300 m de la côte d'Ouessant au nord-ouest et 1 500 m de la côte de Molène vers le sud-est

Chapitre IX. Bibliographie

- Ainslie. (2009). *Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea*. TNO-DV 2009 C085.
- American National Standards Institute. (2004). *Specification for Octave, Half-Octave, and Third Octave Band Filter Sets*.
- Breeding. (1996). *Research Ambient Noise Directionality (RANDI) 3.1 Physics Description*. Naval Research laboratory.
- Collin, M., Ainslie, M. A., Binnerts, B., de Jong, C. A., Clorennec, D., Sertlek, H. Ö., . . . Folegot, T. (2015). Definition and results of test cases for shipping sound maps. *Proceeding of the IEEE Oceans Conference*. Genova.
- Collins, M. D. (1994). Generalization of the Split-Step Pade. *J. Acoust. Soc. Am.*, 96, 382-385.
- Collins, M., Cederberg, R. J., King, D., & Chin-Bing, S. (1996). Comparison of Algorithms for Solving Parabolic Wave Equations. *J. Acoust. Soc. Am.*, 100, 178-182.
- Dooling, R. J., & Blumenrath, S. H. (2013). Masking Experiments in Humans and Birds Using Anthropogenic Noises. *3rd International Conference on the Effects of Noise On Aquatic Life*. Budapest, Hungary.
- Dosits.org. (2016, 01 30). Récupéré sur <http://www.dosits.org>
- Folegot, T. (2009, October 10). *European Union Brevet n° EP2488839*.
- Folegot, T., & Clorennec, D. (2013). A Monté-Carlo approach to anthropogenic sound mapping. *Underwater Acoustics Conference*. Corfu, Greece: Institute of Acoustics.
- Folegot, T., & Clorennec, D. (2015). From footprint prediction to risk assessment and focused mitigation. Dans 2. A. Meeting (Éd.), *Workshop on Noise and Environmental Impact Assessments*, (pp. 91-94). Liège, Belgium.
- Guiesse, L., & Sabathié, P. (1964). *Acoustique Sous-Marine*. Paris: Dunod.
- IEC61260. (1995). *Octave-band and fractional-octave-band filters*. Electroacoustics.
- International Maritime Organisation. (2004). *Recommendation on Performance Standards for Universal Automatic Identification System (AIS)*. London: International Maritime Organisation.
- Jensen, F. B., Kuperman, W. A., Porter, M. B., & Schmidt, H. (2000). *Computational Ocean Acoustics* (Vol. AIP Series in Modern Acoustics and Signal Processing). Springer.
- Julie Lossent, C. G. (2017). Underwater operational noise level emitted by a tidal current turbine and its potential impact on marine fauna. *JASA*, 141 (5), pp.3923 - 3923.
- Le Bras, Y. (2018). *Analyse et interprétation des données acoustiques recueillies dans le Fromveur (2017-2018), Suivi en acoustique passive des cétacés*.
- Le Gall, Y. (2016). *Projet Sabella D10, Passage du Fromveur, Méthodes mises en oeuvre pour la caractérisation du bruit ambiant (Ifremer)*.
- NOAA. (2016). *Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing Underwater: Acoustic Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts*.
- Parvin, S. W. (2005). *Assessment of Tidal Current Turbine Noise at the Lynmouth Site and Predicted Impact of Underwater Noise at Strangford Lough*". Report No. 628 R 0102, Subacoustech Ltd.
- Popper, A. N., Hawkins, A. D., Fay, R. R., Mann, D. A., Bartol, S., Carlson, T. J., . . . Tavolga, W. N. (2014). *Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: a technical report prepared by ANSI-Accredited Standards Committe S3/SC1*. New-York: Springer Briefs in Oceanography.
- Southall, B., Bowles, A., Ellison, W., Finneran, J., Gentry, R., Greene, C., . . . Tyack, P. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, 33: 411-521.

- Wagstaff. (1973). RANDI :Research Ambient Noise Directionality Model. *Naval Undersea Center, Tech. Pub.* 349 pp.
- Wenz, G. (1962). Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, 34:1936-1956.
- Wenz, G. (1962). Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, 34:1936-1956.
- Bergström, L., Sundqvist, F., Bergström, U., 2013. Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 485, 199–210. <https://doi.org/10.3354/meps10344>
- Bevelhimer, M.S., Colby, J., Adonizio, M.A., Tomichuk, C., Scherelis, C.C., Kleinschmidt Associates, Pittsfield, ME (United States), 2016. Informing a Tidal Turbine Strike Probability Model through Characterization of Fish Behavioral Response using Multibeam Sonar Output (No. ORNL/TM--2016/219, 1324172). <https://doi.org/10.2172/1324172>
- Ross, D., *Mechanics of Underwater Noise* (Peninsula Publishing, Los Altos, CA, 1987), 375 pp.
- Fraser, S., Williamson, B.J., Nikora, V., Scott, B.E., 2018. Fish distributions in a tidal channel indicate the behavioural impact of a marine renewable energy installation. *Energy Reports* 4, 65–69. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2018.01.008>
- Grippio, M., Shen, H., Zydlewski, G.B., Shivanesh, R., Goodwin, A., 2017. BEHAVIORAL RESPONSES OF FISH TO A CURRENT-BASED HYDROKINETIC TURBINE UNDER MULTIPLE OPERATIONAL CONDITIONS: FINAL REPORT. Environmental Science Division, Argonne National Laboratory.
- Hammar, L., Andersson, S., Eggertsen, L., Haglund, J., Gullström, M., Ehnberg, J., Molander, S., 2013. Hydrokinetic Turbine Effects on Fish Swimming Behaviour. *PLoS ONE* 8, e84141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084141>
- Hastie, G.D., Russell, D.J.F., Lepper, P., Elliott, J., Wilson, B., Benjamins, S., Thompson, D., 2018. Harbour seals avoid tidal turbine noise: Implications for collision risk. *J Appl Ecol* 55, 684–693. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12981>
- Isaacman, L., Lee, K., 2009. Current State of Knowledge on the Environmental Impacts of Tidal and Wave Energy Technology in Canada (DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.).
- Joy, R., Wood, J.D., Sparling, C.E., Tollit, D.J., Copping, A.E., McConnell, B.J., 2018. Empirical measures of harbor seal behavior and avoidance of an operational tidal turbine. *Marine Pollution Bulletin* 136, 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.052>
- Malinka, C., Gillespie, D., Macaulay, J., Joy, R., Sparling, C., 2018. First in situ passive acoustic monitoring for marine mammals during operation of a tidal turbine in Ramsey Sound, Wales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 590, 247–266. <https://doi.org/10.3354/meps12467>
- Molloy, S., Batt, J., Eddington, J., Mahon-Hodgins, L., MacNeill, A.M., Kregting, L., Bibeau, E., 2017. Tidal Turbine Marine Life Interaction study: Fish. Dalhousie University.
- Pine, M.K., Schmitt, P., Culloch, R.M., Lieber, L., Kregting, L.T., 2019. Providing ecological context to anthropogenic subsea noise: Assessing listening space reductions of marine mammals from tidal energy devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 103, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.024>
- Redden, A.M., Broome, J., Keyser, F., Stokesbury, M., Bradford, R., Gibson, J., Halfyard, E., 2014 USE OF ANIMAL TRACKING TECHNOLOGY TO ASSESS POTENTIAL RISKS OF TIDAL TURBINE INTERACTIONS WITH FISH 3.

- Schramm, M.P., Bevelhimer, M., Scherelis, C., 2017. Effects of hydrokinetic turbine sound on the behavior of four species of fish within an experimental mesocosm. *Fisheries Research* 190, 1–14.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.012>
- Shen, H., Zydlewski, G.B., Viehman, H.A., Staines, G., 2016. Estimating the probability of fish encountering a marine hydrokinetic device. *Renewable Energy* 97, 746–756.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.026>
- Staines, G., Zydlewski, G., Viehman, H., 2019. Changes in Relative Fish Density Around a Deployed Tidal Turbine during on-Water Activities. *Sustainability* 11, 6262. <https://doi.org/10.3390/su11226262>
- Williamson, B., Fraser, S., Williamson, L., Nikora, V., Scott, B., 2019. Predictable changes in fish school characteristics due to a tidal turbine support structure. *Renewable Energy* 141, 1092–1102.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.065>
- Zhang, J., Kitazawa, D., Taya, S., Mizukami, Y., 2017. Impact assessment of marine current turbines on fish behavior using an experimental approach based on the similarity law. *J Mar Sci Technol* 22, 219–230.
<https://doi.org/10.1007/s00773-016-0405-y>

8 ANNEXE 8 : INVENTAIRE DE L'ESTRAN ROCHEUX DE PORZ AR LAN

Gaïa, 2019 a. Fonds durs : Inventaire de l'estran rocheux de Porz ar Lan. 24 p.

Inventaire de l'estran rocheux de Pors d'Arlan Projet PHARE



Version	Date	Remarques
1.0	9/12/19	Envoi à DD - Sabella

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de **Gaïa – Terre bleue** ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : Gaïa – Terre bleue (sauf mention particulière)

Auteurs Didier Grosdemange, Océanologue

Gaïa - Terre bleue

Bureau n°6 – Criée Ouest
29900 Concarneau - France
06 08 21 05 67

dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr

www.gaia-terrebleue.fr

Sommaire

1. OBJECTIF DE LA MISSION	4
2. MATERIEL ET METHODE	4
2.1. REFERENCE DU PROTOCOLE	4
2.2. DATES CHOISIES POUR LA MISSION	4
2.3. LOCALISATION DES STATIONS	5
2.4. EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE	6
2.5. PLAN DE LOCALISATION DES DIFFÉRENTES STATIONS	8
3. RESULTATS	9
3.1. RESULTATS PAR QUADRATS ET CEINTURES	9
3.2. TYPOLOGIE ET CLASSIFICATION DES HABITATS EN PRESENCE	14
3.3. APPLICATION DES TYPOLOGIES AU SITE DE PORS D'ARLAN	18
3.4. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS DES INVENTAIRES DE 2010	23
4. CONCLUSION	24

Tables des illustrations

Figure 1 : Schéma de la zonation des ceintures en fonctions de l'exposition (d'après Lewis, 1964)	5
Figure 2 : Évolution du pourcentage de temps d'exposition à l'air et du taux de recouvrement de la macrofaune, en fonction des ceintures algales (A, B, C et D) d'après Gruet, 1983	6
Figure 3 : Indice de recouvrement (d'après Lacoset & Salanon, 1969)	7
Figure 4 : Localisation des stations (source Balao & Gaïa - Terre bleue)	8
Figure 5 : <i>Laurencia pinnatifida</i> (gauche) - <i>Lomentaria articulata</i> (droite)	12
Figure 6 : Recherche de correspondances dans les typologies d'habitats sur le site de l'INPN	15
Figure 7 : Exemples de la hiérarchie d'EUNIS et les critères utilisés aux différents niveaux	16
Figure 8 : EUNIS traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée (2015)	17
Figure 9 : Les typologies des biocénoses benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & de Méditerranée (2015 et 2014)	18
Figure 10 : Clé de détermination des habitats intertidaux rocheux (source EUNIS)	19
Tableau 1 : Expression des faciès des différentes typologies pour les 3 stations de R1	21
Tableau 2 : Expression des faciès des différentes typologies pour les 3 stations de R2	22
Tableau 3 : Expression des faciès des différentes typologies pour les 3 stations de R3	23
Tableau 4 : Résultats des expressions des faciès des inventaires de 2010 (source IN VIVO)	23

1. OBJECTIF DE LA MISSION

Cette mission a pour objectif de caractériser les peuplements de l'habitat rocheux de l'anse de Pors d'Arlan et de pouvoir ainsi commencer une série temporelle de suivi de cet habitat. Ces éléments vont servir à alimenter l'état initial de l'étude d'impact du projet PHARE. Les résultats sont comparés également avec les inventaires réalisés en décembre 2010 par IN VIVO dans le cadre du projet Sabella D10.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. REFERENCE DU PROTOCOLE

Le protocole utilisé pour réaliser les inventaires a été défini dans le cadre du REBENT (Réseau de suivi du benthos) porté par IFREMER. Il est décrit dans les fiches suivantes :

- ▶ Suivi stationnel des estrans rocheux – Christian Hily et Jacques Grall, REBENT, 2003
- ▶ Échantillonnage des macroalgues – Intertidal – substrats durs – Erwan Ar Gall et Solène Connan, REBENT 2004

2.2. DATES CHOISIES POUR LA MISSION

Mardi 18 Juin 2019 UTC+2 Semaine 25 48°27' N 5°06' W **Ile d'Ouessant (Baie de Lampaul)** ☆

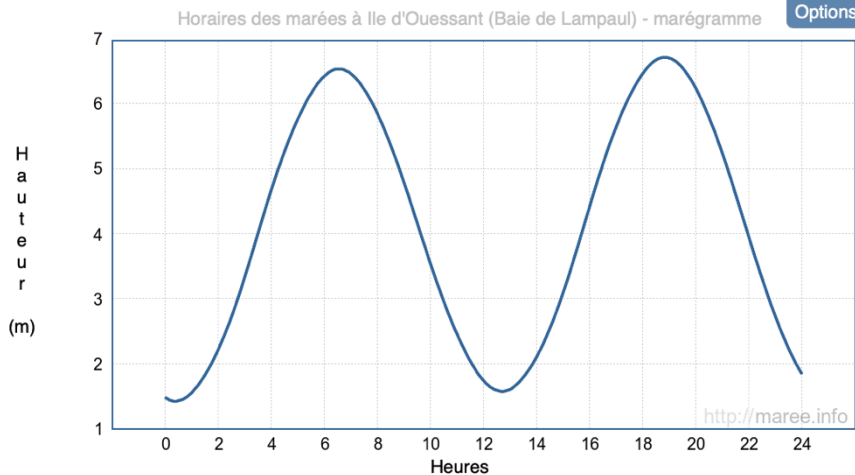
Lever du soleil : 06h19

Lune gibbeuse décroissante

Coucher du soleil : 22h22

	Coeff.	Heure	Durée de la marée	Heure de marée	Hauteur	Marnage	1/12	1/4	1/2
BM		00h23			1,42m				
PM	82	06h33	06h10	01h01	6,53m	5,11m	0,43m	1,28m	2,56m
BM		12h41	06h08	01h01	1,57m	4,96m	0,41m	1,24m	2,48m
PM	81	18h50	06h09	01h01	6,71m	5,14m	0,43m	1,29m	2,57m

Date	Heure	Hauteur	Coeff.
Mar. 18	00h23	1,42m	
	06h33	6,53m	82
	12h41	1,57m	
Mar. 18	18h50	6,71m	81
	01h02	1,47m	
	07h11	6,45m	80
Mer. 19	13h20	1,68m	
	19h27	6,63m	78
	01h41	1,59m	
Jeu. 20	07h48	6,30m	76
	13h57	1,83m	
	20h04	6,47m	73
Ven. 21	02h19	1,76m	
	08h24	6,12m	70
	14h34	2,04m	
Ven. 21	20h40	6,27m	66
	02h57	1,98m	
	09h00	5,90m	62
Sam. 22	15h12	2,27m	
	21h17	6,03m	59
	03h37	2,22m	
Dim. 23	09h38	5,67m	55
	15h54	2,52m	
	21h58	5,78m	51
Lun. 24	04h20	2,46m	
	10h22	5,45m	47
	16h41	2,73m	
Lun. 24	22h46	5,55m	44



PM : Pleine Mer

BM : Basse Mer

La mission a été réalisée à la basse mer du 18 juin 2019 (coefficient 82) et à la basse mer du 19 juin (80).

2.3. LOCALISATION DES STATIONS



D'une manière générale, les peuplements algaux sur l'estran suivent 3 ceintures :

- ▶ Peuplement de roche en place du haut du médio-littoral : ceinture à *Pelvetia canaliculata*
- ▶ Peuplement de roche en place du milieu du médio-littoral : ceinture à *Fucus vesiculosus* – *Ascophyllum nodosum*
- ▶ Peuplement de champs de blocs du bas du médio-littoral : ceinture à *Fucus serratus* - *Chondrus crispus*

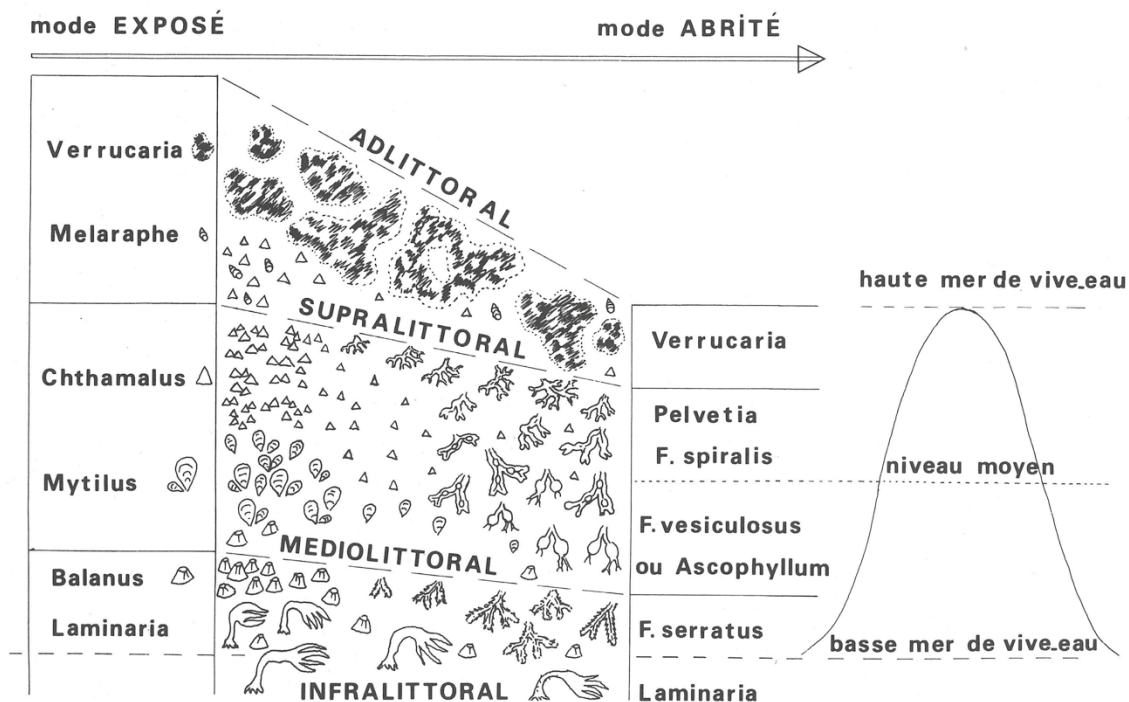


Figure 1 : Schéma de la zonation des ceintures en fonctions de l'exposition (d'après Lewis, 1964)

Ces ceintures se répartissent dans l'espace en fonction de leur degré d'exondation (temps de présence sans eau) qui est donc fonction de leur altitude par rapport au 0 CM (ou bathymétrie) et également de la force de la houle qui peut être reçue par le site. Il est ici parlé de « mode » exposé ou abrité, avec un gradient d'exposition entre ceux-ci.

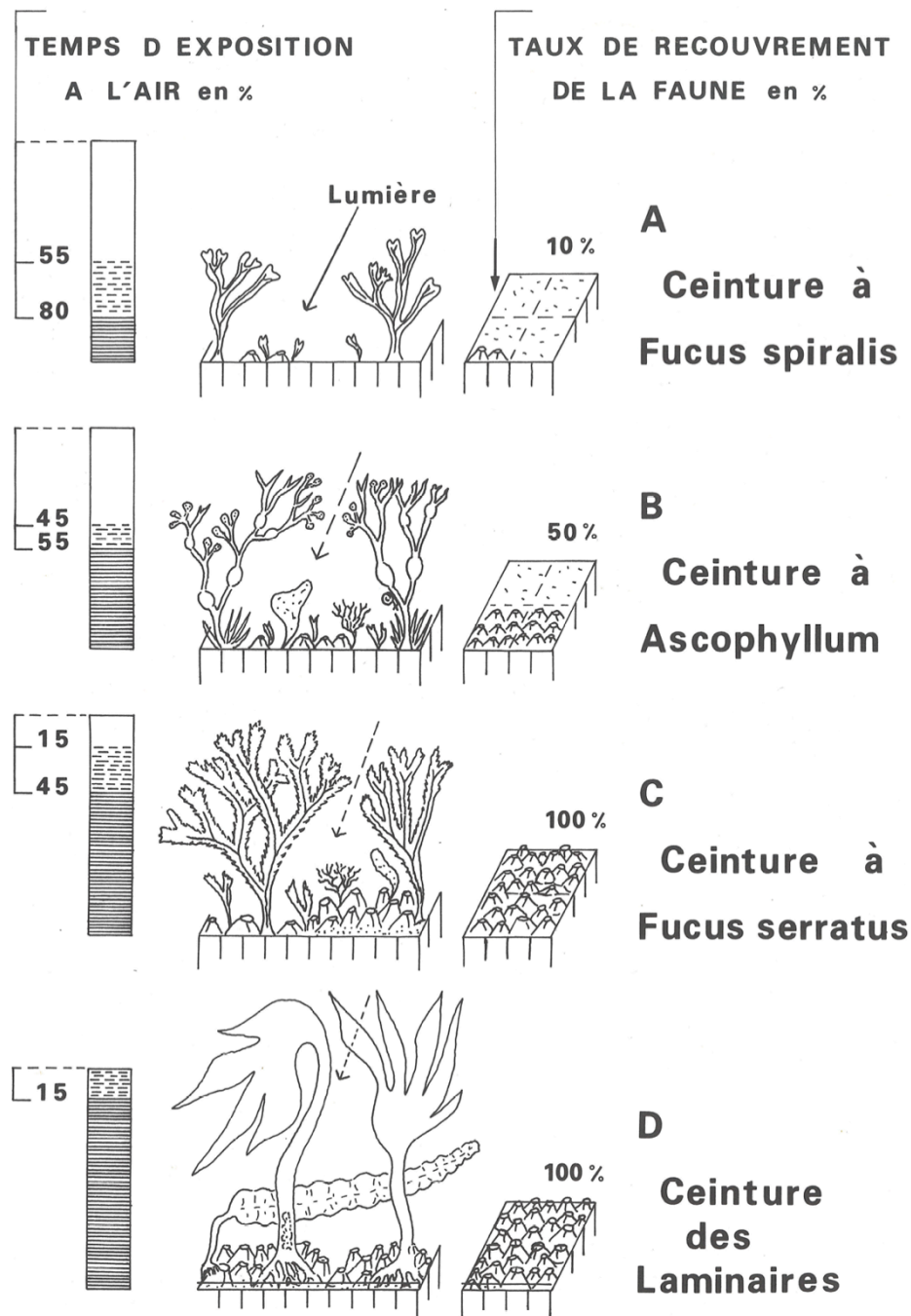


Figure 2 : Évolution du pourcentage de temps d'exposition à l'air et du taux de recouvrement de la macrofaune, en fonction des ceintures algales (A, B, C et D) d'après Gruet, 1983

Les 3 stations ont été réparties sur chacune des 3 ceintures qui ont été observées en 2010. Il a donc été placé 9 stations.

2.4. EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE

Sur chaque station, il est utilisé un quadrat de 0,1 m² de surface (33 cm de côté). Le quadrat est placé aléatoirement sur la paroi rocheuse (en évitant les petits blocs, les surplombs, ou tombants avec trop de fissurations). La surface par ceinture est donc de 0,9 m². Il est ensuite réalisé une photographie du quadrat. Ensuite, il est compté et inventorié toutes les espèces de la faune et de la flore du quadrat.

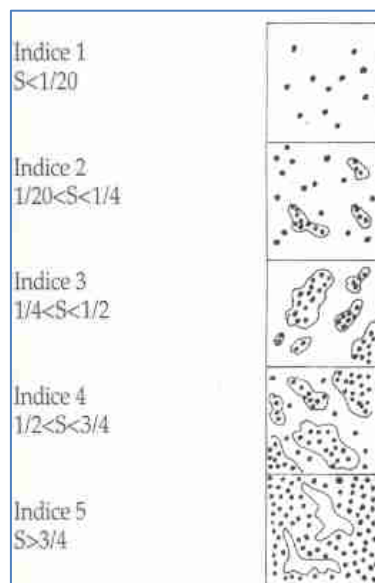
Toutes les espèces (ou les taxons d'ordre supérieur dans les cas où l'identification des espèces est impossible) présentes dans les quadrats échantillonnés sous forme encroûtante (surface minimale de l'ordre de 1 cm²) ou érigée (individus d'une taille supérieure ou égale à 5 mm) sont notées dans la fiche terrain sous leur dénomination latine. La richesse spécifique représente le paramètre 1.

Le classement des espèces se fera par strate :

- ▶ Strate I : 0 à 0,5 cm : individus encroûtants : Lithothamniées, petits épiphytes...)
- ▶ Strate II : 0,5 à 30 cm : algues vertes et rouges, petites Fucales
- ▶ Strate III : 30 à 100 cm : Fucales taille moyenne
- ▶ Strate IV : > 100 cm : grandes Fucales, Laminaires

Le paramètre 2 représente la densité par quadrat de l'espèce concernée (dans sa strate) ou le % recouvrement pour les espèces encroûtantes.

Le pourcentage de recouvrement est le suivant :



Recouvrement de l'espèce	Coefficient d'abondance
Supérieur à 75%	5
Compris entre 50% et 75%	4
Compris entre 25% et 50%	3
Compris entre 5% et 25%	2
Inférieur à 5%	1
Très peu abondant	+
Espèce très rare	r
Espèce représentée par un individu unique	i

Figure 3 : Indice de recouvrement (d'après Lacoset & Salanon, 1969)

Substrat	Stations	quadrat / station	Total quadrats
Rocheux Intertidal	3 stations par ceinture, soit 9 stations	3 répliqués / station	27

2.5. PLAN DE LOCALISATION DES DIFFERENTES STATIONS

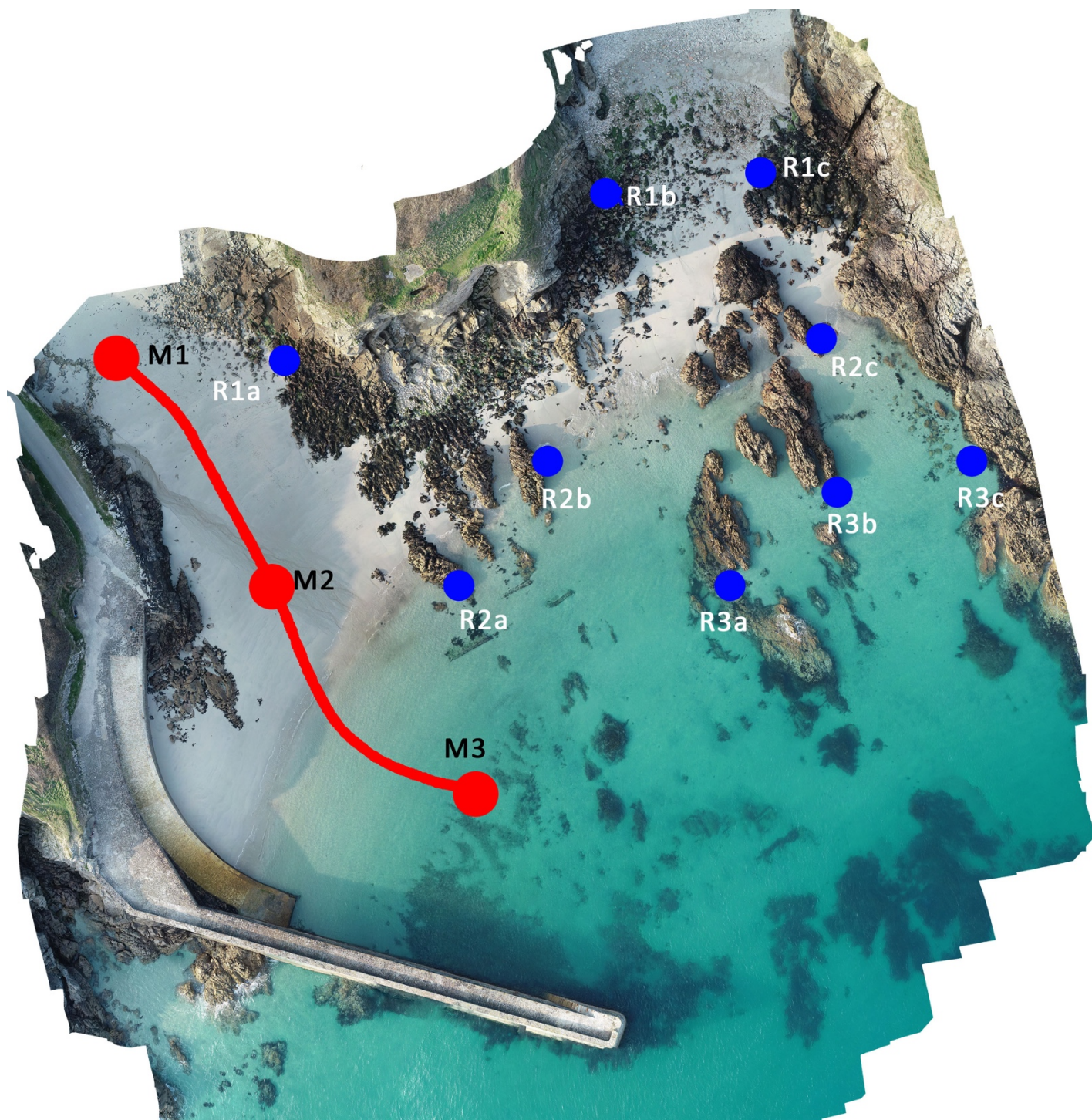


Figure 4 : Localisation des stations (source Balao & Gaïa - Terre bleue)


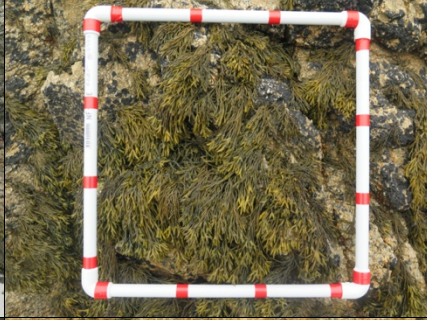
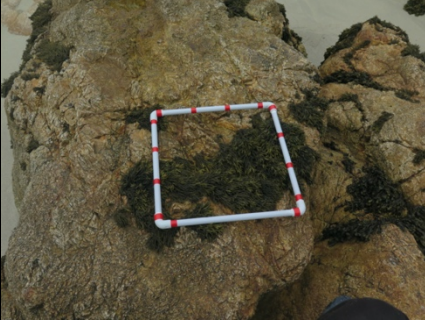


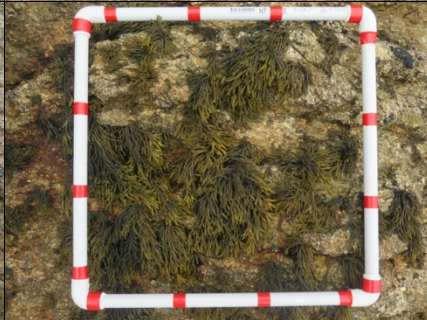


En bleu, les stations sur l'estran rocheux. En rouge, celle pour l'échantillonnage de l'estran fond meuble.

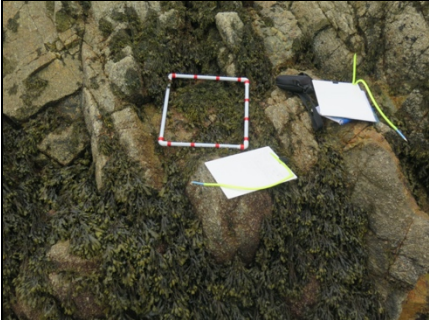
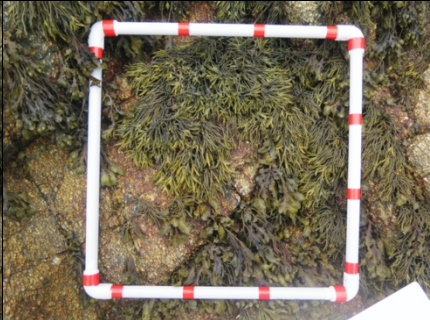

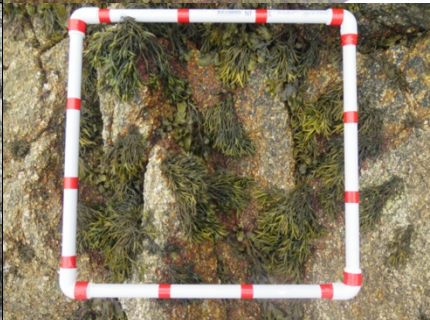
3. RESULTATS


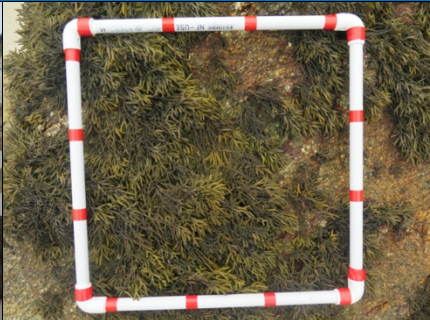
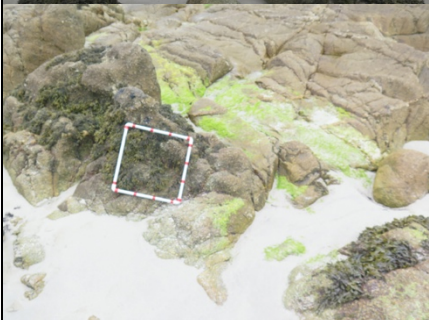


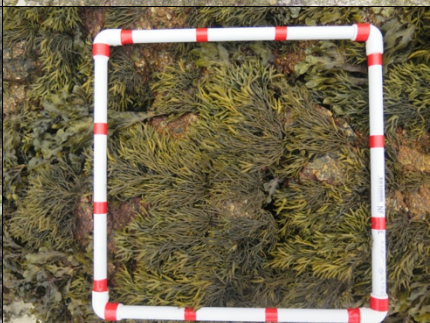
3.1. RESULTATS PAR QUADRATS ET CEINTURES

L'indice d'abondance est entre parenthèses.

Ceinture à *Pelvetia canaliculata* – Estran haut

Station R1c		
		<p>Q1 20 touffes – 50 % (4)</p>
		<p>Q2 42 touffes – 75 % (5) 15 individus de <i>Littorina obtusata</i></p>
		<p>Q3 30 touffes – >50 % (4) 2 littorines</p>
Station R1b		
		<p>Q1 19 touffes <i>Pelvetia canaliculata</i> – 30 % (3) 9 touffes de <i>Fucus vesiculosus</i></p>

		<p>Q2 19 touffes – 35 % (3)</p>
		<p>Q3 17 touffes <i>P. canaliculata</i> – 25 % (3) 5 touffes <i>F. vesiculosus</i> – 5% (1)</p>

Station R1a		
		<p>Q1 30 touffes – >50 % (4)</p>
		<p>Q2 23 touffes – >50 % (4) 3 petits pieds de <i>F. vesiculosus</i></p>
		<p>Q3 36 touffes – 75 % (5) 4 pieds de <i>F. vesiculosus</i></p>

Ceinture à *Fucus vesiculosus* – Estran médian

Station R2c		
		<p style="text-align: center;">Q1</p> <p>17 touffes <i>Fucus vesiculosus</i> (3) 3 <i>Patella vulgata</i> 270 balanes (<i>Chthamalus sp</i>) 2 anémones tomates (<i>Actinia equina</i>)</p>
		<p style="text-align: center;">Q2</p> <p>2 touffes <i>Fucus vesiculosus</i> (1) 2 <i>Patella vulgata</i> 200 balanes (<i>Chthamalus sp</i>) 6 anémones tomates (<i>Actinia equina</i>)</p>
		<p style="text-align: center;">Q3</p> <p>1 grand pied et 1 petit pied <i>Fucus vesiculosus</i> (1) 4 <i>Patella vulgata</i> 2 <i>Gibbula sp</i></p>
Station R2b		
		<p style="text-align: center;">Q1</p> <p>7 <i>Fucus vesiculosus</i> <25% (2) 1 <i>Patella vulgata</i> 60 balanes (<i>Chthamalus sp</i>) 3 anémones tomates (<i>Actinia equina</i>)</p>
		<p style="text-align: center;">Q2</p> <p>2 <i>Fucus vesiculosus</i> < 25% (2) 4 <i>Patella vulgata</i> 70 balanes (<i>Chthamalus sp</i>) 7 anémones tomates (<i>Actinia equina</i>)</p>

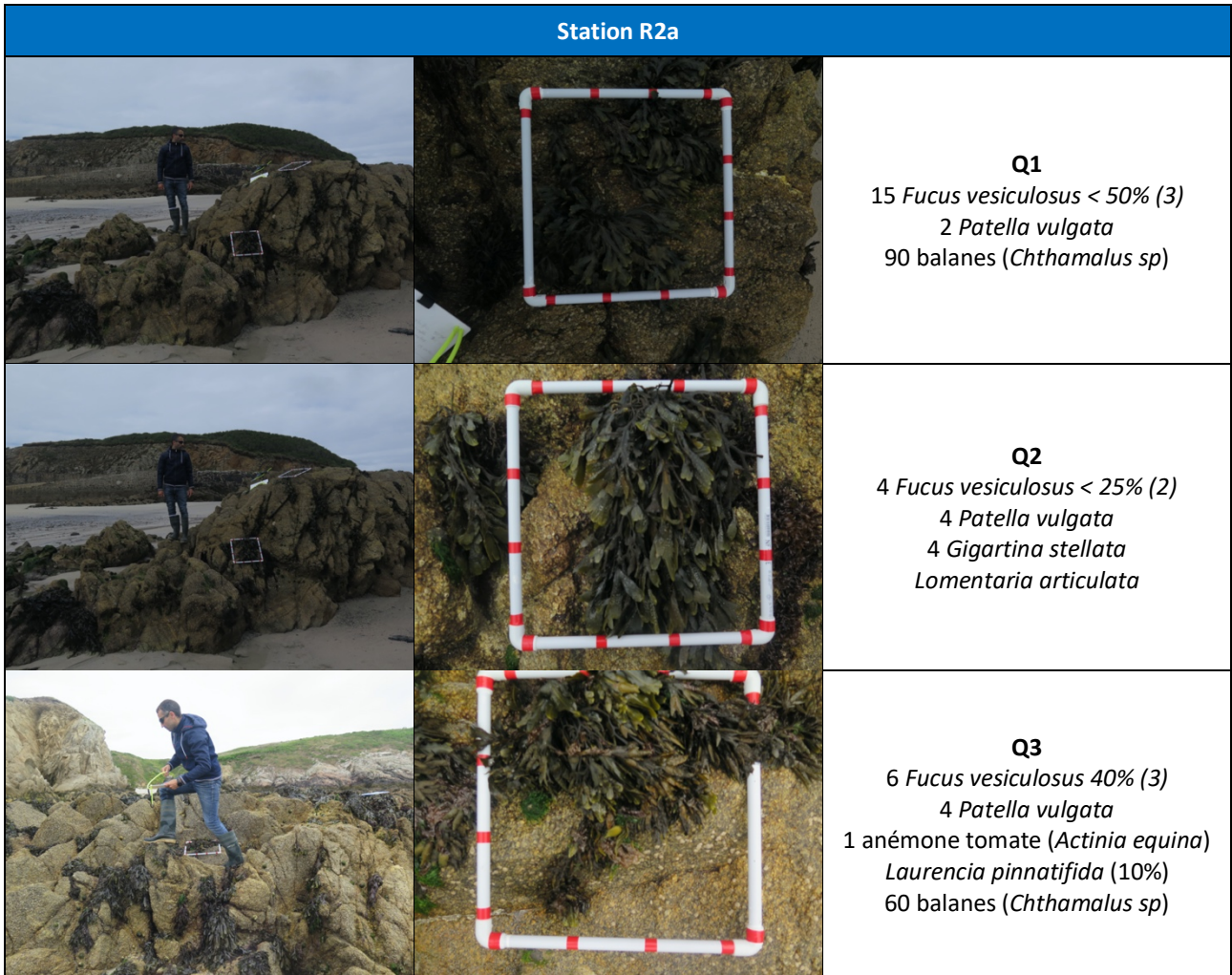
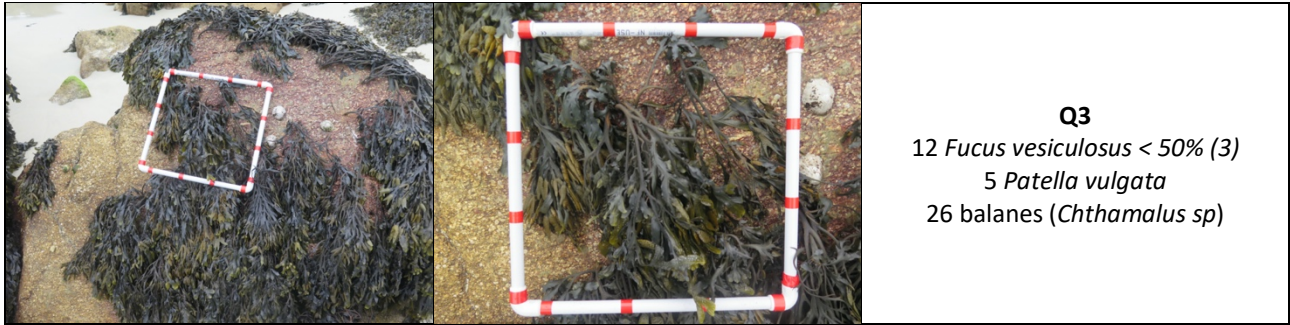

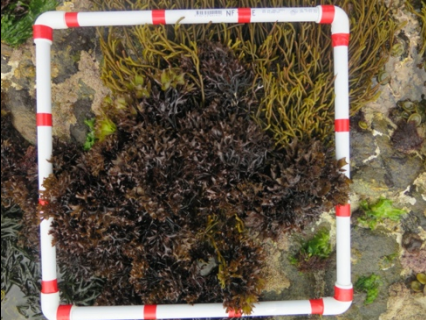



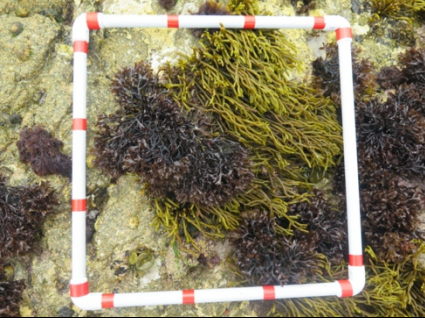





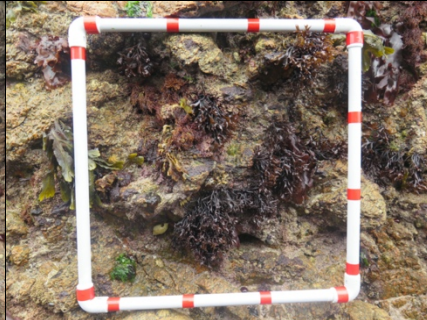



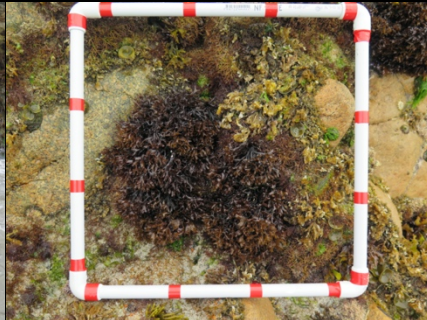


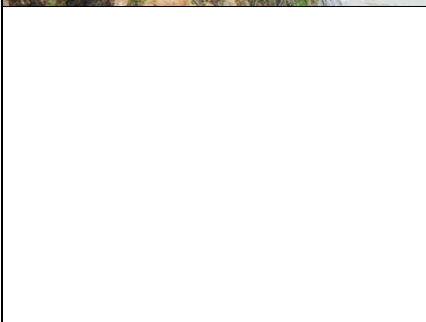
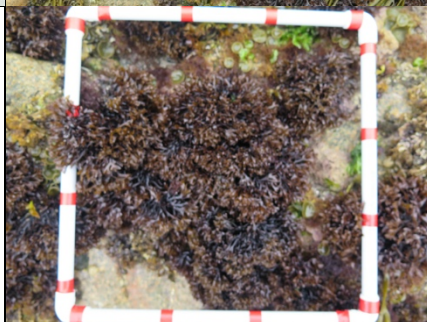
Figure 5 : *Laurencia pinnatifida* (gauche) - *Lomentaria articulata* (droite)

Ceinture à *Mastocarpus stellatus* – Bas estran

Station R3a		
		<p>Q1</p> <p>12 touffes de <i>Mastocarpus stellatus</i> <50% (3) <i>Bifurcaria bifurcata</i> <25% (2) 1 <i>Lomentaria articulata</i> 3 <i>Himanthalia elongata</i> Mélobésiée (algue rouge encroûtante) – 2,5 cm de diamètre 3 <i>Patella vulgata</i></p>
		<p>Q2</p> <p><i>Bifurcaria bifurcata</i> 60% (4) Mélobésiée (10 cm diamètre) 1 <i>Himanthalia elongata</i> 1 <i>Coralina sp</i> 6 <i>Patella vulgata</i> 30 spirorbes</p>
		<p>Q3</p> <p>7 touffes <i>Mastocarpus stellatus</i> <25% (2) <i>Bifurcaria bifurcata</i> 30% (3) 3 <i>Himanthalia elongata</i> 1 <i>Coralina sp</i> Mélobésiée (10 cm diamètre) 1 <i>Patella vulgata</i></p>

Station R3b		
		<p>Q1</p> <p><i>Palmaria palmata</i> 3 pieds - <10% (2) 2 pieds <i>Mastocarpus stellatus</i> 2 touffes <i>Lomentaria articulata</i> 1 <i>Coralina sp</i> 8 anémones tomate (<i>Actinia equina</i>)</p>
		<p>Q2</p> <p><i>Mastocarpus stellatus</i> 25% (2) 3 <i>Lomentaria articulata</i> 1 <i>Coralina sp</i> 1 Enteromorphe 2 anémones tomate (<i>Actinia equina</i>) 4 <i>Patella vulgata</i></p>

		<p>Q3</p> <p><i>Mastocarpus stellatus</i> 10% (1) <i>Palmaria palmata</i> 3 pieds - <10% (2) 3 <i>Lomentaria articulata</i> 1 <i>Osmundea pinnatifida</i> <i>Corallina</i> sp (10 cm de diamètre) 1 <i>Nucella lapilus</i> 3 anémones tomate (<i>Actinia equina</i>) 4 <i>Patella vulgata</i></p>
---	--	--

Station R3c		
		<p>Q1</p> <p><i>Mastocarpus stellatus</i> 25% (2) 3 <i>Himanthalia elongata</i> <i>Osmundea pinnatifida</i> 25% (2) 1 <i>Lomentaria articulata</i> <i>Corallina</i> sp (10 x 20 cm) 3 <i>Patella vulgata</i></p>
		<p>Q2</p> <p><i>Mastocarpus stellatus</i> > 35% (3) 9 <i>Himanthalia elongata</i> 2 <i>Gigartinia acicularis</i> (touffes de 15 x 15 cm) 1 anémones tomate (<i>Actinia equina</i>)</p>
		<p>Q3</p> <p><i>Mastocarpus stellatus</i> > 50% (4) 26 disques <i>Himanthalia elongata</i> <i>Corallina</i> sp (10 x 10 cm) <i>Gigartinia acicularis</i> (touffes 10 x 10 cm)</p>

3.2. TYPOLOGIE ET CLASSIFICATION DES HABITATS EN PRESENCE

HABREF

Afin de faciliter la gestion des données sur les habitats naturels et les végétations dans les systèmes d'information sur la nature, le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) rend disponible le référentiel national des habitats HABREF¹ sous forme informatique sur son site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

Une fois la recherche effectuée pour les habitats benthiques étudiés au sein de l'étude, une correspondance peut être effectuée dans HABREF. En réalisant les correspondances entre les habitats marins des différentes typologies, l'information et les travaux effectués dans leurs programmes respectifs deviennent accessibles et mutualisables.

¹ <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentiels/habitats>

Chaque typologie contenue dans HABREF est également téléchargeable séparément, tout comme chacune des tables de correspondances.



Figure 6 : Recherche de correspondances dans les typologies d'habitats sur le site de l'INPN

La typologie EUNIS²

La typologie des habitats retenue pour lister les habitats benthiques de l'étude est la classification **EUNIS** (European Nature Information System), référence européenne de classification des habitats pour les domaines terrestres, dulçaquicoles et marins.

Cette typologie repose sur un classement hiérarchique des habitats permettant, pour le domaine marin, d'accéder à des niveaux de précision allant de la simple distinction entre les types rocheux ou meuble (niveau 2), intégrant d'une part, le mode d'exposition et le type de substrat (niveau 3), puis d'autre part, la notion de groupement fonctionnel d'habitats (niveau 4) jusqu'à l'identification précise des peuplements benthiques définis par la présence d'espèces dominantes ou de groupes d'espèces caractéristiques (niveaux 5 et 6).

Concernant le substrat, la détermination des différents types de sédiments est basée sur des caractéristiques granulométriques. La classification granulométrique et sédimentaire la plus souvent utilisée est celle de Wentworth (1922) et Folk (1954).

Fondée sur les travaux des anglo-saxons, la typologie EUNIS subit encore des évolutions au fur et à mesure de sa mise en application. Toutefois en accord avec le programme MESH (Mapping European Seabed Habitats), le Réseau Benthique (REBENT), la version retenue dans cette étude, pour la détermination des habitats benthiques, est la version EUNIS de 2007 révisée en 2012. L'intérêt d'utiliser EUNIS réside dans la possibilité de comparer les habitats au niveau européen et de faciliter la mise en œuvre de directives européennes telles que la Directive Habitats et son outil opérationnel Natura 2000.

² Davies C., Moss D., O Hill M., 2012. **EUNIS Habitat Classification revised 2012**

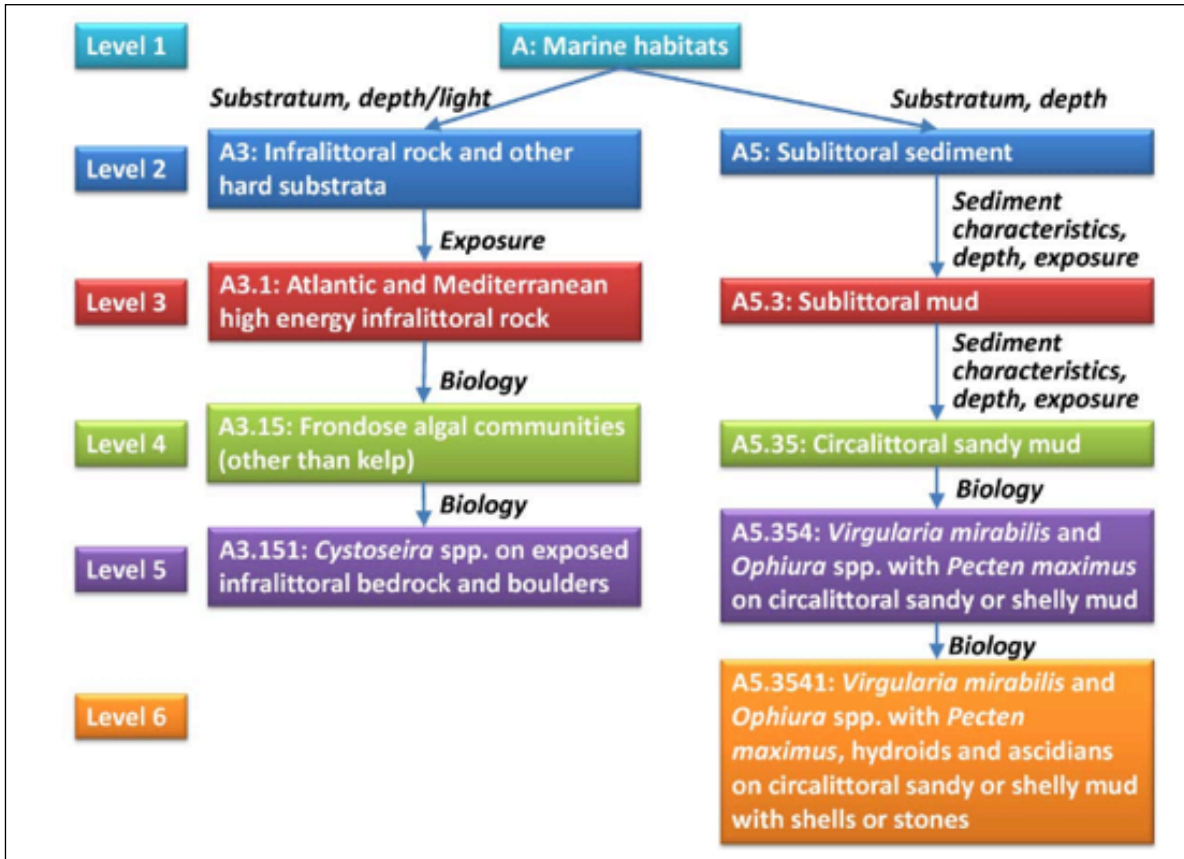


Figure 7 : Exemples de la hiérarchie d'EUNIS et les critères utilisés aux différents niveaux

Afin de faciliter l'appropriation de cette typologie par les acteurs concernés (scientifiques, gestionnaires ou bureaux d'études) et favoriser les échanges de connaissances sur la biodiversité des habitats benthiques en cohérence avec ce standard, deux documents³ ont été publiés en 2015. **Ces documents sont une traduction française** qui transcrit au mieux les descriptions d'habitats de la classification EUNIS.

Il s'agit dans ces documents, du dictionnaire de la typologie EUNIS dans sa version 2007, revue en 2012 pour des modifications des codes de la classification paléarctique et ceux de la classification des habitats marins de la Grande Bretagne. A noter que cette description reste identique pour les habitats communs à la version 2004, largement utilisée comme typologie de référence, notamment pour la cartographie d'habitats dans le cadre du REBENT. Seuls les habitats benthiques présents ou potentiellement présents en France ont été traduits. La présence en France a été déterminée par consultation des experts du domaine ainsi que des documents de référence (référentiel national, descriptifs EUNIS, Barcelone, Cartes historiques).

³ Bajjouk Touria, Guillaumont Brigitte, Michez Noemie, Thouin Benoît, Croguennec Chantal, Populus Jacques, Louvel-Glaser Justine, Gaudillat Vincent, Chevalier Claire, Tourolle Julie, Hamon Dominique (2015). Classification EUNIS, Système d'information européen sur la nature : Traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée. Vol. 1. Habitats Littoraux et Vol. 2. Habitats subtidaux & complexes d'habitats



Figure 8 : EUNIS traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée (2015)

« Cahiers des Habitats » Natura 2000⁴

Publiés en 2004, les Cahiers d'Habitats sont la continuité de la classification Corine Biotope (1991). Ils déclinent les habitats génériques de la Directive Habitats en 7 tomes.

Dans celui concernant les milieux côtiers (Tome 2), huit habitats génériques sont reconnus :

- ▶ 1110 : Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine
- ▶ 1120 : Herbiers à Posidonies
- ▶ 1130 : Estuaires
- ▶ 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse
- ▶ 1150 : Lagunes côtières
- ▶ 1160 : Grandes criques et baies peu profondes
- ▶ 1170 : Récifs
- ▶ 8330 : Grottes marines submergées ou semi-submergées

Ces 8 habitats génériques se déclinent en 43 habitats élémentaires pour les côtes françaises. Les habitats déclinés sont l'expression d'une variabilité écologique (chorologique, climatique, édaphique...) ou biogéographique (répartition atlantique et méditerranéenne...), ou de l'influence anthropique (modes de gestion) de l'habitat générique.

Le référentiel national : La Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & La Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée^{5 6}

Publié par le Service du Patrimoine Naturel (Muséum national d'Histoire Naturelle), le référentiel national des habitats marins benthiques est composé de deux parties : une typologie des **biocénoses benthiques de Méditerranée** réalisée

⁴ « Cahiers d'Habitats » Natura 2000 – 2004. Tome 2, Habitats côtiers. La Documentation française

⁵ Michez N., Bajjouk T., Aish A., Andersen A. C., Ar Gall E., Baffreau A., Blanchet H., Chauvet P., Dauvin J.-C., De Casamajor M. - N., Derrien - Courtel S., Dubois S., Fabri M. - C., Houbin C., Legall L., Menot L., Rolet C., Sauriau P.-G., Thiebaut E., Tourolle J., Van den Beld I., 2015. Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique Version 2. Rapport SPN 2015 - 45, MNHN, Paris, 61 pages.

⁶ Michez N., Fourt M., Aish A., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevallon P., Fabri M.-C., Goujard A., Harmelin J.-G., Labrune C., Pergent G., Sartoretto S., Vacelet J., Verlaque M., 2014. Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée Version 2. Rapport SPN 2014 - 33, MNHN, Paris, 26 pages.

en 2011 (Michez et al. et mise à jour en **2014**) et une pour les habitats présents **en Manche, en Mer du Nord et en Atlantique** (Michez et al., 2015).

Ce référentiel national définit un langage commun facilitant la mise en œuvre des politiques publiques de conservation et permet d'inventorier les habitats présents en France métropolitaine. Son utilisation est préconisée pour l'ensemble des programmes ayant attrait à la conservation des habitats marins à l'échelle nationale.

Il sert également de support pour établir le point de vue français sur cette thématique ainsi que les propositions de modifications et d'ajouts au référentiel européen des habitats EUNIS.

Ce référentiel est décliné en **6 niveaux** pour la Manche, Mer du Nord et Atlantique et en **4 niveaux** pour la Méditerranée.



Figure 9 : Les typologies des biocénoses benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & de Méditerranée (2015 et 2014)

3.3. APPLICATION DES TYPOLOGIES AU SITE DE PORS D'ARLAN

Il est possible d'effectuer une classification des communautés en présence. La mise en relation avec les typologies EUNIS (2012), les « Cahiers d'habitats N2000 » et la typologie nationale (MNHN), a été réalisée et la traduction a été extraite des documents à disposition (Bajjouk et al., 2015). La correspondance entre les typologies a été effectuée avec HABREF. Il a été mis **en gras les espèces ou descriptions rencontrés**.

Cas pour le haut de l'estran (Stations R1)

Les peuplements des 3 stations investiguées présentent (R1 a, b et c) sont caractéristiques d'une ceinture à *Pelvetia canaliculata*. Les espèces rencontrés classent le site sur une zone d'exposition modérée.

Il est possible de classer la représentativité (ou son expression) du faciès en 3 niveaux :

	Fort (3)	Moyen (2)	Faible (1)
Niveau d'expression du faciès	Très bien représenté	Bien représenté	Peu représenté ou potentiellement présent

Les expressions sont définies comme ainsi :

- ▶ Niveau Fort : Toutes les espèces définissant le faciès ont été observées et sont en abondance moyenne à forte
- ▶ Niveau Moyen : Au moins 50% des espèces décrivant le faciès sont présentes et sont au moins en abondance moyenne
- ▶ Niveau Faible : Quelques espèces décrivant le faciès sont présentes et sont au moins en abondance moyenne

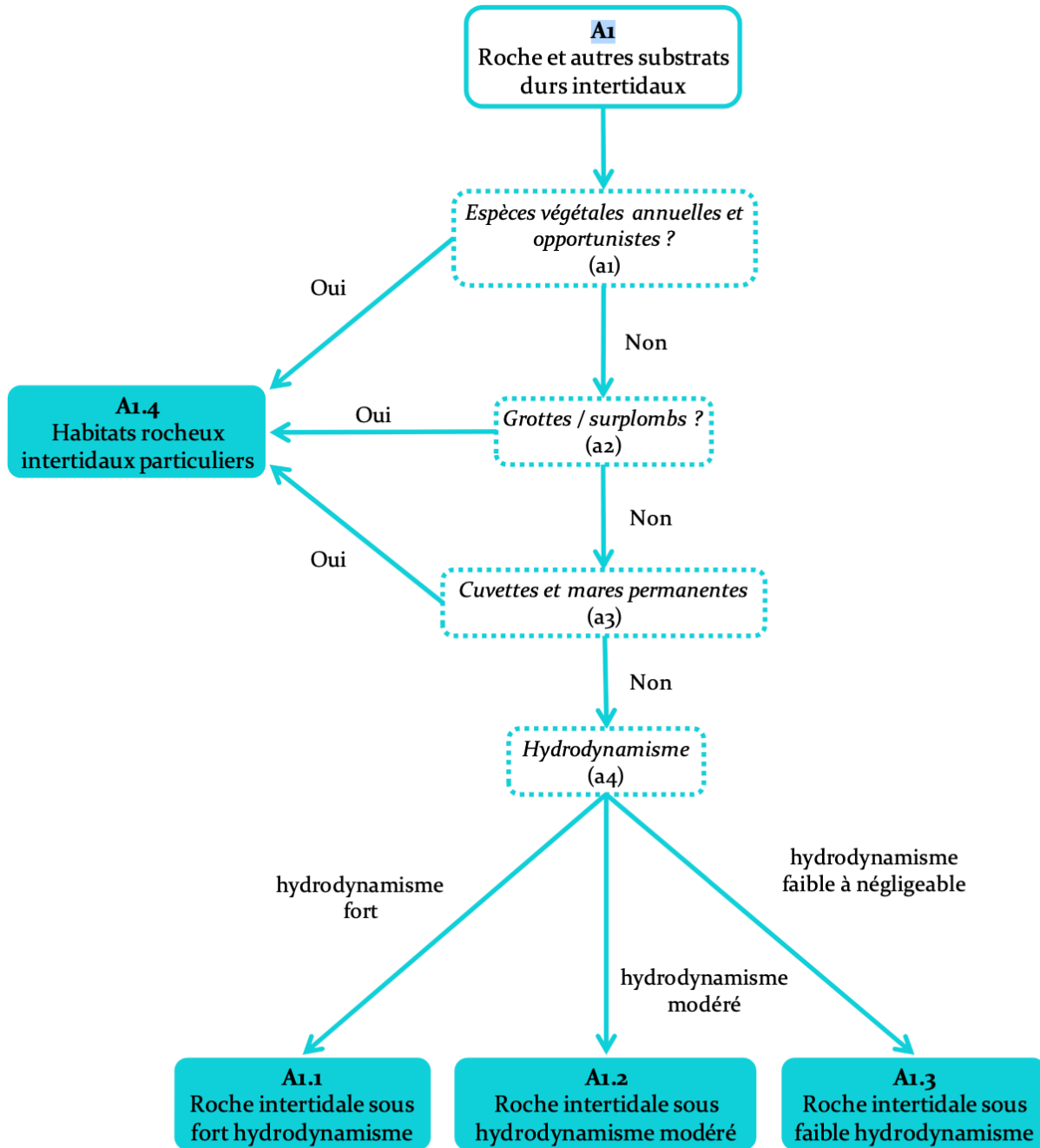


Figure 10 : Clé de détermination des habitats intertidaux rocheux (source EUNIS)

En application des typologies, **les 3 stations de R1** peuvent être décrites ainsi :

A1.2 Roche intertidale sous hydrodynamisme modéré

Rivages modérément exposés (roche en place, blocs et galets), caractérisés par des mosaïques de balanes et de fucales dans leurs parties moyenne et supérieure, ainsi que par des mosaïques de fucales et d'algues rouges dans leur partie inférieure. Là où le rivage est exposé à l'action de l'eau douce ou érodé par le sable, des algues éphémères rouges ou vertes peuvent dominer. D'autres rivages hébergent des biocénoses à moules et fucales dans leurs parties moyenne et inférieure. On distingue deux sous-types biologiques : balanes et fucales (A1.21), et moules et fucales (A1.22).

A1.21 Balanes et fucales sur rivages modérément exposés

Rivages rocheux modérément exposés, caractérisés par une mosaïque de fucales et de balanes sur la roche en place et des blocs, où la couverture de fucales est typiquement moins complète que dans le cas de rivages abrités. D'autres espèces sont normalement présentes dans cet habitat, dont le bigorneau *Littorina littorea*, la pourpre *Nucella lapillus* et l'algue rouge *Mastocarpus stellatus*. En-dessous de la ceinture de lichens jaunes et de lichens gris située dans la partie supérieure du rivage, on trouve une zone dominée par l'algue brune *Pelvetia canaliculata* et des balanes clairsemées, alors que le lichen noir *Hydropunctaria maura* (anciennement *Verrucaria maura*) couvre la surface rocheuse (A1.211). Plus bas, dans la partie moyenne du rivage, l'algue brune *Fucus vesiculosus* forme généralement une mosaïque avec la balane *Semibalanus balanoides* et la patelle *Patella vulgata* (A1.213). Enfin, l'algue brune *Fucus serratus* domine dans la partie inférieure du rivage, et diverses espèces d'algues rouges peuvent être présentes sous le couvert de *F. serratus* (A1.214). On distingue un certain nombre de variantes : dans la partie inférieure du rivage, roche en place et blocs caractérisés par une mosaïque de *F. serratus* et d'algues rouges formant un tapis (A1.2141) ; là où la densité de *F. serratus* est plus grande (typiquement de Commune à Surabondante sur l'échelle d'abondance SACFOR) et l'abondance des algues rouges moindre, il faut attribuer la classe A1.3151. La présence de blocs et de galets sur le rivage peut accroître la diversité des micro-biotopes, ce qui entraîne souvent une plus grande richesse spécifique. Même si la face supérieure des blocs peut héberger des biocénoses semblables à celle de A1.3151, la faune est souvent plus diversifiée (crabes, polychètes tubicoles, éponges et bryozoaires), et il faut alors attribuer la classe A1.2142. Dans la partie inférieure des rivages, la roche exposée à modérément exposée et abrasée par le sable peut être caractérisée par des tapis denses de *Rhodothamniella floridula* (A1.215).

Situation : Roche en place modérément exposée du médiolittoral moyen et inférieur, avec au-dessus une zone de lichens et en-dessous une biocénose dominée par des laminaires dans la zone subtidale.

A1.211 : *Pelvetia canaliculata* et balanes sur roche modérément exposée de la frange littorale

Rochers escarpés et substrat hétérogène exposés à modérément exposés de la frange littorale inférieure, caractérisés par l'algue brune *Pelvetia canaliculata* et des balanes *Chthamalus montagui* et *Semibalanus balanoides* clairsemées. Sur les rivages abrités, cet habitat se limite aux parois verticales. La patelle *Patella vulgata* et l'algue brune *Fucus spiralis* sont en général également présentes. *P.canaliculata* envahit typiquement une croûte de lichen noir *Hydropunctaria maura* (anciennement *Verrucaria maura*), ou occasionnellement de *Wahlenbergiana mucosa* (anciennement *Verrucaria mucosa*), contrairement à la croûte rouge de *Hildenbrandia rubra* que l'on retrouve sur les rivages très abrités. La littorine des rochers *Littorina saxatilis* est souvent présente sous les frondes de *P. canaliculata*. Certaines variantes géographiques sont possibles : les rivages du Sud et de l'Ouest des Îles Britanniques sont typiquement caractérisés par les balanes *C. montagui* ou *Chthamalus stellatus*, alors que *S. balanoides* domine les rivages du Nord et de l'Est. La balane *Elminius modestus* peut être présente sur les substrats hétérogènes.

Situation : L'habitat A1.211 est généralement situé en-dessous de la zone à H. maura et balanes (B3.1131 ; B3.1132). Sur les rivages exposés, A1.211 est situé au-dessus des habitats dominés par *F. spiralis* (A1.312), ou des habitats à moules *Mytilus edulis* et balanes (A1.111), ou encore des habitats à balanes et *P. vulgata* (A1.113). De plus, des taches du lichen noir *Lichina pygmaea* et de la balane *Chthamalus montagui* (A1.1122) peuvent être présentes à la même hauteur ou au-dessus de cet habitat, en particulier sur les rivages du Sud des Îles Britanniques. Sur les rivages abrités à extrêmement abrités, cet habitat est limité aux parois verticales ou très escarpées.

Dénomination de la biocénose	Code EUNIS	Stations R1
Roche et autres substrats durs intertidaux	A1	Fort
Roche intertidale sous hydrodynamisme modéré	A1.2	
Balanes et fucales sur rivage modérément exposé	A1.21	
<i>Pelvetia canaliculata</i> et balanes sur roches modérément exposées de la frange littorale	A1.211	
Dénomination de la biocénose	Typo MNHN	
Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1	Fort
Roches ou blocs médiolittoraux à dominance algale	A1-2	
Fucales des roches ou blocs médiolittoral supérieur	A1-2.1	
Fucales des roches ou blocs du médiolittoral supérieur en couverture discontinue	A1-2.1.2	
Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de <i>Pelvetia canaliculata</i> et cirripèdes	A1-2.1.2.1	
Dénomination de la biocénose	Code N2000 (EUR27)	
Roche médiolittorale en mode abrité (façade atlantique)	1170-2	Fort

Tableau 1 : Expression des faciès des différentes typologies pour les 3 stations de R1

Le faciès pour les stations R1 est donc fortement représenté, avec pour intitulé : « *Pelvetia canaliculata* et balanes sur roches modérément exposée de la frange littorale »

Cas pour l'estran médian (Stations R2)

En application des typologies, les 3 stations de R2 peuvent être décrites ainsi :

A1.213 : Mosaïque de *Fucus vesiculosus* et de balanes sur roche du médiolittoral moyen modérément exposée
 Roche en place et blocs exposés à modérément exposés du médiolittoral moyen, souvent caractérisés par une mosaïque de balanes *Semibalanus balanoides* et d'algues brunes *Fucus vesiculosus*. La patelle *Patella vulgata* et la pourpre *Nucella lapillus* sont typiquement présentes, alors que l'actinie commune *Actinia equina* et des petits individus de la moule *Mytilus edulis* sont confinés aux fissures. Sous *F.vesiculosus*, on trouve une biocénose d'algues rouges, dont *Corallina officinalis*, *Mastocarpus stellatus* et *Osmundea pinnatifida*, généralement accompagnées des littorines *Littorina littorea* et *Littorina spp.* Des algues opportunistes telles que *Ulva intestinalis* (anciennement *Enteromorpha intestinalis*) peuvent être présentes sur des portions de roche récemment mises à nu, ou croître sur *M. edulis*.

Situation : Sur les rivages exposés, l'habitat A1.213 est situé en-dessous de l'habitat à lichen noir *Hydropunctaria maura* (anciennement *Verrucaria maura*) et balanes clairsemées (B3.1131) et/ou en-dessous de l'habitat à *Chthamalus spp.* et *P. vulgata* (A1.1121). L'habitat A1.213 est situé au-dessus de l'habitat dominé par l'algue brune *Himanthalia elongata* (A1.123) ou au-dessus des habitats à algues rouges (A1.122 ; A1.2141). Dans le gradient d'exposition aux vagues, A1.213 constitue un habitat intermédiaire entre l'habitat à balanes et *P. vulgata* des rivages exposés (A1.1132) et l'habitat à *F. vesiculosus* des rivages abrités (A1.313). Les parois verticales ont tendance à être dominées par des balanes et *P. vulgata* (A1.112).

Variations temporelles : Sur certains rivages, en particulier ceux qui sont modérément exposés à l'action des vagues, il peut y avoir des fluctuations dans l'abondance des patelles, des balanes et des fucales. Par conséquent, sur une période de quelques années, un même rivage peut passer d'un habitat dominé par des balanes et *P. vulgata* (A1.1132) à un habitat dominé par *F. vesiculosus* (A1.313), en passant par la présente mosaïque (A1.213).

Dénomination de la biocénose	Code EUNIS	Stations R1
Roche et autres substrats durs intertidaux	A1	Fort
Roche intertidale sous hydrodynamisme modéré	A1.2	
Balanes et fucales sur rivage modérément exposé	A1.21	
Mosaïque de <i>Fucus vesiculosus</i> et de balanes sur roche du médiolittoral moyen modérément exposée	A1.213	
Dénomination de la biocénose	Typo MNHN	
Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1	Fort
Roches ou blocs médiolittoraux à dominance algale	A1-2	
Fucales des roches ou blocs médiolittoral moyen	A1-2.2	
Fucales des roches ou blocs médiolittoral moyen à couverture discontinue	A1-2.2.2	
Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de <i>Fucus vesiculosus</i> et de cirripèdes	A1-2.1.2.1	
Dénomination de la biocénose	Code N2000 (EUR27)	
Roche médiolittorale en mode abrité (façade atlantique)	1170-2	Fort

Tableau 2 : Expression des faciès des différentes typologies pour les 3 stations de R2

Le faciès pour les stations R2 est donc fortement représenté, avec pour intitulé : « Mosaïque de *Fucus vesiculosus* et de balanes sur roche du médiolittoral moyen modérément exposée littorale »

Cas pour l'estran inférieur ou bas estran (Stations R3)

En application des typologies, les 3 stations de R3 peuvent être décrites ainsi :

A1.125 : *Mastocarpus stellatus* et *Chondrus crispus* sur roche modérément à très exposée du médiolittoral inférieur

Roche en place verticale à presque horizontale, exposée à modérément exposée, du médiolittoral inférieur, caractérisée par un tapis dense de *Mastocarpus stellatus* et de *Chondrus crispus* (ensemble ou séparés). Sous ces algues foliacées, la surface de la roche est couverte de corallinales encroûtantes, de balanes *Semibalanus balanoides*, de patelles *Patella vulgata* et de polychètes spirorbidés. On trouve d'autres algues, dont les algues rouges *Lomentaria articulata* et *Osmundea pinnatifida*, *Palmaria palmata* et *Corallina officinalis*, ainsi que des croûtes de corallinales. L'algue brune *Fucus serratus* et les algues vertes *Ulva intestinalis* (anciennement *Enteromorpha intestinalis*) et *Ulva lactuca* peuvent également être présentes mais moins abondantes. Même si *M. stellatus* et *C. crispus* sont très répandues dans le médiolittoral inférieur et la frange infralittorale, elles ne forment que rarement une ceinture distincte ou des taches suffisamment grandes pour justifier une distinction par rapport à A1.2141. Par conséquent, lorsque seulement de petites taches de ces espèces sont présentes dans une zone plus grande de tapis mixte d'algues rouges, il faut leur attribuer un habitat plus général de tapis mixte d'algues rouges (A1.122 ; A1.123). *M. stellatus* peut être très abondante dans un certain nombre d'habitats (A1.122 ; A1.123 ; A1.2141, etc.) du rivage. Au moins une autre espèce est co-dominante, et il faut attribuer la classe d'habitat appropriée. Il faut considérer avec soin la liste des espèces caractéristiques en raison du petit nombre d'observations. Il faudrait davantage de données pour valider cette description.

Situation : Cet habitat peut former une ceinture au-dessus de la zone principale de laminaires, au-dessus de *Alaria esculenta* (A3.111) ou de la moule *Mytilus edulis* (A1.111), ou dans une mosaïque de *F. serratus* et d'algues rouges (A1.2141).

Variations temporelles : *M. stellatus* résiste mieux que *C. crispus* à l'action des vagues et peut donc dominer les rivages plus exposés ; elle peut dominer les parois verticales des sites très exposés (par exemple Mingulay, dans

les Hébrides extérieures). Sur les rivages plus abrités, notamment dans le Sud-Ouest des Îles Britanniques, *M.stellatus* peut céder le pas à *C. crispus*, dont la croissance est plus rapide.

Dénomination de la biocénose	Code EUNIS	Stations R1
Roche et autres substrats durs intertidaux	A1	Fort
Roche intertidale sous hydrodynamisme modéré	A1.2	
Balanes et fucales sur rivage modérément exposé	A1.21	
<i>Mastocarpus stellatus</i> et <i>Chondrus crispus</i> sur roche modérément à très exposée du médiolittoral inférieur	A1.125	
Dénomination de la biocénose	Typo MNHN	
Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral	A1	Fort
Roches ou blocs médiolittoraux à dominance algale	A1-2	
Fucales des roches ou blocs du médiolittoral inférieur	A1-2.3	
Fucales des roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture discontinue	A1-2.3.2	
Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture discontinue de <i>F. serratus</i> et d'algues rouges	A1-2.3.2.4	
Dénomination de la biocénose	Code N2000 (EUR27)	
Roche médiolittorale en mode abrité (façade atlantique)	1170-2	Fort

Tableau 3 : Expression des faciès des différentes typologies pour les 3 stations de R3

Les inventaires sur les stations R3 correspondent bien au faciès « A1.125 : *Mastocarpus stellatus* et *Chondrus crispus* sur roche modérément à très exposée du médiolittoral inférieur » avec une absence de *Chondrus crispus*. Le rattachement à la typologie du MNHN suit plutôt une classe liée à la présence de *Fucus serratus*, peu rencontré dans nos relevés.

3.4. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS DES INVENTAIRES DE 2010

Le bureau d'études IN VIVO avait investigué les ceintures de la zone médiolittoral en utilisant un protocole plutôt qualitatif de reconnaissance des ceintures et d'attribution d'une classe d'expression par dire d'expert. La zone avait été prospectée le 6 décembre 2010, à basse mer d'une marée de coefficient 90. Les résultats ont été présentés dans le tableau suivant :

Position	Ceintures	Code EUNIS	Expression
Haut estran	<i>Pelvetia canaliculata</i> et balanes sur roche modérément exposée	A1.211	Moyenne
Estran moyen	<i>Ascophyllum nodosum</i> sur roche très abritée du médiolittoral moyen	A1.314	Fort
Bas estran	<i>Fucus serratus</i> sur roche du médiolittoral inférieur modérément exposée	A1.214	Faible
Bas estran	<i>Mastocarpus stellatus</i> et <i>Chondrus crispus</i> sur roche modérément à très exposée du médiolittoral inférieur	A1.125	Fort

Tableau 4 : Résultats des expressions des faciès des inventaires de 2010 (source IN VIVO)

Au regard de la liste des espèces décrites dans le rapport, il est fort possible que la ceinture de l'estran moyen ait été mal classifiée, car correspondant à un faciès des roches très abritées. La liste d'espèces du descriptif du relevé l'a fait correspondre plus à celle que nous avons identifiée à savoir : « **A1.213 : Mosaïque de *Fucus vesiculosus* et de balanes sur roche du médiolittoral moyen modérément exposée** »

La comparaison des deux relevés est sensiblement équivalente. Les ceintures observées en 2010 sont similaires aux observations de 2019.

4. CONCLUSION

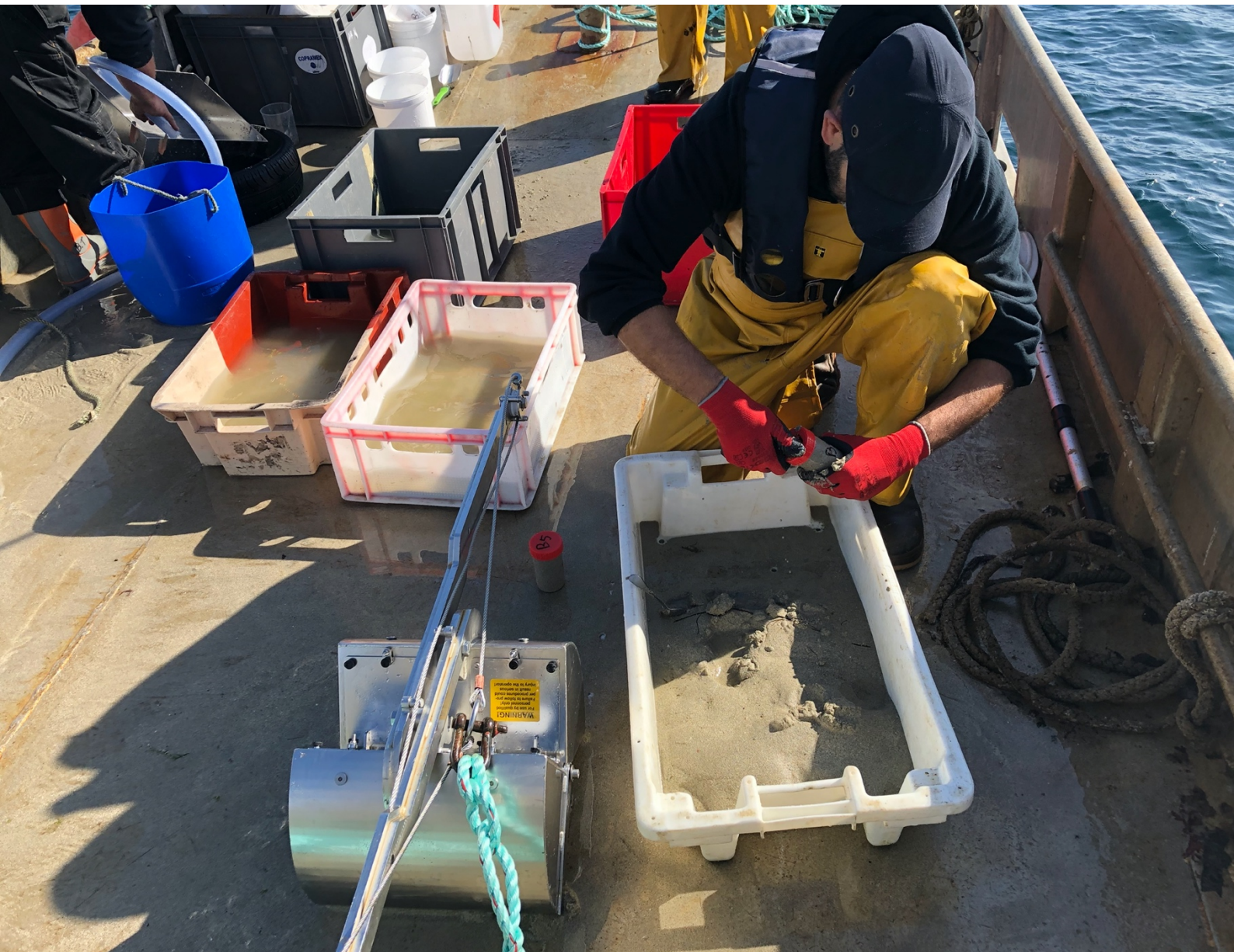
L'état du milieu médiolittoral est de très bonne qualité avec des faciès de ceintures algales fortement exprimés.

9 ANNEXE 9 : RAPPORT D'INTERVENTION DES PRELEVEMENTS AU NIVEAU DES FONDS MEUBLES DE L'ANSE DE PORZ AR LAN

Gaïa, 2019b. Rapport d'intervention des prélèvements au niveau des fonds meubles de l'Anse de Porz ar Lan.



Rapport d'intervention des prélèvements des substrats meubles de l'estran et petits fonds de l'Anse de Porz ar Lan – Projet PHARES



Version	Date	Remarques
Version 1.0	29/01/20	Livraison à Ecorivage, Sabella

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de **Gaïa – Terre bleue** ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : Gaïa – Terre bleue (sauf mention particulière)

Auteur Didier Grosdemange, Océanologue

Gaïa - Terre bleue
Bureau n°6 – Criée Ouest
29900 Concarneau - France
06 08 21 05 67
dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr
www.gaia-terrebleue.fr

Sommaire

1. OBJECTIF DE LA PRESENTE NOTE	4
2. MISSION DU 25 JUIN – PRELEVEMENT DU BENTHOS DES FONDS SUBTIDAUx MEUBLES	4
2.1. Références du Protocole	4
2.2. Localisation des stations	4
2.3. Moyens Matériel	5
2.4. Date de campagne et Marée	7
2.5. Méthode de Prélèvement	7
3. MISSION DU 18 JUIN 2019 – PRELEVEMENT DU BENTHOS DES FONDS INTERTIDAUx MEUBLES	8
3.1. Références du Protocole	8
3.2. Localisation des stations	8
3.3. Effort et moyen d'échantillonnage	9
3.4. Dates de campagne et Marées	10
4. RESULTATS	10

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation des stations de mesures et prélèvements (source IN VIVO,2011).....	4
Figure 2 : Localisation de Porz d'ar Lan dans le Fromveur et du projet PHARES (source Sabella)	5
Figure 3 : Coordonnées des stations (source IN VIVO, 2001)	5
Figure 4 : Benne Van Veen de KC-Denmark	6
Figure 5 : Navire Ar Morvan 2 (source Algues et mer).....	6
Figure 6 : Annuaire des marées à la date du 25 juin 2019 (source Marée.info).....	7
Figure 7 : Prélèvement à la benne sur une station	8
Figure 8 : Cordonnées des stations (source IN VIVO, 2011)	8
Figure 9 : Localisation des stations sur le site de Porz Darland (source IN VIVO, 2011)	9
Figure 10 : Démoulage de la carotte dans le tamis.....	10

1. OBJECTIF DE LA PRESENTE NOTE

Cette présente note a pour objectif de présenter la mission du 25 juin 2019 (subtidal fonds meubles) et du 18 juin 2019 (estran meuble).

2. MISSION DU 25 JUIN – PRELEVEMENT DU BENTHOS DES FONDS SUBTIDAUx MEUBLES

2.1. REFERENCES DU PROTOCOLE

Les protocoles de suivi seront conformes aux méthodes standardisées préconisées dans le DCE et la DCSMM (notamment le REBENT). Les opérations de prélèvements s'appuieront également sur la norme ISO 16665 :2014. Les références suivantes sont utilisées :

- ▶ Échantillonnage quantitatif des biocénoses subtidales des fonds meubles – Rebent – Jacques Grall et Christian Hily, 2003.
- ▶ Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. – Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique – Rapport AQUAREF 2014 – 13 p. + Annexes

2.2. LOCALISATION DES STATIONS

4 stations des 5 qui avaient été échantillonnées en 2011 par In Vivo, ont été prélevées, selon les coordonnées dans le tableau suivant. La station 1 a été écartée, car trop proche du 0 hydrographique et donc pouvant être potentiellement classée comme une station de l'intertidale, plutôt que du subtidale (sous le zéro).



Figure 1 : Localisation des stations de mesures et prélèvements (source IN VIVO,2011)

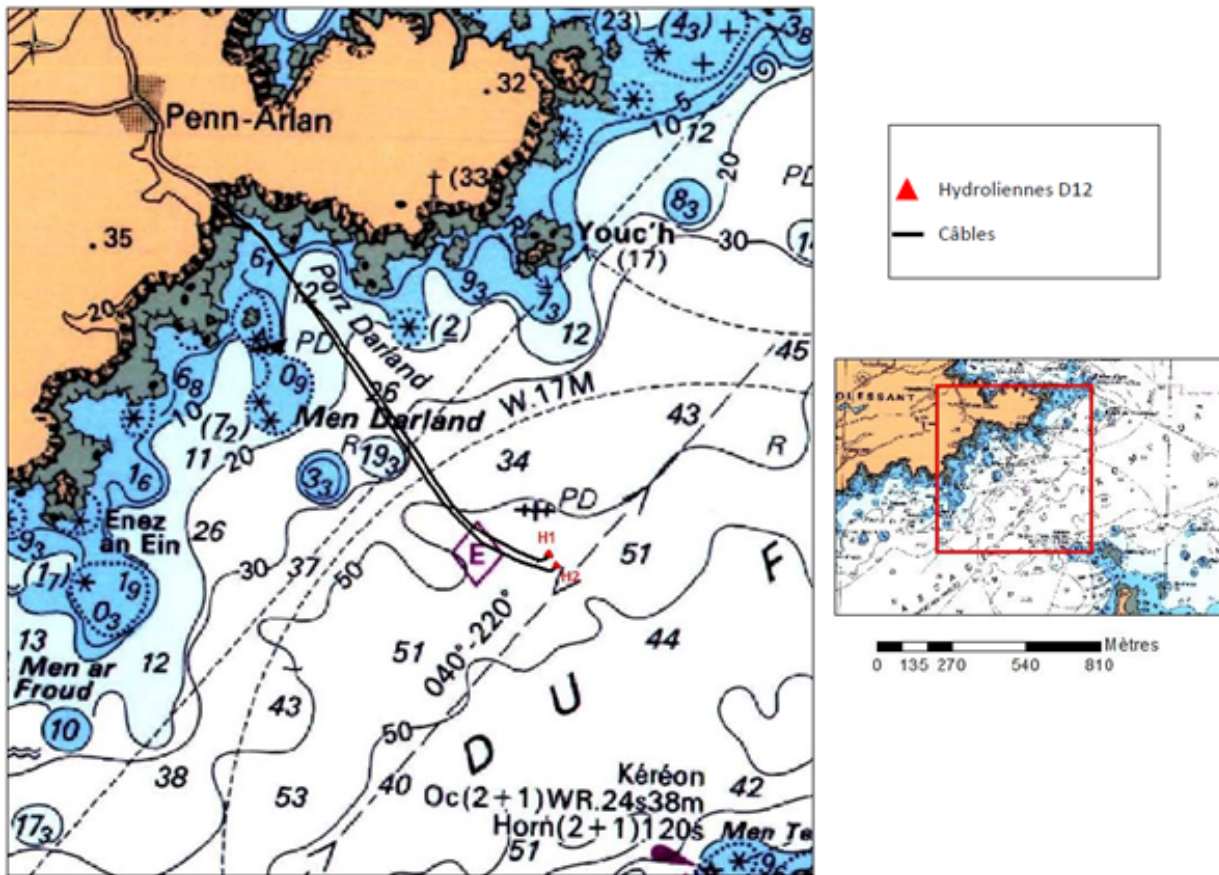


Figure 2 : Localisation de Porz d'ar Lan dans le Fromveur et du projet PHARES (source Sabella)

Station	Coordonnées (WGS 84)	
	Latitude N	Longitude W
S2	48°27'26.460" N	5°2'55.820" O
S3	48°27'25.336" N	5°2'49.289" O
S4	48°27'22.298" N	5°2'52.547" O
S5	48°27'22.482" N	5°2'44.210" O
S6	48°27'19.273" N	5°2'47.515" O

Figure 3 : Coordonnées des stations (source IN VIVO, 2001)

2.3. MOYENS MATERIELS

Pour les prélèvements de sédiments

Il a été utilisé le matériel suivant pour la campagne du 19 octobre :

- ▶ 1 benne Van Veen de 1/10 de m²
- ▶ 1 tamis à maille de 1mm



Figure 4 : Benne Van Veen de KC-Denmark

Navires utilisés

Il a été utilisé pour la campagne le navire professionnel de charge aquacole, Ar Morvan 2, appartenant à la société Algues et mer, et basé en baie de Lampaul à Ouessant. Le navire dispose d'un mât de charge et d'un treuil parfaitement adapté pour l'utilisation de prélèvement par bennage.



Figure 5 : Navire Ar Morvan 2 (source Algues et mer)

2.4. DATE DE CAMPAGNE ET MAREE

La campagne à la mer a été opérée le mardi 25 juin (de 8h à 16h).

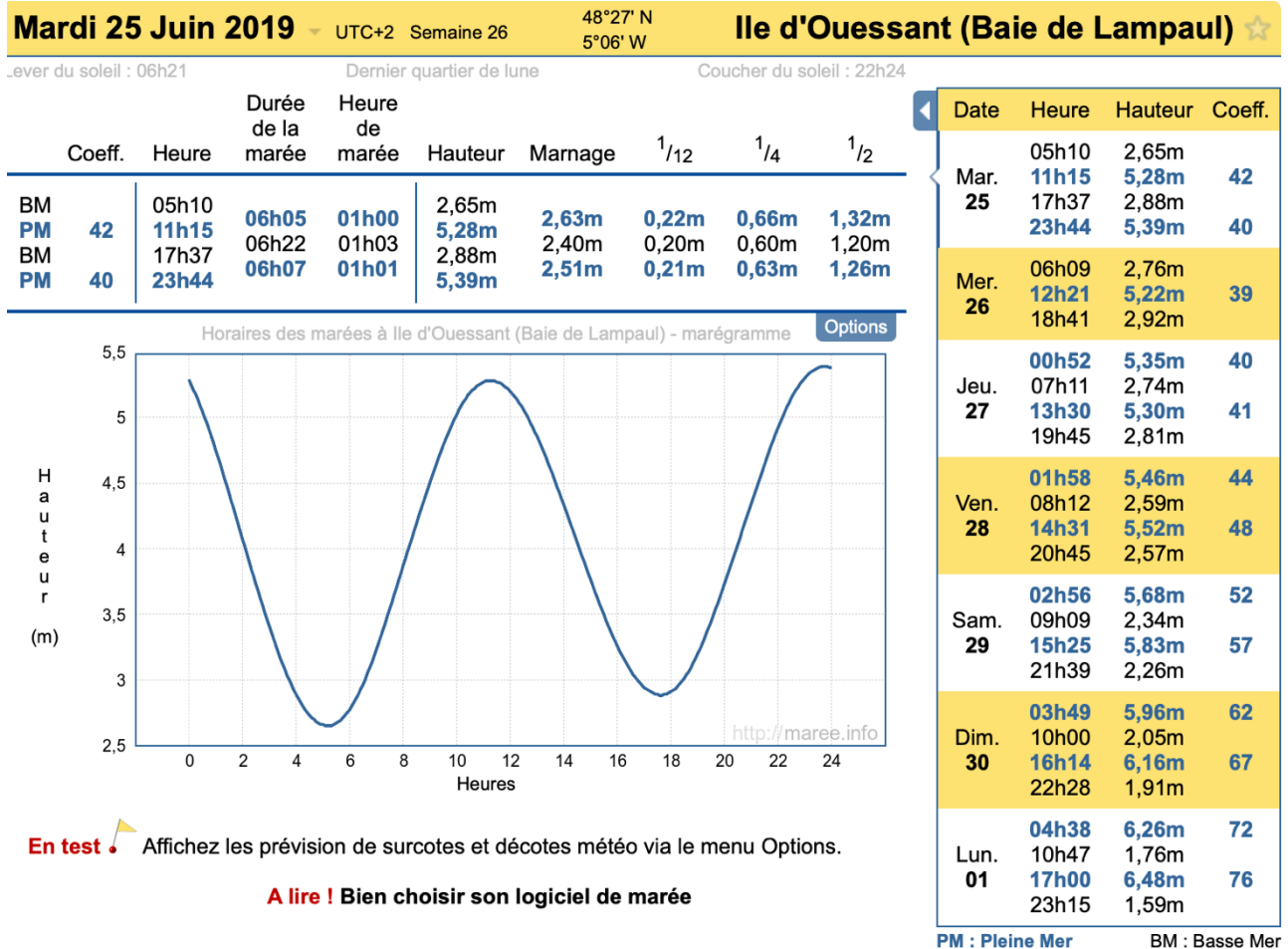




Figure 7 : Prélèvement à la benne sur une station

3. MISSION DU 18 JUIN 2019 – PRELEVEMENT DU BENTHOS DES FONDS INTERTIDEAUX MEUBLES

3.1. REFERENCES DU PROTOCOLE

- ▶ Protocole de suivi stationnel des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux dans le cadre de la DCE - façades manche et atlantique. Rapport AQUAREF. Aurélie Garcia, Nicolas Desroy, Patrick Le Mao, Laurence Miossec, 2014
- ▶ Suivi stationnel des biocénoses des sables fins et hétérogènes envasés intertidaux – Rebent – Jacques Grall et Christian Hily, 2004.

3.2. LOCALISATION DES STATIONS

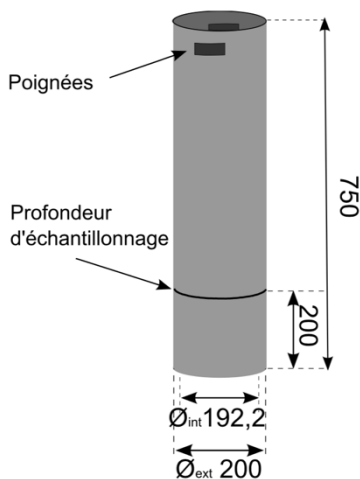
Station	Position	Coordonnées (WGS 84)	
		Latitude N	Longitude W
M1	Haut de Plage	48°27.538'	005°03.033'
M2	Milieu de Plage	48°27.514'	005°03.003'
M3	Bas de Plage	48°27.502'	005°02.994'

Figure 8 : Cordonnées des stations (source IN VIVO, 2011)



Figure 9 : Localisation des stations sur le site de Porz Darland (source IN VIVO, 2011)

3.3. EFFORT ET MOYEN D'ÉCHANTILLONNAGE



Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un carottier à main en PVC de diamètre interne 192,2 mm (diamètre extérieur : 200 mm ; épaisseur : 3,9 mm) ce qui équivaut à une surface unitaire égale à 0,029 m² (Cf. figure ci-contre). Le carottier a été enfoncé jusqu'à 20 cm de profondeur.

Pour chaque station, il a été prélevé 9 carottes. Cela équivaut à prélever une surface de 0,26 m². Chaque carotte est tamisée sur un tamis de maille carrée de 1 mm. Le refus est mis en pot et alcoolisé à 70°.

Une dixième carotte est réalisée pour permettre une analyse granulométrique et de matière organique (perte au feu).

Substrat	Stations	Carottes / station	Total carottes
Meuble Intertidal	3	9	27

3.4. DATES DE CAMPAGNE ET MAREES

Mardi 18 Juin 2019 UTC+2 Semaine 25 48°27' N 5°06' W **Ile d'Ouessant (Baie de Lampaul)** ☆

Lever du soleil : 06h19 Lune gibbeuse décroissante Coucher du soleil : 22h22

	Coeff.	Heure	Durée de la marée	Heure de marée	Hauteur	Marnage	1/12	1/4	1/2
BM		00h23		01h01	1,42m				
PM	82	06h33	06h10	01h01	6,53m	5,11m	0,43m	1,28m	2,56m
BM		12h41	06h08	01h01	1,57m	4,96m	0,41m	1,24m	2,48m
PM	81	18h50	06h09	01h01	6,71m	5,14m	0,43m	1,29m	2,57m

Horaires des marées à Ile d'Ouessant (Baie de Lampaul) - marégramme Options

Date	Heure	Hauteur	Coeff.
Mar. 18	00h23	1,42m	
	06h33	6,53m	82
	12h41	1,57m	
Mar. 18	18h50	6,71m	81
	01h02	1,47m	
	07h11	6,45m	80
Mer. 19	13h20	1,68m	
	19h27	6,63m	78
	01h41	1,59m	
Jeu. 20	07h48	6,30m	76
	13h57	1,83m	
	20h04	6,47m	73
Ven. 21	02h19	1,76m	
	08h24	6,12m	70
	14h34	2,04m	
Ven. 21	20h40	6,27m	66
	02h57	1,98m	
	09h00	5,90m	62
Sam. 22	15h12	2,27m	
	21h17	6,03m	59
	03h37	2,22m	
Dim. 23	09h38	5,67m	55
	15h54	2,52m	
	21h58	5,78m	51
Lun. 24	04h20	2,46m	
	10h22	5,45m	47
	16h41	2,73m	
Lun. 24	22h46	5,55m	44

PM : Pleine Mer BM : Basse Mer

La campagne a été réalisées autour de la BM (de BM – 3 à BM +3), le mardi 18 juin.



Figure 10 : Démoulage de la carotte dans le tamis

4. RESULTATS

Les résultats sont présentés dans le rapport d'EUROFINS.

10 ANNEXE 10 : LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES

Eurofins, 2019. Étude des communautés benthiques des sédiments meubles au large de Porz ar lan – Ouessant –
Projet PHARES. 40 p.

Étude des communautés benthiques des sédiments meubles au large de Porz Darland – Ouessant – Projet PHARE

Rapport-Décembre 2019

Rapport

 eurofins | Hydrobiologie



EUROFINS Hydrobiologie France
25 rue de la petite Duranne
13100 Aix en Provence
+33 4 42 93 26 65 – RachelHermandSalen@eurofins.com

Aix-en-Provence	<i>Rédacteur</i>	<i>Relecteur</i>
 eurofins	HERMEL Brice Ecologue marin	HERMAND-SALEN Rachel Chef de service

Version 1 du 10/12/2019

Sommaire

1	INTRODUCTION	7
2	METHODOLOGIE	7
2.1	ÉCHANTILLONNAGE	7
2.1.1	ZONE SUBTIDALE	7
2.1.2	ZONE INTERTIDALE	8
2.2	TRAITEMENTS DES ECHANTILLONS DE BENTHOS	8
2.3	PARAMETRES MESURES ET INTERPRETATION DES DONNEES	9
2.3.1	PHYSICO-CHIMIE DES SEDIMENTS	9
2.3.2	PEUPEMENTS BENTHIQUES	9
3	RESULTATS ET INTERPRETATION	14
3.1	ZONE SUBTIDALE	14
3.1.1	SEDIMENTS	14
3.1.2	PEUPEMENTS BENTHIQUES	16
3.2	ZONE INTERTIDALE	24
3.2.1	SEDIMENTS	24
3.2.2	PEUPEMENTS BENTHIQUES	27
4	COMPARAISONS AVEC L'ETAT INITIAL DE 2011	32
4.1	ZONE SUBTIDALE	32
4.1.1	SEDIMENTS	32
4.1.2	PEUPEMENTS BENTHIQUES	32
4.2	ZONE INTERTIDALE	34
4.2.1	SEDIMENTS	34
4.2.2	PEUPEMENTS BENTHIQUES	35
5	CONCLUSIONS	36
6	BIBLIOGRAPHIE	37
7	ANNEXES	38

Figures

Figure 1 Benne Van-Veen utilisée lors de l'échantillonnage de la partie subtidale. _____	8
Figure 2 : Granulométrie des sédiments en zone subtidale lors de la campagne 2019. Échantillon total. _____	14
Figure 3 : Répartition granulométrique des sédiments de fraction <2 mm échantillonnés en zone subtidale. Campagne 2019. _____	15
Figure 4 : Courbes granulométriques des sédiments des stations de la zone subtidale. Campagne 2019. _____	15
Figure 5: Teneur en Carbone Organique Total (mg/kg MS) pour chaque station lors du suivi de 2019. _____	16
Figure 6 Densité (moyenne ± écart-type) (taxa/ech) pour chacune des stations. Campagne 2019. _____	17
Figure 7 Richesse taxonomique (moyenne ± écart-type) (taxa/ech) pour chacune des stations Campagne 2019. _____	18
Figure 8 : Diversité taxonomique selon l'indice de Shannon (moyenne± écart-type) et son équitabilité associée (équitabilité de Piélou) (moyenne ± écart-type) pour chacune des stations Campagne 2019. _____	19
Figure 9 : Répartition des individus au sein des embranchements sur l'ensemble de la zone d'étude en zone subtidale. Campagne 2019. _____	19
Figure 10 : Répartition des individus au sein des embranchements pour chacune des stations. Campagne 2019. _____	20
Figure 11 Analyse de groupement par lien complet réalisée sur les échantillons totaux (=somme des réplicats) pour la zone intertidale. Campagne 2019. _____	21
Figure 12 : Graphique de résultats du calcul de l'indice AMBI selon les références de la DCE pour chacune des stations La valeur affichée est la valeur de l'indice AMBI, sur les réplicats sommés. _____	22
Figure 13 Biomasse exprimée par la matière sèche sans cendres mesurée pour chaque station. Campagne 2019. _____	23
Figure 14 Granulométrie des sédiments lors de la campagne 2019. Echantillon total. _____	24
Figure 15 Répartition granulométrique des sédiments <2 mm échantillonnés en zone intertidale. Campagne 2019. _____	25
Figure 16 Courbes granulométriques des sédiments des stations de la zone intertidale. Campagne 2019. _____	25
Figure 17 Courbes granulométriques des sédiments des stations de la zone intertidale, obtenues après analyse par tamisage. _____	26
Figure 18 Teneur en Carbone Organique Total aux stations de la zone intertidale. Campagne 2019. _____	26
Figure 19 Densité à chacune des stations _____	27
Figure 20 Richesse taxonomique pour chacune des stations _____	28
Figure 21 Diversité taxonomique selon l'Indice de Shannon et son équitabilité associée, pour chacune des stations. _____	29
Figure 22 Répartition des individus au sein des différents embranchements pour l'ensemble de la zone d'étude. _____	29
Figure 23 Répartition des individus au sein des différents embranchements pour chacune des stations. _____	29
Figure 24 Résultats de l'Indice AMBI selon les références de la DCE pour chacune des stations de la zone intertidale. _____	31
Figure 25 Densité en 2011 et en 2019 pour chacune des stations.. _____	33
Figure 26 Richesse taxonomique en 2011 et en 2019 pour chacune des stations. _____	33
Figure 27 Densité en 2011 et en 2019 à chacune des stations. _____	35
Figure 28 Richesse taxonomique en 2011 et en 2019 à chacune des stations pour la zone intertidale. _____	36

Tableaux

Tableau 1 Stations échantillonnées en zone subtidale, avec pour chacune d'elles, les coordonnées géographiques. _____	7
Tableau 2 : Stations échantillonnées sur l'estran, avec pour chacune d'elles, la position et les coordonnées géographiques. _____	8
Tableau 3 Paramètres granulométriques mesurés avec les méthodes associés. LQ= Limite de quantification. _____	9
Tableau 4 : Paramètres analysés et méthodes utilisées pour les analyses de sédiments. LQ = Limite de Quantification (mg/kg masse sèche sauf mention autre). _____	9
Tableau 5 : Classification de l'état d'équilibre du benthos de substrat meuble en fonction de la valeur de l'indice Shannon (Andral, 2007). Le code couleur correspond aux conventions de la DCE. _____	10
Tableau 6 : Composition des groupes d'espèces utilisées dans le calcul de l'indice AMBI (Borja et al, 2000). _____	12
Tableau 7 : Classification de l'état d'équilibre du benthos de substrat meuble en fonction de la valeur de l'indice AMBI, d'après Borja et al. (2000) et Andral (2007). EcoQ : statut écologique. _____	12
Tableau 8: Classification des sédiments selon les recommandations de Dauvin et Vasset (2011) et le diagramme de Folk (cf. classification en annexe). _____	14
Tableau 9: Tableau des espèces dominantes et leur fréquence (%) pour chaque station. Les couleurs sont attribuées à un taxon afin de faciliter la lecture, et n'ont pas d'autre signification. _____	21
Tableau 10 Classification des sédiments selon les recommandations de Dauvin et Vasset (2011) et le diagramme de Folk (cf. classification en annexe). _____	24
Tableau 11 Similarités (%) entre les stations selon la distance de Jaccard _____	30
Tableau 12 Cortège des espèces dominantes et leurs fréquences (%) pour chaque station dans la zone intertidale. _____	30
Tableau 13 Statut écologique selon l'AMBI en 2011 et en 2019 pour chacune des stations.. Les codes couleurs correspondent aux statuts écologiques d'après Borja et al (2000) et Andral (2007). _____	34

1 Introduction

L'étude des communautés benthiques a été réalisée à la demande de la société Gaïa Terre Bleue dans le cadre d'une étude d'impact pour le maintien de l'Hydrolienne Sabella D10 dans le passage du Fromveur, situé entre l'Archipel de Molène et l'Île d'Ouessant, au nord de la mer d'Iroise dans le Finistère. .

Ce travail proposait une analyse de la nature du substrat ainsi que de la teneur en matière organique, ces paramètres faisant partie des facteurs structurant les communautés benthiques. Il a également été proposé une étude des peuplements benthiques, l'objectif étant d'évaluer la qualité écologique de l'habitat à partir de la composition faunistique.

2 Méthodologie

2.1 Échantillonnage

2.1.1 Zone Subtidale

Les prélèvements ont été réalisés le 25/06/2019 avec les moyens nautiques professionnels de l'entreprise Algues et Mer, située sur l'île d'Ouessant. Les stations 2 à 6 ont été échantillonnées (Tableau 1).

Tableau 1 Stations échantillonnées en zone subtidale, avec pour chacune d'elles, les coordonnées géographiques.

Station	Coordonnées (WGS 84)	
	Latitude N	Longitude W
S2	48°27'26.460" N	5°2'55.820" O
S3	48°27'25.336" N	5°2'49.289" O
S4	48°27'22.298" N	5°2'52.547" O
S5	48°27'22.482" N	5°2'44.210" O
S6	48°27'19.273" N	5°2'47.515" O

Pour chacune des stations, 5 répliqués d'un coup de benne Van-Veen chacun (0.1 m²; Figure 1) ont été réalisés. Chaque coup de benne a permis un échantillonnage d'une surface de 0.1 m². Les échantillons ont ensuite été tamisés directement sur le bateau (Tamis maille carrée 1mm). Les refus de tamis ont été immédiatement conditionnés dans des flacons étanches, soigneusement identifiés, et fixés dans l'éthanol (70°) afin de permettre leur conservation.

Un coup de benne supplémentaire a été prélevé pour les analyses physico-chimiques. Les échantillons ont été immédiatement conditionnés dans les flaconnages fournis par le laboratoire, conservés à l'obscurité dans une glacière isotherme à une température inférieure à 8°C, puis transportés auprès du laboratoire d'analyses.



Figure 1 Benne Van-Veen utilisée lors de l'échantillonnage de la partie subtidale.

2.1.2 Zone intertidale

En zone intertidale, 3 stations ont été échantillonnées, sur le site de Porz Darland le 18 juin 2019 (Tableau 2). Pour chaque station, 9 carottes ont été réalisées à l'aide d'un carottier à main en PVC de section de 0.029 m² à raison de 9 carottes par station, soit une surface totale par station de 0.26 m², sur une épaisseur de 20 cm. Chaque carotte a été tamisée sur un tamis de maille carrée de 1 mm. Le refus est mis en pot et fixé à l'éthanol (70 %).

Tableau 2 : Stations échantillonnées sur l'estran, avec pour chacune d'elles, la position et les coordonnées géographiques.

Station	Position	Coordonnées (WGS 84)	
		Latitude N	Longitude W
M1	Haut de Plage	48°27.538'	005°03.033'
M2	Milieu de Plage	48°27.514'	005°03.003'
M3	Bas de Plage	48°27.502'	005°02.994'

Une dixième carotte a été utilisée afin de réaliser une analyse granulométrique et de matière organique. Les échantillons ont été immédiatement conditionnés dans les flacons fournis par le laboratoire, conservés à l'obscurité dans une glacière isotherme à une température inférieure à 8°C, puis transportés auprès du laboratoire d'analyses.

2.2 Traitements des échantillons de benthos

Au laboratoire, les refus de tamis ont été rincés à l'eau douce à l'aide d'un tamis (maille carrée de 800µm) pour éviter les pertes de matériel lors du tamisage fin. Toute la faune présente a ensuite été récupérée sous la loupe binoculaire, c'est l'étape dite de "tri". Ensuite, à l'aide de la loupe binoculaire et du microscope optique, la faune a été déterminée jusqu'au niveau taxonomique le plus bas possible.

Les noms des espèces ainsi que leur autorité ont été vérifiés dans la bibliographie internationale et les bases de données du type ERMS (The European Register of Marine Species). Les identifications se basent sur l'expertise de l'équipe du Dr Hermand-Salen R. et sur la bibliographie taxonomique internationale, que ce soit les descriptions initiales, les révisions ou les faunes régionales (Zootaxa; La Faune de France ; Handbook of Marine Fauna of the British Coasts ; Marine Amphipods of Mediterranean ; ...).

2.3 Paramètres mesurés et interprétation des données

2.3.1 Physico-chimie des sédiments

2.3.1.1 Granulométrie

Pour les deux zones, intertidale et subtidale, la granulométrie a été mesurée par Eurofins Analyses pour l'Environnement, accrédité COFRAC (programme 156) (Tableau 3).

Tableau 3 Paramètres granulométriques mesurés avec les méthodes associés. LQ= Limite de quantification.

Paramètres	Normes/Méthodes	LQ
Granulométrie	Laser à pas variable (0-2000µm) / Méthode interne	-
	Granulométrie par tamisage/Méthode interne (Partie Intertidale)	
Refus pondéral 2 mm (%)	NF ISO 11464	1 % PB

Sur les échantillons subtidaux, une analyse granulométrique sur les particules de taille < 2 mm a été réalisée au granulomètre laser. Par ailleurs, lors de la préparation des échantillons, le laboratoire pèse la fraction > 2 mm et donne une proportion en masse de cette fraction, nommée "refus pondéral à 2mm" qui donne une indication de la quantité de particules grossières mais qui, ne permet pas directement de reconstituer la granulométrie de l'échantillon complet. Par extrapolation, en partant de l'hypothèse que l'intégralité de l'échantillon présente la même masse volumique, une estimation de la granulométrie de l'échantillon total a été réalisée (refus pondéral >2mm (%); % sables (63µm<=2mm) et % particules fines <=63µm).

Les stations ont été comparées en fonction de leur composition granulométrique en argiles (<=4mm), silts ([4µm-63µm]); sables ([0.063µm-2mm]) et graviers] 2mm - 20mm]. Les sédiments ont été identifiés selon les recommandations de Vasset et Dauvin en 2011 qui se base sur les teneurs en particules <=63µ et sur les teneurs en sables et en particules de plus de 2mm.

Les échantillons de la zone intertidale, une granulométrie laser et granulométrie par tamisage (Tamis passant de 4 mm à 63 µm) ont été réalisées.

2.3.1.2 Matière organique

La teneur de Carbone Organique Total (COT) a été mesuré dans le sédiment, à chaque station, en zone intertidale et subtidale (Tableau 4).

Tableau 4 : Paramètres analysés et méthodes utilisées pour les analyses de sédiments. LQ = Limite de Quantification (mg/kg masse sèche sauf mention autre).

Paramètres	Normes/Méthodes	LQ
Matière sèche	NF EN 12 880	0.1
Carbone Organique Total (COT)	Combustion sèche – NF EN 13 137	1000

2.3.2 Peuplements benthiques

D'un point de vue sémantique, un échantillon désigne un réplikat et une station est un ensemble de trois réplikats ou échantillons.

2.3.2.1 Descripteurs généraux

Les peuplements ont, dans un premier temps, été décrits à l'aide de paramètres généraux qui permettent de considérer le peuplement dans sa globalité. Ces paramètres sont la densité totale (ind/m²), le nombre de taxa ou richesse taxonomique (S) (taxa/éch.) et les indices de diversité. La densité totale (ind/m²) de chaque station est calculée de la façon suivante : pour chacun des trois réplikats d'une station donnée la densité est ramenée

par proportionnalité à une surface de 1m². Pour obtenir la densité totale de la station (ind/m²), les trois valeurs obtenues sont moyennées.

L'indice de diversité le plus couramment utilisé en écologie benthique et le plus à même de mettre en évidence les perturbations importantes dans un peuplement est l'indice de Shannon (H') (Andral, 2007; Shannon & Weaver, 1949). Sa valeur dépend directement de la proportion représentée par chaque taxa au sein du peuplement:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \cdot \log_2 \frac{N_i}{N}$$

Avec :
N = effectif du prélèvement
Ni = effectif du taxon i dans le prélèvement
S = nombre d'espèces dans le prélèvement

Dans un peuplement équilibré les individus sont plus ou moins équitablement répartis entre les différents taxa. L'indice de Shannon peut alors atteindre sa valeur maximale qui est égale à log₂S. Au contraire, dans un peuplement perturbé ou dans un environnement avec des conditions naturellement difficiles un seul taxon, ou un très petit nombre de taxa, tend à proliférer et à dominer le peuplement. La valeur de l'indice diminue alors et peut atteindre 0 si un seul taxon domine. Conventionnellement, les peuplements sont considérés comme en "bon état écologique" lorsque la valeur de l'indice de Shannon dépasse 3 (Tableau 5).

Tableau 5 : Classification de l'état d'équilibre du benthos de substrat meuble en fonction de la valeur de l'indice Shannon (Andral, 2007). Le code couleur correspond aux conventions de la DCE.

Valeur de l'indice Shannon (H')	H' < 1	1 < H' ≤ 2	2 < H' ≤ 3	3 < H' ≤ 4	H' > 4
Statut écologique (EcoQ)	Mauvais	Pauvre	Moyen	Bon	Très bon

Afin de comparer les prélèvements ou les peuplements entre eux, H' a été complété par le calcul de l'équitabilité (J') (Pielou, 1966) qui est le rapport de H' sur sa valeur maximale pour un prélèvement contenant S taxa :

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Avec :
H' = Indice de Shannon
H'max = log₂S = valeur maximale de H' en cas d'équirépartition des individus

2.3.2.2 Composition du peuplement

Les communautés ont été décrites en fonction de leur composition taxonomique depuis le niveau embranchement jusqu'au niveau spécifique. Afin de s'affranchir des importantes différences de taille des peuplements entre les stations (densité totale), la fréquence relative des taxa a été préférée à leur abondance (nombre d'individus). La fréquence relative (Fi) d'un taxa donné a été définie comme le rapport de la densité de ce taxa sur la densité totale du réplikat. Elle a été exprimée en % :

$$F_i = \frac{D_i}{D_t} \times 100$$

Avec :
Di = Densité du taxa i dans un prélèvement donné
Dt = densité totale du prélèvement donnée

L'écologie des taxa dominants et/ou remarquables (d'intérêt commercial ou patrimonial ou espèces indicatrices) a été utilisée pour discuter de l'état des peuplements et pour vérifier la typologie des communautés en place.

2.3.2.2.1 Similarités

La similarité des stations prises 2 à 2 a été évaluée à partir du calcul des distances euclidiennes entre les observations. Le terme distance est utilisé pour mesurer la différence entre 2 stations. Dans le cas présent, la distance utilisée est l'indice de similarité de Jaccard, qui se base sur les différences de compositions entre les communautés totales (somme des réplicats) (Frontier & Pichod-Viale 1993). Cet indice se base sur la composition des communautés en termes de présence/absence et permet une approche qualitative. L'indice varie de 0 (aucune espèce commune) à 1 (composition spécifique identique).

$$\text{Similarité de Jaccard} = 1 - \frac{a}{a + b + c} = 1 - \frac{a}{N_i + N_j - a}$$

Avec : i et j, deux prélèvements distincts

N = nombre de taxa

a = nombre de taxa communs à i et j

b et c = nombre de taxa présents seulement dans i (b) ou seulement dans j (c)

À partir de la distance de Jaccard, une analyse de groupement à lien complet a été réalisée dans le but de construire un dendrogramme permettant de visualiser la similarité entre les stations.

Des courbes de k-dominance, développées par Lamshead et al (1983), ont été utilisées afin de représenter le pourcentage d'abondance cumulatif par rapport au rang k de l'espèce sur une échelle logarithmique. Les similarités sont ensuite analysées par comparaison de la variabilité des courbes de k-dominance des différentes stations.

2.3.2.3 Typologie des habitats présents

La typologie utilisée est la classification EUNIS (European Nature Information System) qui est la référence européenne de la classification des habitats pour le domaine marin.

La classification comporte 8 habitats génériques se déclinant en 43 habitats élémentaires pour les côtes françaises. Le site internet EUNIS a été utilisé afin de trouver les biocénoses correspondantes (www.eunis.eea.europa.eu, 2018).

2.3.2.4 Le statut écologique : L'indice biotique AMBI

L'indice AMBI (Borja *et al.* 2000), est basé sur la composition spécifique du peuplement et la sensibilité des espèces aux perturbations. Les espèces sont classées en 5 groupes en fonction de leur sensibilité aux stress et aux pollutions (Tableau 6). L'indice est alors calculé à partir des proportions pondérées de chacun des groupes. Sa valeur varie entre 0 et 7 et croît avec l'état de dégradation du milieu (Tableau 7). L'assignation des espèces à un de ces groupes dépend des connaissances dont on dispose *a priori* sur les espèces. Dans cette étude, nous avons utilisé la liste des espèces mise à jour en juin 2017 et qui assigne à un groupe le maximum des espèces en fonction des connaissances actuelles sur leur écologie (AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX (AZTI-Tecnalia, www.azti.es).

Tableau 6 : Composition des groupes d'espèces utilisées dans le calcul de l'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000).

Groupes	Description
I	Espèces très sensibles aux enrichissements organiques, elles sont présentes dans des conditions non polluées. Il s'agit des carnivores spécialisés et de quelques annélides polychètes tubicoles. Le milieu est dans un état non perturbé.
II	Espèces indifférentes aux enrichissements en matière organique. Présentes à de faibles densités, elles ne montrent pas de variations saisonnières remarquables. Il s'agit des espèces suspensivores, des carnivores peu sélectives. Le milieu est entre l'état non perturbé et l'état déséquilibré.
III	Espèces tolérantes aux enrichissements en matière organique. Ces espèces peuvent être présentes dans des conditions "normales" mais elles prolifèrent lors d'enrichissement en matière organique, lorsque le déséquilibre est léger.
IV	Espèces opportunistes de second ordre. Ce sont essentiellement des annélides polychètes de petite taille et dépositives de sub-surface. Elles indiquent un état peu déséquilibré à fortement déséquilibré.
V	Espèces opportunistes de premier ordre. Elles apparaissent et prolifèrent dans les milieux très pollués et anoxiques lorsque le déséquilibre est très prononcé. Ce sont des espèces dépositives.

Tableau 7 : Classification de l'état d'équilibre du benthos de substrat meuble en fonction de la valeur de l'indice AMBI, d'après Borja *et al.* (2000) et Andral (2007). EcoQ : statut écologique.

Valeur de l'indice AMBI après intercalibration	EcoQ
0.0 ≤ indice < 1.2	Très bon
1.2 ≤ indice < 3.3	Bon
3.3 ≤ indice < 4.3	Moyen
4.3 ≤ indice < 5.5	Pauvre
5.5 ≤ indice < 7	Mauvais
Azoïque	

2.3.2.5 Analyses statistiques

Les descripteurs univariés de la macrofaune benthique ont été calculés puis comparés statistiquement dans le but de mettre en évidence d'éventuelles différences significatives entre les différentes stations. Pour un nombre $n < 30$ échantillons, un test non paramétrique était le plus adapté. Le test de Kruskal-Wallis, d'après William Kruskal et Wilson Wallis, (1952) a été sélectionné.

Aucune analyse statistique n'a été appliquée pour les comparaisons interannuelles en raison de l'absence de données exploitables disponibles sur les anciens suivis.

2.3.2.6 Evaluation des biomasses

Les biomasses ont été déterminées à partir de l'évaluation des masses sèches sans cendres par double pesée avant et après passage 24h à l'étuve 105 ° puis 5h à 550 °.

3 Résultats et interprétation

3.1 Zone Subtidale

3.1.1 Sédiments

3.1.1.1 Granulométrie laser

3.1.1.1.1 Sédiment total

Pour l'ensemble de la zone d'étude en zone subtidale, le substrat se composait en très grande majorité de sables [63-2000 µm], avec des proportions allant de 87.89 % (Station S4) à 97.49 % (Station S6 ; Figure 2).

À S4, où la proportion de sables était moindre, la différence était liée à plus grande proportion de particules de taille > 2 mm (8.48 % contre <1% dans les autres stations).

Les teneurs en vases <63 µm étaient très faibles, et ne dépassaient pas 5 % sur l'ensemble de la zone d'étude

D'après la typologie utilisée, les sédiments étaient "sableux" hormis à S4 où il était sablo-graveleux (Tableau 8).

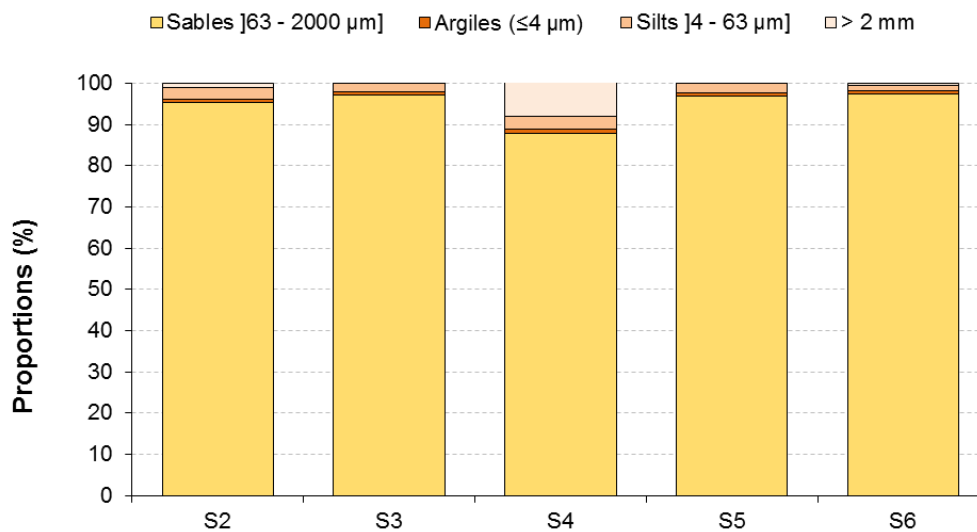


Figure 2 : Granulométrie des sédiments en zone subtidale lors de la campagne 2019. Échantillon total.

Tableau 8: Classification des sédiments selon les recommandations de Dauvin et Vasset (2011) et le diagramme de Folk (cf. classification en annexe).

Station	Fraction supérieure à 2 mm (%)	Rapport sables / ≤ 63 µm	Type de sédiment
B2	1.06	26.55	Sableux
B3	0.50	35.68	Sableux
B4	8.48	21.83	Sablo - graveleux
B5	0.50	33.05	Sableux
B6	0.50	48.50	Sableux

3.1.1.1.2 Fraction inférieure à 2 mm

Dans les 5 stations, les sédiments étaient composés majoritairement de sables, avec des proportions >95% quelle que soit la station (Figure 3).

La fraction <63 µm représentait moins de 5 % du substrat, pour toutes les stations.

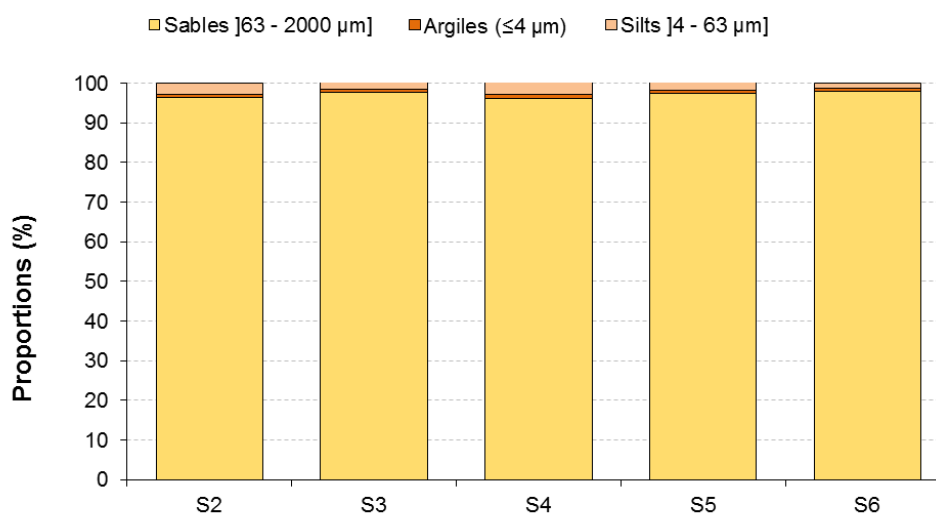


Figure 3 : Répartition granulométrique des sédiments de fraction <2 mm échantillonnés en zone subtidale. Campagne 2019.

Les stations présentaient des courbes uni modales relativement similaires, avec un mode compris entre 400 et 500 µm pour les stations S2, S3 et S5, et autour de 800 µm pour les stations S4 et S6. (Figure 4).

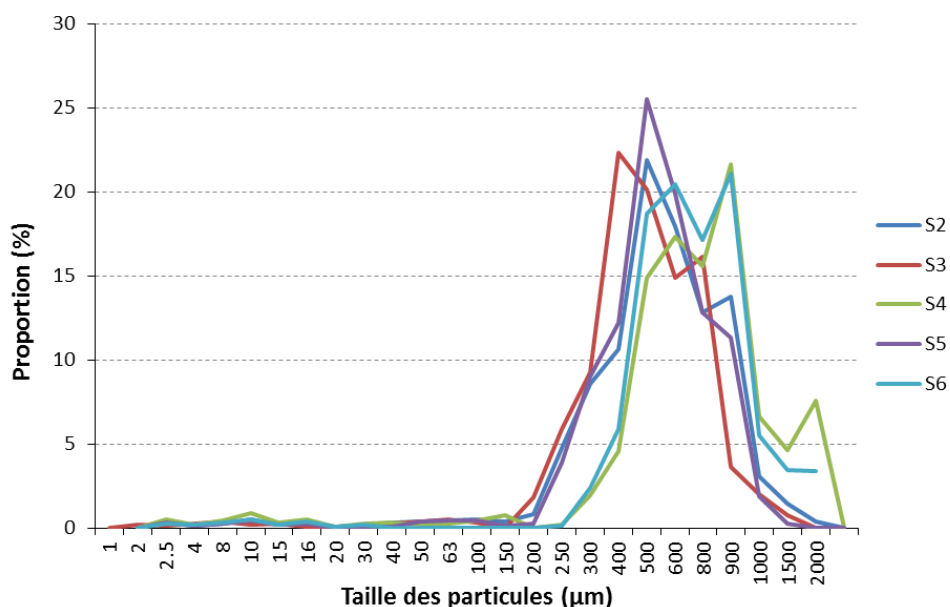


Figure 4 : Courbes granulométriques des sédiments des stations de la zone subtidale. Campagne 2019.

3.1.1.2 Carbone Organique Total

La teneur en COT moyenne sur l'ensemble de la zone était de 1490±434.62 mg/kg MS. La teneur maximale en COT a été relevée à la station S4, avec une valeur environ 2 X plus élevée qu'à S2, S3 et S5 (Figure 5). La station B6 présentait une teneur COT intermédiaire entre S4 et le groupe S2, S3 et S5.

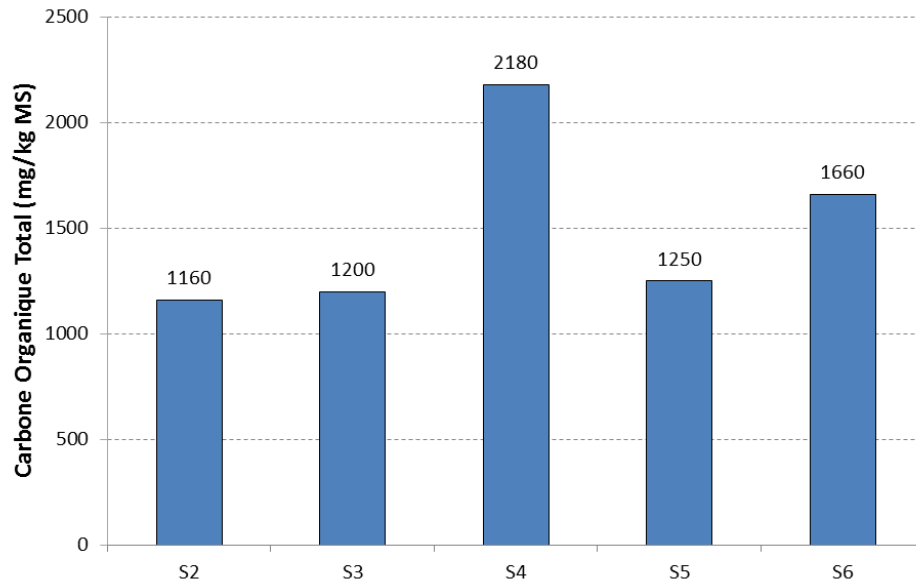


Figure 5: Teneur en Carbone Organique Total (mg/kg MS) pour chaque station lors du suivi de 2019.

3.1.2 Peuplements benthiques

3.1.2.1 Les paramètres généraux

3.1.2.1.1 Densité

Sur l'ensemble des 5 stations, la densité a varié autour d'une moyenne de 659.64 ± 471.18 ind/m².

Les stations S2 et S3 présentaient les densités les plus élevées, avec des valeurs respectives de 1004.00 ± 438.67 ind/m² et de 1092.00 ± 292.35 ind/m² (Figure 6). À l'inverse, la station S6 présentait la densité la plus faible avec une valeur de 98.00 ± 72.59 ind/m², significativement plus faible que S2 et S3 (Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N= 25) = 16.36$; **)

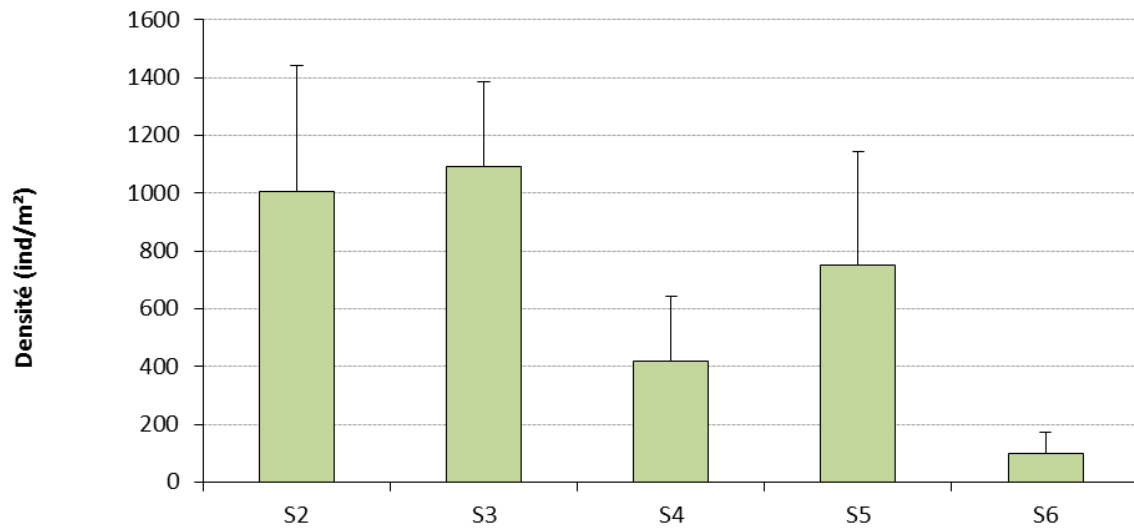


Figure 6 Densité (moyenne \pm écart-type) (taxa/ech) pour chacune des stations. Campagne 2019.

3.1.2.1.2 Richesse taxonomique

Au total, 60 taxa différents ont été identifiés sur les 1681 individus comptabilisés. La richesse taxonomique était, en moyenne, de 11.44 ± 4.24 taxa/ech.

Les stations S2, S3, S4 et S5 présentait des richesses taxonomiques similaires entre elles, avec des valeurs allant de 12.20 ± 3.11 taxa/ech (S2) à 14.20 ± 3.03 taxa/ech (S5 ; Figure 7).

Comme pour la densité, S6 présentait la richesse taxonomique la plus faible, avec une valeur de 5.20 ± 2.05 taxa/ech. Elle était significativement plus faible que celle de la station S5 (Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N= 25) = 12.61 ; *$).

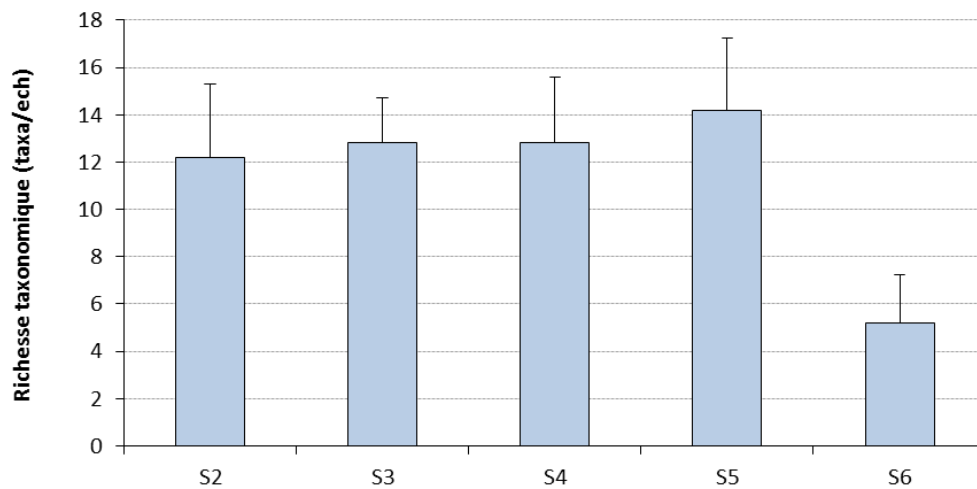


Figure 7 Richesse taxonomique (moyenne ± écart-type) (taxa/ech) pour chacune des stations Campagne 2019.

3.1.2.1.3 Diversité taxonomique

L'Indice de Shannon était en moyenne de 2.67 ± 0.53 sur l'ensemble de la zone d'étude, ce qui correspondait à un statut écologique « Moyen ».

Les valeurs de l'Indice de Shannon étaient comprises entre 2.08 ± 0.51 (S6) et 2.98 ± 0.14 (S5); Figure 8) traduisant un statut écologique « Moyen » pour l'ensemble des stations.

Si la station B6 présentait la richesse taxonomique la plus faible, elle possédait en revanche l'équitabilité la plus élevée avec une valeur de 0.92 ± 0.06 (Figure 8). Malgré une plus faible densité, un nombre d'espèces moins important et un Indice de Shannon plus faible, les individus sont cependant mieux répartis entre les espèces à cette station. Dans le cas des autres stations, les valeurs de l'équitabilité étaient relativement similaires, variant de 0.74 ± 0.06 (station B2) à 0.80 ± 0.07 (station B3).

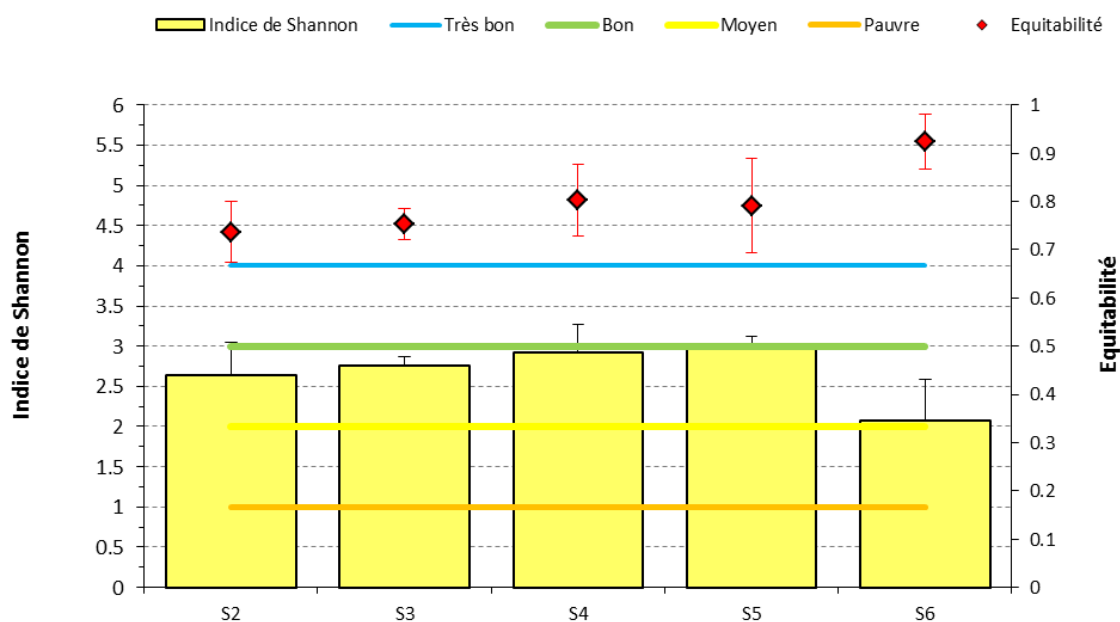


Figure 8 : Diversité taxonomique selon l'indice de Shannon (moyenne ± écart-type) et son équitabilité associée (équitabilité de Pielou) (moyenne ± écart-type) pour chacune des stations Campagne 2019.

3.1.2.2 Composition taxonomique

3.1.2.2.1 Embranchements

Les 1681 individus comptabilisés se sont répartis en 5 embranchements différents: annélides, mollusques, arthropodes, échinodermes et chordés.

Les arthropodes constituaient le groupe dominant, représentant 83 % de l'ensemble des individus (Figure 9). Au second rang, les annélides ne représentaient que 14 % des individus. La dominance des arthropodes était visible à toutes les stations, avec des proportions d'individus comprises entre 68 % (station S6) et 88 % (station S2).

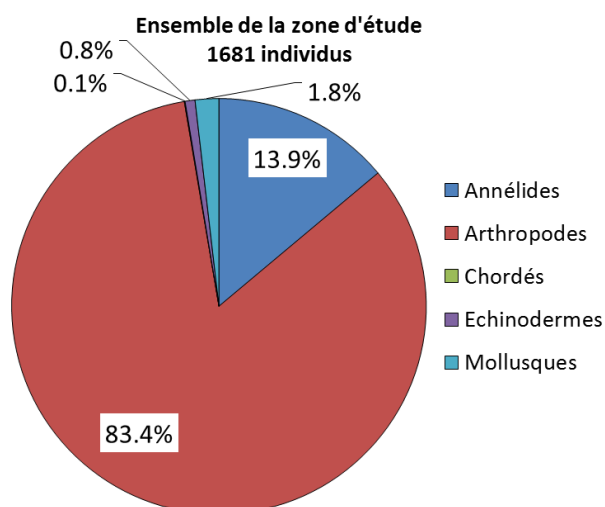


Figure 9 : Répartition des individus au sein des embranchements sur l'ensemble de la zone d'étude en zone subtidale. Campagne 2019.

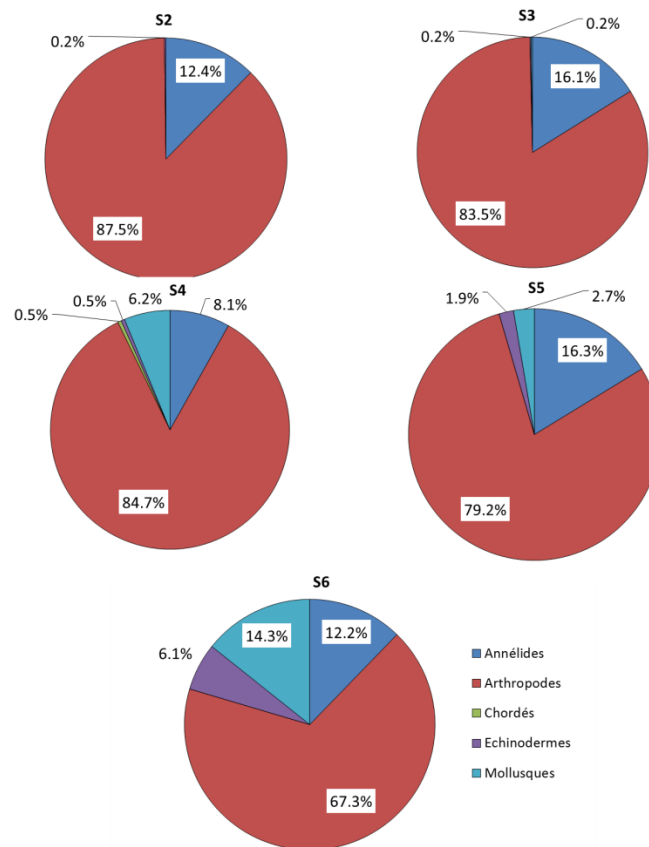


Figure 10 : Répartition des individus au sein des embranchements pour chacune des stations. Campagne 2019.

3.1.2.2.2 Spécifique

Occurrence et similarité

Sur les 60 taxa identifiés, 52 l'ont été au niveau spécifique; 7 présentait une occurrence de 100% : au moins 1 individu de ces espèces a été identifié dans chacun des réplicats:

- *Ampelisca brevicornis* (Costa, 1853),
- *Bathyporeia elegans* (Watkin, 1938),
- *Polycirrus caliendrum* (Claparède, 1869),
- *Urothoe pulchella* (Costa, 1853),
- *Pontocrates altamarinus* (Bate et Westwood, 1862),
- *Pontocrates arenarius* (Bate, 1858)
- *Hippomedon denticulatus* (Bate, 1857).

En termes de composition, les stations étaient très similaires: selon l'indice de Jaccard, la similarité minimum était de 25% (entre B2 et B6) et atteignait 48.5% (entre S2 et S3).

À partir d'une analyse de groupement, 3 groupes de stations ont été définis, en prenant un facteur de similarité de 30 % (Figure 11).

- > Stations S2 et S3
- > Stations S4 et S6
- > Station S5

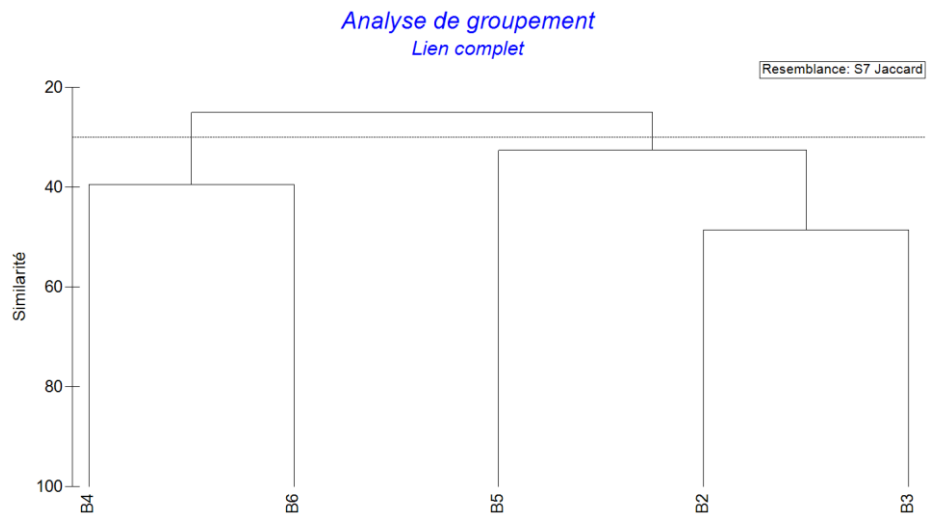


Figure 11 Analyse de groupement par lien complet réalisée sur les échantillons totaux (=somme des réplicats) pour la zone intertidale. Campagne 2019.

Cortège des espèces dominantes

Les cortèges des espèces dominantes étaient similaires d'une station à l'autre, avec toujours des amphipodes qui occupaient les 3 premiers rangs. Dans le cas présent, les 3 espèces rencontrées étaient *Urothoe grimaldii*, *Urothoe pulchella*, et *Bathyporeia elegans* (Tableau 9). Les fréquences des taxa dominants étaient également très proches entre les stations, avec pour le rang 1, des fréquences qui allaient de 27.75 % (S4) à 32.65 (S6).

Tableau 9: Tableau des espèces dominantes et leur fréquence (%) pour chaque station. Les couleurs sont attribuées à un taxon afin de faciliter la lecture, et n'ont pas d'autre signification.

	Rang 1		Rang 2		Rang 3	
	Taxa	F (%)	Taxa	F (%)	Taxa	F (%)
S2	<i>Urothoe pulchella</i>	30.68	<i>Bathyporeia elegans</i>	23.90	<i>Urothoe grimaldii</i>	20.72
S3	<i>Bathyporeia elegans</i>	28.75	<i>Urothoe pulchella</i>	21.06	<i>Urothoe grimaldii</i>	18.86
S4	<i>Bathyporeia elegans</i>	27.75	<i>Urothoe grimaldii</i>	20.57	<i>Urothoe pulchella</i>	14.83
S5	<i>Urothoe pulchella</i>	16.33	<i>Urothoe grimaldii</i>	17.87	<i>Bathyporeia elegans</i>	14.4
S6	<i>Bathyporeia elegans</i>	32.65	<i>Urothoe pulchella</i>	16.33	<i>Ampelisca brevicornis</i>	8.16

État écologique et Typologie

Bathyporeia elegans est une espèce caractéristique de la biocénose « *Nephtys cirrosa* et *Bathyporeia spp* dans du sable infralittoral » (Code Eunis A5.233). Cette biocénose se caractérise par du sable moyen et fin bien trié, présent à faible profondeur dans la zone subtidale, jusqu'à environ 30 m de profondeur. Cet habitat peut être soumis à des perturbations liées à l'hydrodynamisme du milieu (action des vagues, courants des vagues). Selon la typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique, cette biocénose correspond aux « Sables infralittoraux à *Nephtys cirrosa* et *Bathyporeia spp.* » (B5-2.1). Selon la typologie Natura 2000, l'habitat correspondait aux « Sables moyens dunaires » (1110-2).

L'annélide polychète *Nephtys cirrosa*, bien que ne faisant pas partie des 3 premiers rangs du cortège des espèces dominantes, présentait une occurrence de 80 % et était donc une espèce commune du peuplement. *Urothoe pulchella* et *U.grimaldii* sont des espèces caractéristiques du sable fin, dans lequel elles sont souvent abondantes, jusqu'à 250 ind/m² (Massé, 1972). Classées dans le groupe I selon les auteurs de l'AMBI, ce sont des espèces très sensibles à un enrichissement en matière organique, qui ne prolifèrent que dans des habitats non pollués. Leur présence dans le milieu, avec des proportions atteignant 30% (B2) est signe de l'absence de contamination organique. *Ampelisca brevicornis*.est caractéristique des fonds de sables fins, où elle est très commune. Parfois observée sur des fonds vaseux détritiques, quand une fraction de sable est présente. Classée dans le groupe I selon l'AMBI, elle est sensible à un enrichissement en matière organique, et ne prolifère que dans des habitats non pollués.

L'analyse de la composition taxonomique a permis de mettre en évidence la présence de communautés benthiques caractéristiques des sables fins, dont les espèces dominantes sont des amphipodes, et appartenant pour certaines à la même famille.

3.1.2.3 Le statut écologique : AMBI

Le calcul de l'AMBI a permis de montrer que toutes les stations de la zone subtidale présentaient un « Très bon » état écologique, avec des valeurs comprises entre 0.36 (station B6) et 0.75 (station B5). (Figure 12)

Les stations présentaient en effet une forte proportion d'individus appartenant au groupe I de l'AMBI, avec des pourcentages qui variaient de 76 % (station B5) à 83 % (stations B2 et B4).

L'analyse de Kruskal-Wallis n'a pas mis en évidence de différences significatives entre les stations (Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 25) =9.43 ; n.s).

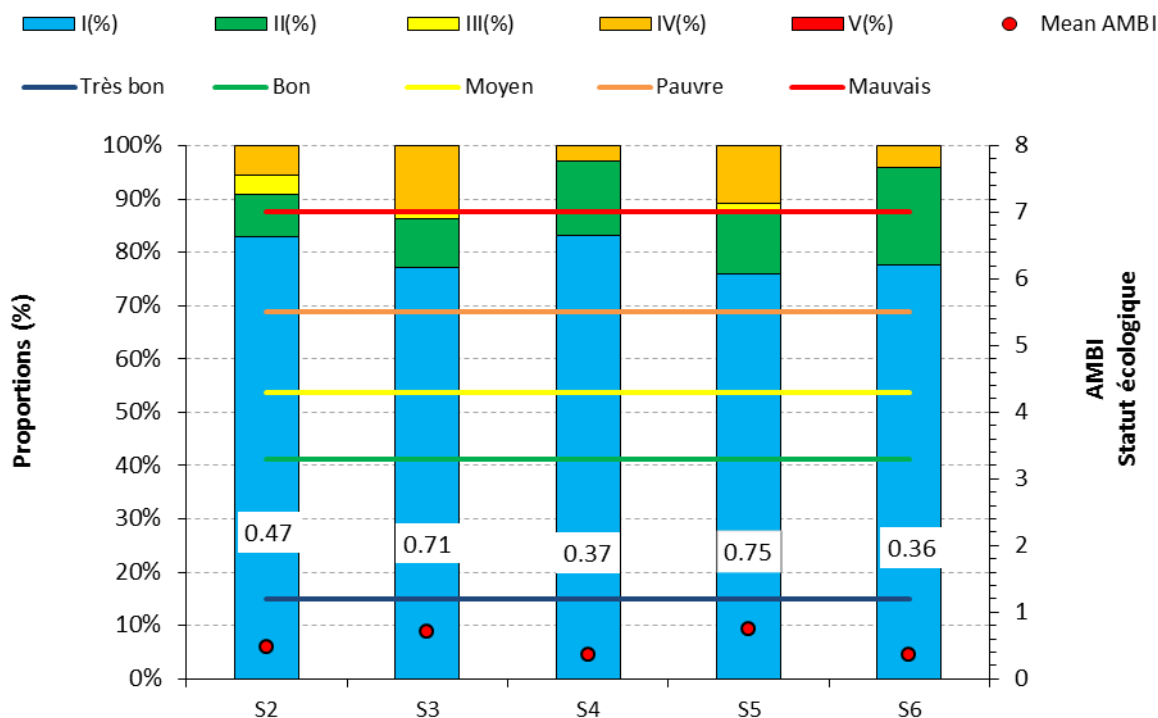


Figure 12 : Graphique de résultats du calcul de l'indice AMBI selon les références de la DCE pour chacune des stations La valeur affichée est la valeur de l'indice AMBI, sur les répliqués sommés.

3.1.2.4 -> Biomasses/Densités

La biomasse sur l'ensemble de la zone d'étude variait autour d'une valeur moyenne de 44.86 ± 37.72 mg/m². Les biomasses mesurées à chacune des stations présentaient d'importantes variabilités, avec des coefficients de variation allant de 40 % (station 3) à 132 % (station 6 ; Figure 13). La corrélation entre les biomasses et les densités est peu évidente. La station 6, pour laquelle la densité totale moyenne était la plus faible, présentait la biomasse moyenne la plus élevée associée à une forte variabilité. Ceci peut s'expliquer par la présence dans un des réplicats du mollusque bivalve *Dosinia exoleta*. Les échantillons étaient constitués majoritairement d'espèces de petite taille, en particulier des amphipodes, qui se caractérisent par un grand nombre d'individus et une faible biomasse.

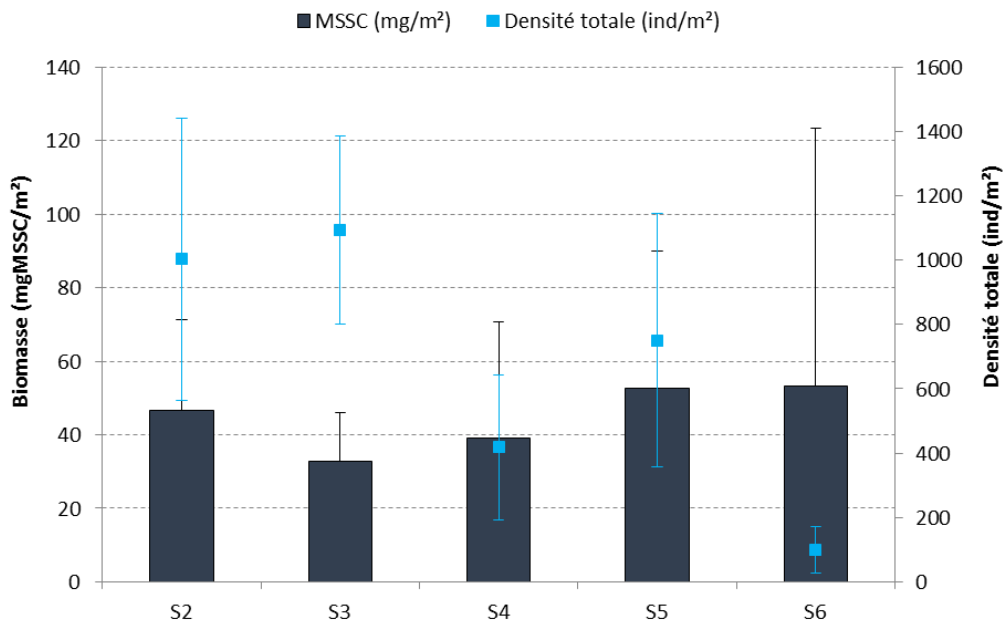


Figure 13 Biomasse exprimée par la matière sèche sans cendres mesurée pour chaque station. Campagne 2019.

3.2 Zone Intertidale

3.2.1 Sédiments

3.2.1.1 Granulométrie laser

3.2.1.1.1 Sédiment total

Les 3 stations de la zone intertidale étaient composées en grande majorité de sables, dont les proportions étaient supérieures à 90 % pour chacune des stations (Figure 14). Pour les 3 stations, la fraction de particules < 63 µm ne dépassait pas les 5 %. En revanche, la station M3 présentait 2.96 % de matériel > 2 mm, tandis que pour les stations M1 et M2, le refus pondéral à 2 mm était en dessous de la limite de quantification (Tableau 10).

Selon la typologie utilisée, le sédiment pour les 3 stations était de type sableux (Tableau 10).

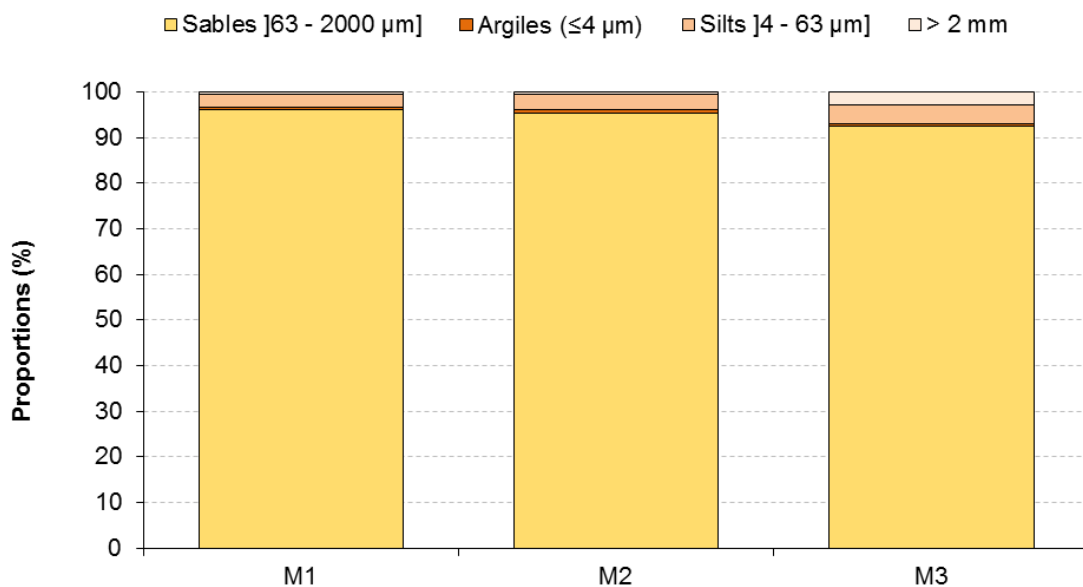


Figure 14 Granulométrie des sédiments lors de la campagne 2019. Echantillon total.

Tableau 10 Classification des sédiments selon les recommandations de Dauvin et Vasset (2011) et le diagramme de Folk (cf. classification en annexe).

Station	Fraction supérieure à 2 mm (%)	Rapport sables / ≤ 63 µm	Type de sédiment
M1	0.50	28.68	Sableux
M2	0.50	22.98	Sableux
M3	2.96	19.92	Sableux

3.2.1.1.2 Fraction inférieure à 2 mm

En considérant la fraction inférieure à 2 mm, la granulométrie pour les 3 stations se caractérisait toujours par les sables] 63-2000 µm], dont les proportions étaient supérieures à 95 % pour chacune des stations. Les teneurs en particules <63 µm, silts et argiles compris, ne dépassaient pas les 5 %. La granulométrie pour l'ensemble de la zone d'étude pour la partie intertidale était donc très similaire (Figure 15).

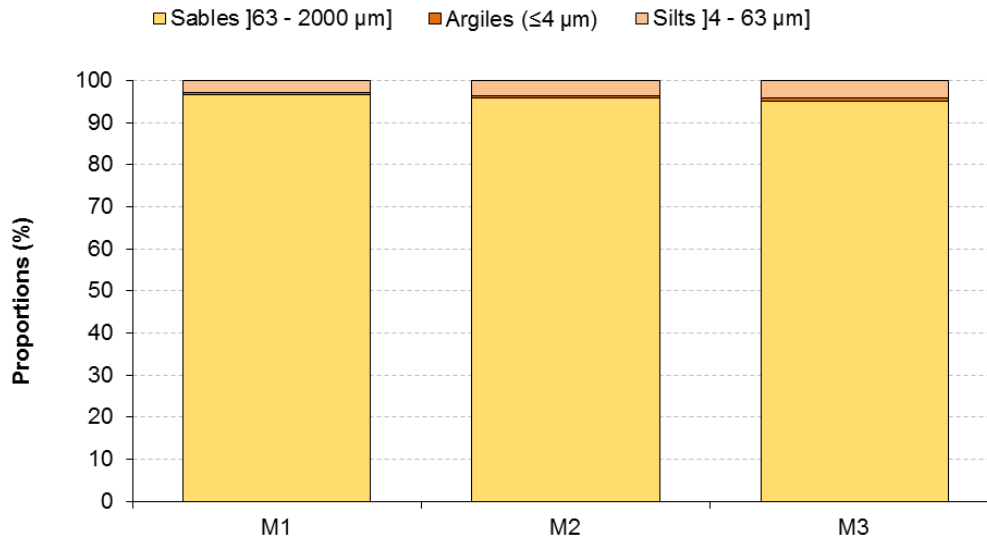


Figure 15 Répartition granulométrique des sédiments <2 mm échantillonnés en zone intertidale. Campagne 2019.

Les 3 stations présentaient des courbes unimodales similaires, avec un mode autour de 400 µm. La grande majorité des particules étaient de taille ≥ 200 µm (Figure 16).

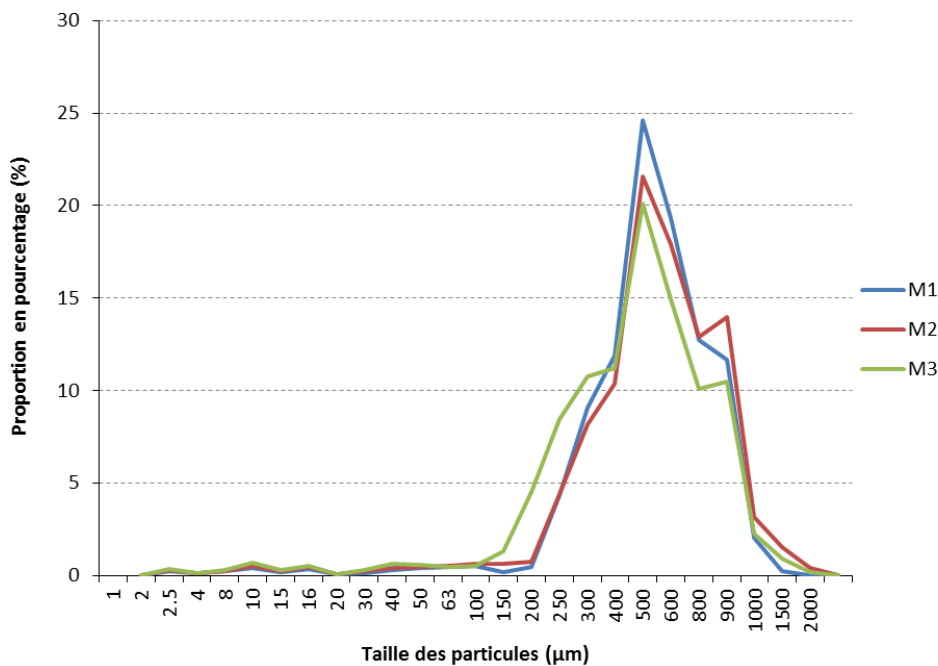


Figure 16 Courbes granulométriques des sédiments des stations de la zone intertidale. Campagne 2019.

3.2.1.2 Granulométrie par tamisage

L'analyse granulométrique par tamisage a montré que des courbes assez différentes d'une station à l'autre. A la station M1, la proportion de particules était la plus importante pour la gamme de taille 0.125-0.250 mm, égale à 68 % (Figure 17). Au tamis 1 mm, toutes les particules de sédiment passaient à travers le tamis. Pour la station M2, la proportion de particules était la plus élevée pour la gamme de taille 0.250-0.500 mm (43 %). De son côté, la station M3 présentait sa plus importante proportion de particules à la gamme 0-0.063 mm, avec un

pourcentage de 36 %. Ce pourcentage était plus élevé que celui des 2 autres stations pour cette gamme (26 % pour les deux). La station M3 présentait également 35 % de particules de la gamme 0.125-0.250 mm.

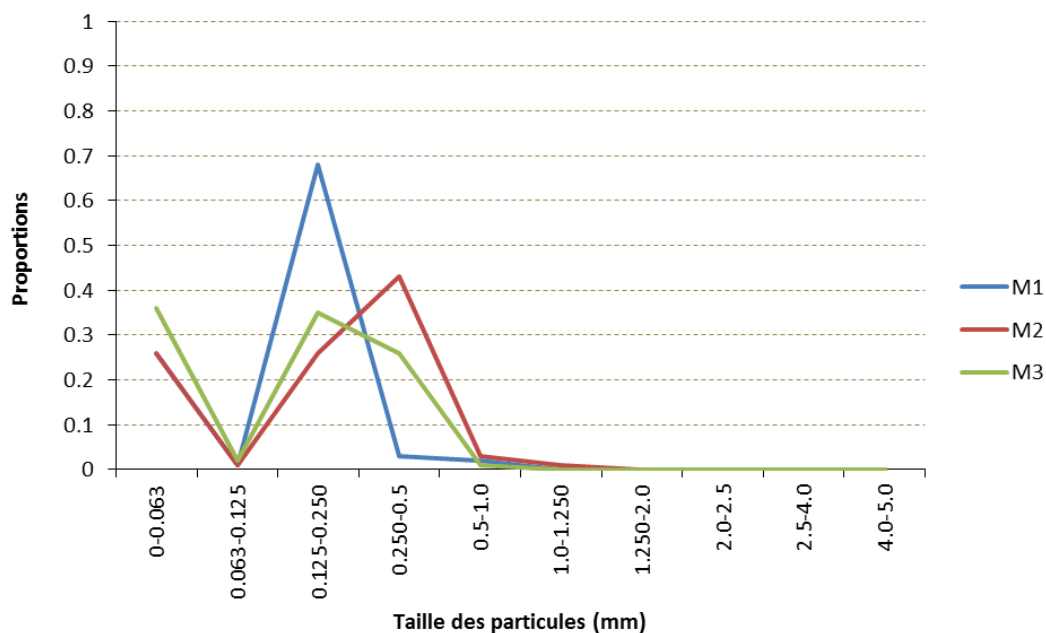


Figure 17 Courbes granulométriques des sédiments des stations de la zone intertidale, obtenues après analyse par tamisage.

3.2.1.3 Carbone Organique Total

La teneur en Carbone Organique Total à la station M2 était en dessous de la limite de quantification (Tableau 4). La station M3 présentait la teneur la plus importante, près de 1.5 X plus importante que celle à la station M1 (Figure 18). La station M3, pour laquelle le rapport sables/vases était le plus faible des 3 stations, et avec une proportion de particules de la gamme 0-0.063 mm plus importante (Tableau 10) a également présenté la plus forte teneur en matière organique, ce qui confirme les résultats précédemment obtenus.

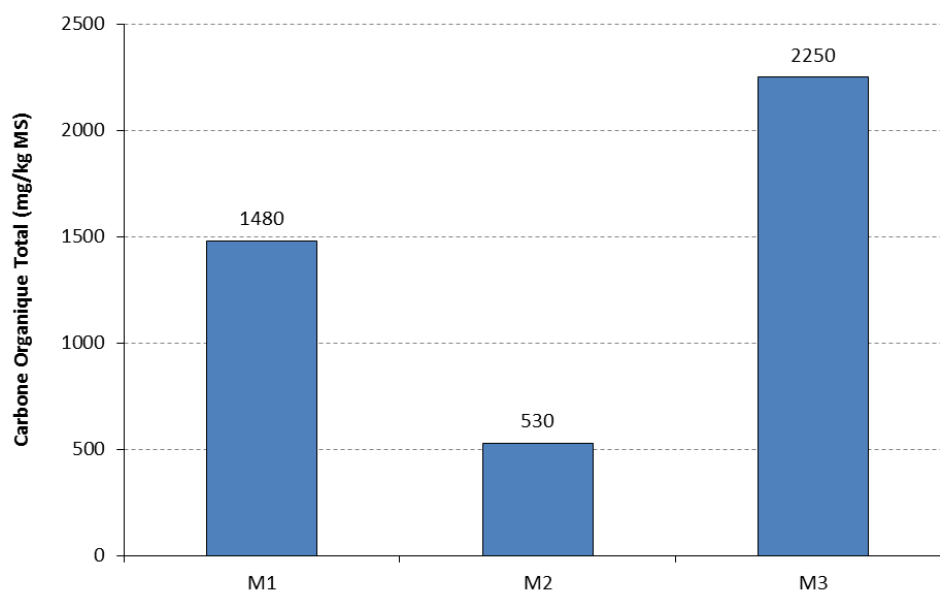


Figure 18 Teneur en Carbone Organique Total aux stations de la zone intertidale. Campagne 2019.

3.2.2 Peuplements benthiques

3.2.2.1 Les paramètres généraux

3.2.2.1.1 Densité

À la station M1, la densité était très faible, comparativement aux stations M2 et surtout M3, avec une valeur de 23.08 ind/m². La station M2 présentait une densité de 184.62 ind/m². A la station M3, la densité était plus de 2X plus élevée que celle de la station M2 et près de 20 X plus que celle de la station M1, avec une valeur de 430.77 ind/m² (Figure 19).

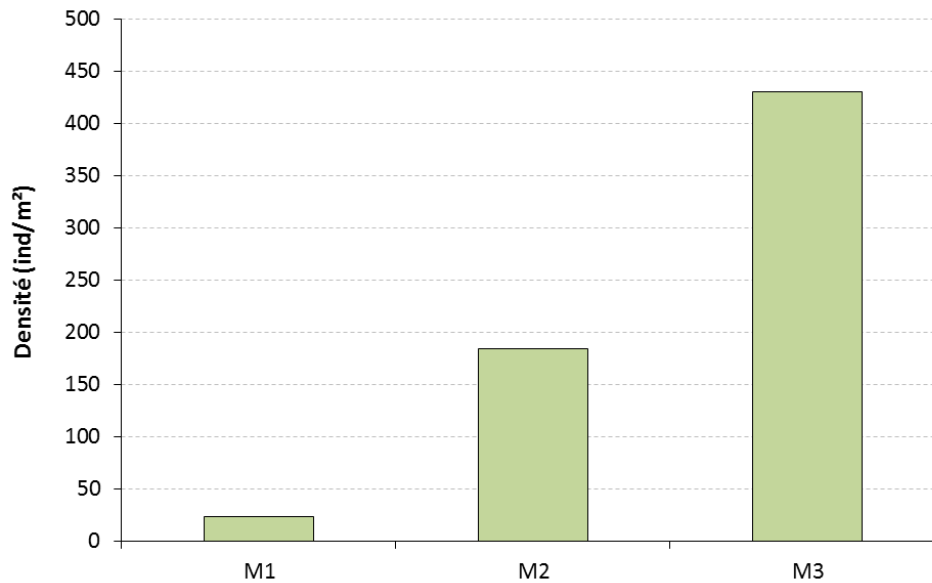


Figure 19 Densité à chacune des stations

3.2.2.1.2 Richesse Taxonomique

Les richesses taxonomiques aux stations M1 et M2 étaient comparables, avec respectivement 4 taxa/ech et 5 taxa/ech. Elle était en revanche plus élevée à la station M3, cette dernière présentant 9 taxa/ech (Figure 20). Cette station présentait donc un nombre d'espèces plus conséquent que celui des deux autres stations de la zone intertidale, avec également un nombre d'individus nettement plus élevé.

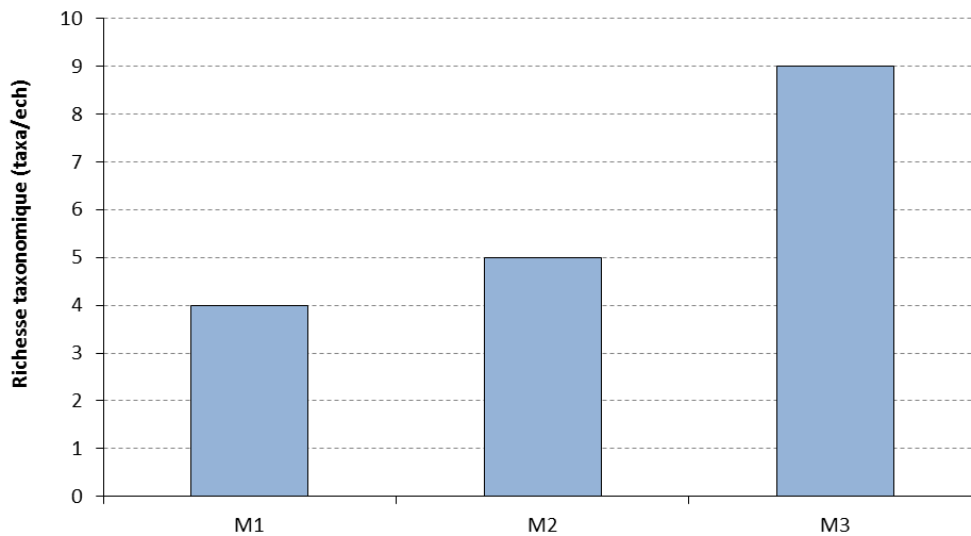


Figure 20 Richesse taxonomique pour chacune des stations

3.2.2.1.3 Diversité

Les valeurs de l'Indice de Shannon étaient similaires aux stations M1 et M3, respectivement de 1.92 et 1.90. La station M2 présentait un Indice de Shannon plus faible, égal à 1.39. Néanmoins, pour les 3 stations, ces valeurs correspondaient à un statut écologique « Moyen » (Figure 21).

L'équitabilité était plus élevée à la station M1, témoignant, à cette station, d'une excellente répartition des individus entre les espèces (Figure 21). Aux stations M2 et M3, une équitabilité plus faible tend à indiquer la dominance d'une espèce, beaucoup plus présente que les autres taxa.

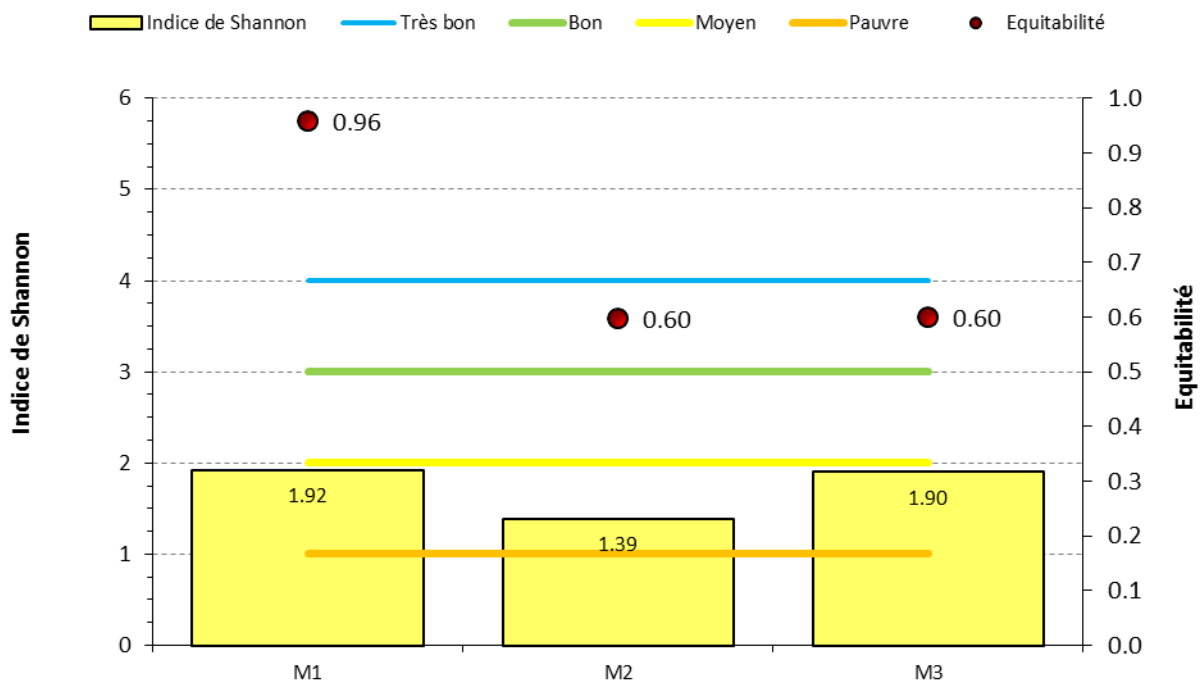


Figure 21 Diversité taxonomique selon l'Indice de Shannon et son équitabilité associée, pour chacune des stations.

3.2.2.2 Composition taxonomique

3.2.2.2.1 Embranchements

Comme pour la zone subtidale, les arthropodes constituaient l'embranchement dominant en zone intertidale (Figure 22). Ils étaient même l'unique embranchement dans le cas de la station M2, de même qu'à la station M3, au sein duquel seulement 1 annélide a été identifié. La station M1, dans laquelle il y avait moins d'individus, se composait de 50 ind/m² d'arthropodes, et 10 ind/m² d'annélides (Figure 23).

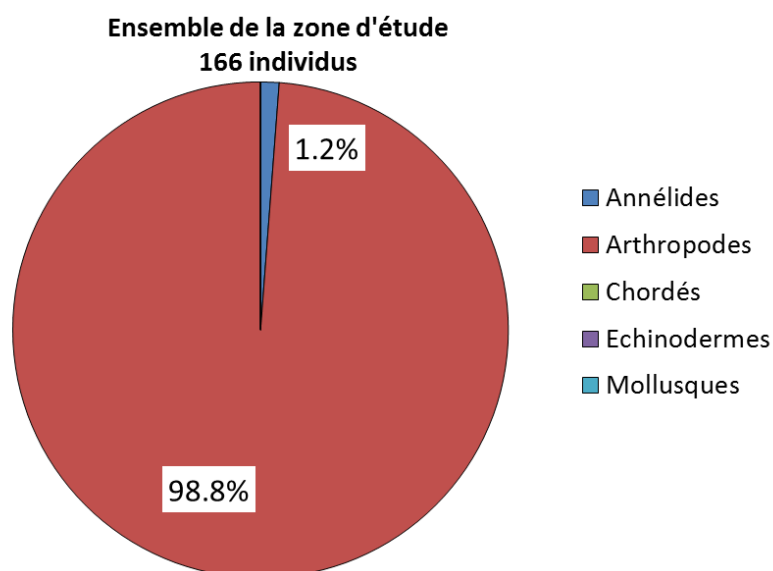


Figure 22 Répartition des individus au sein des différents embranchements pour l'ensemble de la zone d'étude.

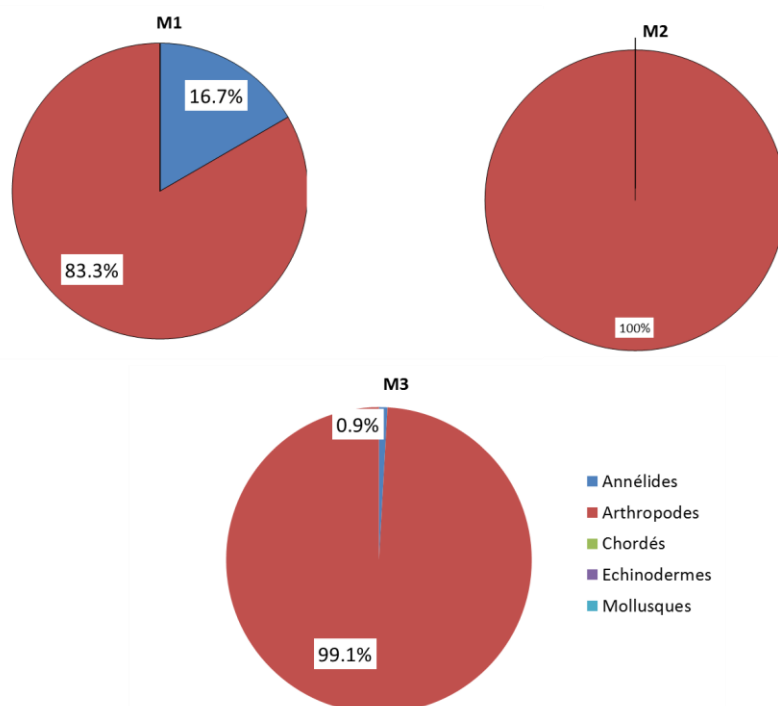


Figure 23 Répartition des individus au sein des différents embranchements pour chacune des stations.

3.2.2.2.2 Spécifique

Occurrence et similarité

Sur les 9 taxa identifiés, 1 présentait une occurrence de 100 %.

→ *Urothoe brevicornis* (Spence Bate, 1862)

En termes de composition, les stations M1 et M3 étaient les plus proches entre elles, avec 30 % de similarité selon l'Indice de Jaccard. Les couples M1-M2 et M2-M3 présentaient de faibles similarités, inférieures à 20 % (Tableau 11).

Tableau 11 Similarités selon l'indice de Jaccard entre les stations selon la distance de Jaccard

	M1	M2	M3
M1			
M2	12.5		
M3	30.0	16.7	

Cortège des espèces dominantes

Les cortèges des espèces dominantes en zone intertidale étaient différentes de celles en zone subtidale (Tableau 12), constituées d'espèces qui, pour la plupart, n'avaient pas été retrouvées en zone subtidale.

Tableau 12 Cortège des espèces dominantes et leurs fréquences (%) pour chaque station dans la zone intertidale.

		M1	M2	M3
Rang 1	Taxa F (%)	<i>Nototropis guttatus</i> 33.33	<i>Urothoe brevicornis</i> 60.42	<i>Nototropis guttatus</i> 49.11
Rang 2	Taxa F (%)	<i>Idotea balthica</i> 33.33	<i>Lekanesphaera rugicauda</i> 31.25	<i>Idotea emarginata</i> 33.93
Rang 3	Taxa F (%)	<i>Urothoe brevicornis</i> 16.67	<i>Urothoe pulchella</i> 4.17	<i>Urothoe brevicornis</i> 5.36

Les stations M1 et M3 :

Étaient dominées par l'amphipode *Nototropis guttatus*. Cette espèce est caractéristique de la biocénose « *Herbiers de Zostera marina/Z. marina var. angustifolia (anciennement Zostera angustifolia) sur sable propre ou vaseux de la partie inférieure des rivages ou de l'infralittoral* » (Code Eunis A5.5331). Cette biocénose se définit par des étendues de sable fin propre ou vaseux en eau peu profonde ou dans la partie inférieure du rivage. Elle héberge en général les herbiers de zostères, mais peut aussi être occupée un certain nombre d'espèces d'algues telles que *Saccharina latissima*. Selon la typologie Natura 2000, cet habitat correspondrait à la biocénose « *Sables fins propres et légèrement envasés, herbiers de Zostera marina* » (1110-1). Selon la typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique, cette biocénose correspond aux « *Herbiers de Zostera marina sur sables infralittoraux en condition euhaline* » (B5-5.1). *Nototropis guttatus*, qui appartient à la famille des Atylidae, se rencontre essentiellement dans des biotopes sableux et dans des prairies de posidonies (Bellan-Santini et Ledoyer, 1973), en zone intertidale. Classée dans le groupe I selon les auteurs de l'AMBI, elle ne se développe que dans des habitats non pollués.

M1 et M3 présentaient en commun au rang 2 le genre *Idotea*. *Idotea balthica*, identifiée à la station M1, se rencontre fréquemment en bordure de plage de sable fin, parmi les laisses de mer qui ont été rejetées (<https://doris.ffessm.fr/Especes/Idotea-balthica-Idotee-de-la-Baltique-1800>). Elle aussi est caractéristique de la biocénose « *Herbiers de Zostera marina/Z. marina var. angustifolia (anciennement Zostera angustifolia) sur sable propre ou vaseux de la partie inférieure des rivages ou de l'infralittoral* » « *Idotea emarginata*, identifiée à la station M3, est commune en bords de mer sur les accumulations d'algues échouées. Appartenant tous

deux au groupe II selon l'AMBI, elles sont indifférentes à un enrichissement en matière organique, et vivent dans un milieu dans un état entre non perturbé et déséquilibré.

Les stations M1 et M3 étaient constituées par des peuplements caractéristiques de la biocénose « *Herbiers de Zostera marina/Z. marina var. angustifolia (anciennement Zostera angustifolia) sur sable propre ou vaseux de la partie inférieure des rivages ou de l'infralittoral* ». En outre, les préférences écologiques du genre *Idotea* laissent à supposer la présence de la biocénose « Laisse de mer » (Code Eunis A2.21 et correspondant selon la Typologie Natura 2000 à la biocénose « Sables des hauts de plage à Talitres » = 1140-1), à l'extrémité supérieure de la zone intertidale. Les lasses de mer peuvent constituer des ceintures à l'extrémité supérieure de tous les rivages sédimentaires et de certains rivages rocheux.

Station M2

Était dominée par l'espèce *Urothoe brevicornis*. Cet amphipode vit dans du sable moyen à fin, propre. Classée dans le groupe I selon les auteurs de l'AMBI, elle ne prospère que dans des environnements non pollués. Les espèces du genre *Urothoe* sont caractéristiques de la biocénose selon la typologie Natura 2000 « *Estrans de sable fin* » (1140-3).

Lekanesphaera rugicauda, isopode qui appartient à la famille des Sphaeromatidae, occupait le second rang des espèces dominantes à la station M2, tandis qu'elle n'a pas été trouvée aux 2 autres stations. Cette espèce vit en milieu marin, mais affectionne aussi les eaux saumâtres, en particulier dans les marais salants. Appartenant au groupe III de l'AMBI, elle est capable de tolérer un enrichissement en matière organique. Elle peut être présente dans des conditions « normales », mais prolifère lors d'une perturbation organique, lorsque le déséquilibre est léger.

3.2.2.3 Le statut écologique : AMBI

Le calcul de l'AMBI a montré que les 3 stations de la zone intertidale présentaient un « Très bon » statut écologique (Figure 24). La station M2 présentait cependant une valeur plus élevée que celles des autres stations, ce qui correspond à un état écologique plus dégradé. En raison de la présence de *Lekanesphaera rugicauda*, la station M2 avait une importante proportion d'individus appartenant au groupe III de l'AMBI (31 %), tandis que pour les stations M1 et M3, cette proportion était nulle.

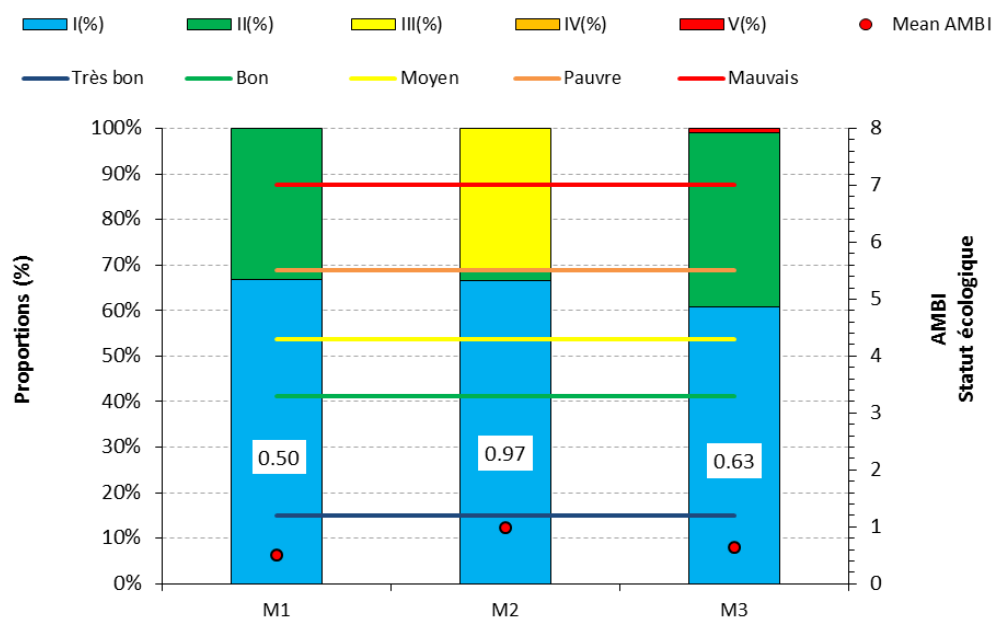


Figure 24 Résultats de l'Indice AMBI selon les références de la DCE pour chacune des stations de la zone intertidale.

4 Comparaisons avec l'état initial de 2011

4.1 Zone subtidale

4.1.1 Sédiments

4.1.1.1 Granulométrie

En 2011, le sédiment aux stations S2 à S6 était constitué en majorité de sables moyens, dominants à plus de 50 % (Rapport État Initial, 2011), et avec des modes compris entre 250 µm (station 2) et 315 µm (stations 3,4 et 6). L'exception était à la station 5, dans laquelle les sables grossiers constituaient la portion dominante avec un pourcentage de 48 %, avec un mode de 500 µm. La granulométrie des sédiments est restée similaire entre les campagnes de 2011 et de 2019, avec un faciès sédimentaire de type sableux.

4.1.1.2 Carbone Organique Total

Les teneurs en Carbone Organique Total étaient comparables entre les deux suivis, avec des valeurs inférieures à 2 g/kg de matière sèche, ce qui correspond à de faibles valeurs en matière organique. Seule la station 4 en 2019 présentait une teneur supérieure à 2 g/kg de MS (Figure 5).

4.1.2 Peuplements benthiques

4.1.2.1 Descripteurs généraux

4.1.2.1.1 Densité

La densité était très variable lors du suivi de 2011, allant de 90 ind/m² (S6) à 1150 ind/m² (S4 ; Rapport Etat Initial, 2011). En comparaison avec le suivi de 2019, il est à noter que pour les deux suivis, la densité était la plus faible pour la station 6 (Figure 25). Ce résultat pourrait s'expliquer par la profondeur à cette station, située à l'extrémité sud de la zone. En effet, la profondeur fait partie des paramètres structurant les communautés benthiques. De plus, les autres paramètres structurants que sont la granulométrie ou la teneur en matière organique, n'ont pas montré des résultats différents à la station 6.

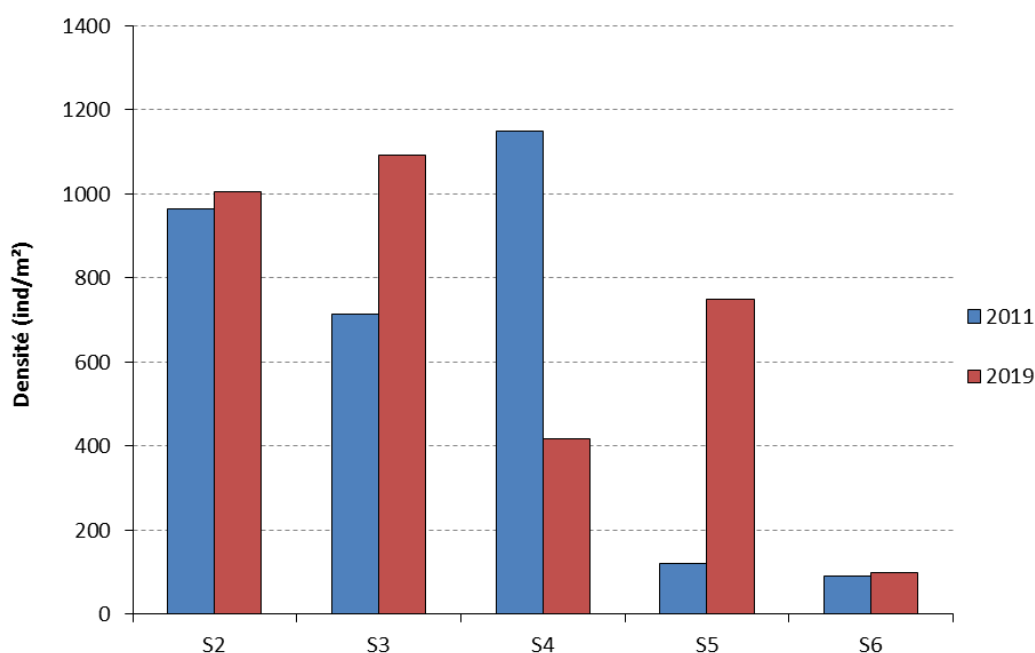


Figure 25 Densité en 2011 et en 2019 pour chacune des stations..

4.1.2.1.2 Richesse taxonomique

La richesse taxonomique était davantage variable en 2011, avec des valeurs comprises entre 5 taxa/ech (station 2) et 15 taxa/ech (station 4). En 2019, la richesse taxonomique était proche d'une station à l'autre, à l'exception de la station 6, pour laquelle la richesse taxonomique était plus faible. (Figure 26).

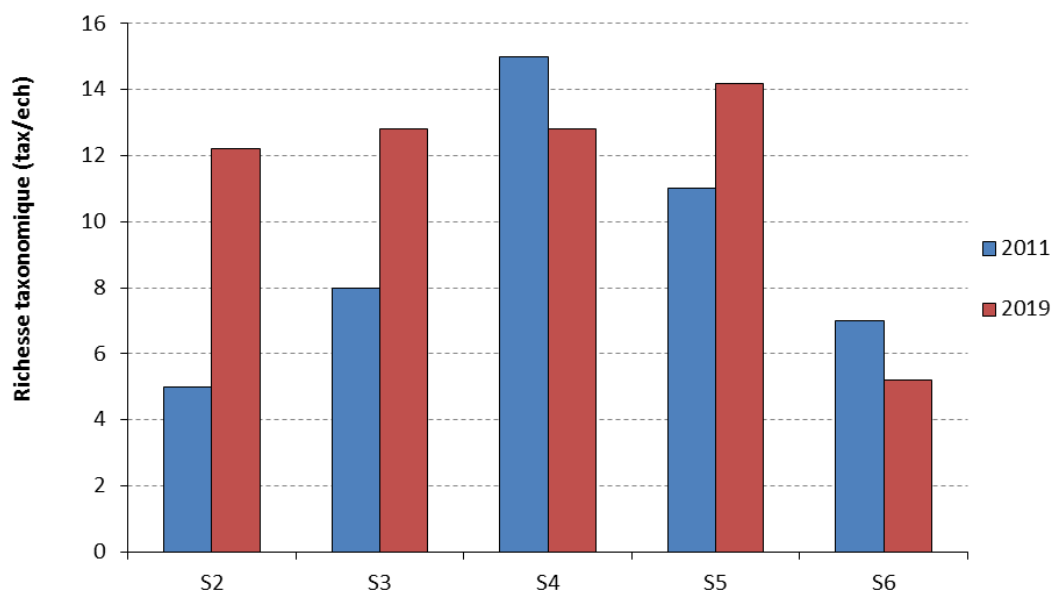


Figure 26 Richesse taxonomique en 2011 et en 2019 pour chacune des stations.

4.1.2.1.3 Diversité taxonomique

4.1.2.1.3.1 Indice de Shannon

En 2011, les indices de Shannon étaient compris entre 1.32 et 2.81, avec une valeur moyenne de 1.95 ± 0.50 . Deux sites étaient classés comme « moyen » (stations 5 et 6), tandis que les stations 2 à 4 étaient classées « mauvais » (Rapport État Initial, 2011). En 2019, toutes les stations étaient classées comme « moyen ».

4.1.2.1.3.2 Equitabilité

En 2011, les stations d'étude pour l'équitabilité montraient des valeurs variables, comprises entre 0.49 et 0.81, tournant autour d'une valeur moyenne de 0.62 ± 0.15 . Les individus étaient donc moyennement répartis entre les espèces en 2011 sur l'ensemble de la zone d'étude, ce qui est dû à la dominance d'1 ou 2 espèces au sein des échantillons. En 2019, à l'exception de la station 6 (0.92), l'équitabilité ne dépassait 0.80 (Figure 8).

4.1.2.2 Composition taxonomique

La comparaison de la composition taxonomique entre les suivis 2011 et 2019 a permis de mettre en évidence des résultats assez similaires. En effet, d'abord à l'échelle des embranchements, les arthropodes constituaient déjà l'embranchement dominant sur l'ensemble de la zone d'étude en 2011, avec 42.86 % des individus, suivis des annélides avec 39.29 % (Rapport État Initial, 2011). En 2019, les arthropodes constituaient également le premier embranchement, suivis des annélides. Cependant, en 2019, les arthropodes occupaient une proportion nettement plus importante, égale à 83%, contre 14 % pour les annélides.

Il a été constaté aux deux suivis que la proportion des arthropodes était davantage importante aux stations peu profondes, c'est-à-dire aux stations 2 et 3. Aux stations les plus profondes, l'abondance des échinodermes était plus importante. Ce fait a été rapporté lors de l'état initial de 2011, ainsi qu'en 2019, en particulier à la station 6 (Figure 10).

A l'échelle spécifique, les mêmes espèces dominantes ont été retrouvées au cours des deux suivis, avec des fréquences et des occurrences similaires. L'amphipode *Urothoe pulchella* présentait une occurrence de 100 % en 2011, de même qu'en 2019, avec des densités très fortes. En 2011, l'espèce *Bathyporeia guilliamsoniana* avait 100 % d'occurrence tandis qu'en 2019, c'est *Bathyporeia elegans* qui a présenté 100 % d'occurrence. Néanmoins, il est possible qu'il s'agisse de la même espèce, et qu'il y ait pu y avoir une erreur d'identification sur l'un des suivis, d'autant plus que les densités étaient très fortes pour les deux suivis. Cependant, les deux espèces partagent le même habitat, et la même écologie. En outre, les amphipodes *Ampelisca brevicornis* et *Hippomedon denticulatus*, qui présentaient une occurrence de 100 % en 2019, ont également été identifiés en 2011. De même, l'annélide polychète *Nephtys cirrosa* avait une occurrence de 80 % pour les deux suivis.

En revanche, les espèces du genre *Pontocrates*, *altamarinus* et *arenarius*, qui présentaient 100 % d'occurrence en 2019, n'ont pas été trouvées en 2011.

Pour les deux suivis, la typologie identifiée selon Eunis était la biocénose «*Nephtys cirrosa* et *Bathyporeia* spp. dans du sable infralittoral ».

4.1.2.3 Statut écologique : AMBI

Pour toutes les stations, le statut écologique traduit par l'AMBI a toujours été « Très bon » pour les deux suivis. Il est constaté cependant que l'AMBI était plus faible, donc avec un meilleur état écologique, en 2011, à l'exception de la station 5 (Tableau 13). La différence est due au fait qu'en 2011, la proportion d'individus appartenant au groupe I selon les auteurs de l'AMBI était de plus de 90 % sur toute la zone d'étude. A l'inverse, la proportion d'individus appartenant aux groupes écologiques II et III ne dépassait pas les 10 % (Rapport État Initial, 2011). En 2019, il y avait davantage d'individus du groupe II, ce qui s'explique par la présence dans les échantillons des espèces du genre *Pontocrates*, qui appartiennent à ce groupe.

Tableau 13 Statut écologique selon l'AMBI en 2011 et en 2019 pour chacune des stations.. Les codes couleurs correspondent aux statuts écologiques d'après Borja et al (2000) et Andral (2007).

Stations	Années	
	2011	2019
2	0.04	0.47
3	0.03	0.71
4	0.06	0.37
5	0.96	0.75
6	0.17	0.36

4.2 Zone Intertidale

4.2.1 Sédiments

4.2.1.1 Granulométrie

En 2011, le sédiment aux stations M1 à M3 était constitué de sables moyens, à des teneurs qui allaient de 76 % (station 3 bas de plage) à 84 % (station 2 milieu de plage ; Rapport État initial, 2011). La granulométrie des sédiments aux deux suivis était donc similaire, avec un sédiment de type sableux.

4.2.1.2 Carbone Organique Total

Les teneurs en Carbone Organique Total aux stations M1 et M2 présentaient des valeurs faibles, pour certaines en dessous de la limite de quantification. En revanche, la station M3 présentait un taux plus important aux deux suivis, avec des valeurs égales ou supérieures à 2 g/kg de matière sèche (Rapport État Initial, 2011 ; Figure 18).

4.2.2 Peuplements benthiques

4.2.2.1 Descripteurs généraux

4.2.2.1.1 Densité

Les résultats de la densité aux deux suivis pour chacune des stations a permis de mettre en évidence deux tendances claires. La première est que la densité est plus importante en bas de plage (station M3). En effet, selon le suivi, la densité était de l'ordre d'environ 20 à 25 X plus importante en bas de plage qu'en haut de plage. Ce résultat a donc montré un gradient décroissant du bas vers le haut de la plage.

La seconde tendance est que pour chacune des stations, la densité était beaucoup plus élevée en 2019 qu'en 2011. A la station M1, la densité était environ 2 x plus importante, près de 4 X plus à la station M2, et 1.5 X à la station 3 (Figure 27).

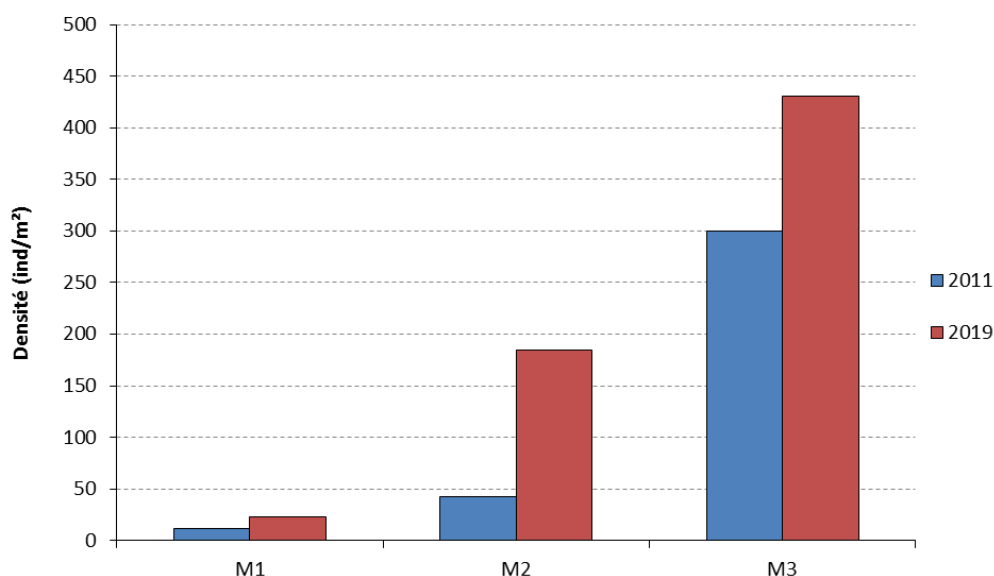


Figure 27 Densité en 2011 et en 2019 à chacune des stations.

4.2.2.1.2 Richesse taxonomique

En 2011, seuls 6 espèces ont été identifiées sur l'ensemble de la zone d'étude, tous étaient des amphipodes. En 2019, 12 espèces ont été identifiées, dont 10 étaient des arthropodes. La station 3 était celle pour laquelle la diversité spécifique était la plus importante. Il s'agit du schéma classique de la diversité spécifique sur un estran de la côte Atlantique.

La richesse taxonomique était nettement plus élevée en 2019, pour chacune des stations (Figure 28).

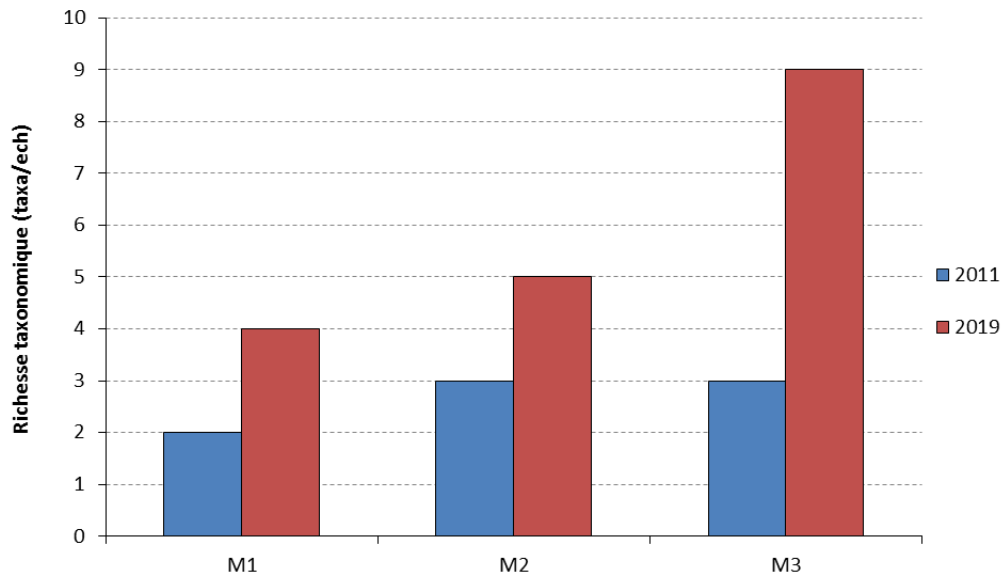


Figure 28 Richesse taxonomique en 2011 et en 2019 à chacune des stations pour la zone intertidale.

4.2.2.2 Composition taxonomique

En 2011, le milieu était dominé par 2 espèces : l'amphipode *Bathyporeia pilosa* et l'isopode *Eurydice affinis*. Ces deux espèces appartiennent au groupe I de l'AMBI, et sont caractéristiques de la biocénose « *Estrans de sable mobile, stérile ou dominé par des amphipodes* » (Code Eunis A2.22).

Le cortège des espèces dominantes en 2019 a montré une composition faunistique différente à celle de 2011. Les 2 espèces précédemment citées n'ont pas été retrouvées lors du suivi de 2019. A l'inverse, les espèces rencontrées en 2019 étaient absentes en 2011. De plus, certaines des espèces présentes en 2019 appartenaient au groupe II voir III de l'AMBI. En outre, la typologie selon Eunis n'était pas la même.

5 Conclusions

Sur l'ensemble de la zone d'étude, la granulométrie des sédiments dans la partie subtidale et intertidale s'est révélée être de même nature, caractérisée par les sables [63-2000], avec une très faible proportion de particules < 63 µm. Cette zone d'étude étant définie par un substrat sableux, le statut écologique obtenu à partir de l'étude des peuplements benthiques était « Très bon » dans toutes les stations, qu'elles soient en zone subtidale ou intertidale. Néanmoins, la composition spécifique était très différente entre la zone subtidale et la zone intertidale, celle-ci s'étant notamment caractérisée par la présence d'isopodes, et notamment le genre *Idotea*, dont les préférences écologiques expliquent leur présence dans la partie intertidale.

Les comparaisons des résultats de 2019 avec ceux de l'état initial datant de 2011 ont montré que la zone d'étude n'a pas subi de modification aussi bien dans la structure sédimentaire que dans la structure des communautés benthiques. Seul l'estran s'est caractérisé en 2019 par un milieu plus dense, plus diversifié et une composition spécifique différente.

Il serait intéressant, au cours des prochains suivis, d'échantillonner les mêmes stations, suivant le même protocole, et en étudiant les mêmes paramètres biologiques et physico-chimiques, afin de pouvoir réaliser une étude sur le long terme. Ceci pourrait ainsi permettre de suivre les peuplements benthiques aux abords de l'île d'Ouessant, et de mettre en évidence un éventuel effet des nouvelles installations à venir sur la structure de la faune benthique. A ce jour, les installations déjà présentes ne semblent pas avoir le moindre impact sur la qualité écologique de l'habitat.

6 Bibliographie

- Andral B., 2007. Aide à la définition des conditions de référence pour le contrôle de surveillance au titre de la Directive Cadre Eau pour les bassins Rhône Méditerranée & Corse Mise en œuvre de l'exercice d'intercalibration. RST.DOP/LER-PAC-07-09. 24 pp.
- Bellan-Santini (D), et Ledoyer (M), 1973. Inventaire des Amphipodes Gammariens récoltés dans la région de Marseille. *Téthys*, 4, 4 : 899-933.
- Borja A, Franco J, Perez V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within european estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40:1100–1114.
- Bourdon R., 1965, INVENTAIRE DE LA FAUNE MARINE DE ROSCOFF. AMPHIPODES, Editions de la Station Biologique de Roscoff, 45p.
- Frontier, S. and Pichod-Viale, D., 1993. *Écosystèmes: structure, fonctionnement, évolution*. Collection d'écologie. Paris. 448 p.
- Kruskal, William H; Allen Wallis, W (1952). "Use of ranks in one-criterion analysis of variance". *Journal of the American Statistical Association*. **47** (260): 583–621.
- Lambshead, P. J. D., Platt, H. M., & Shaw, K. M. (1983). The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *Journal of Natural History*, 17(6), 859-874.
- Massé (H.), 1972. Contribution à l'étude de la macrofaune de peuplements de sables fins infralittoraux des côtes de Provence. III. L'anse de Verdon. IV. L'anse de Saint-Gervais (golfe de Fos). *Téthys*, 3, 2 : 283-319.
- Pielou, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, : 131-144.
- Shannon, C.E., W. Weaver (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois, Press, Urbana, IL: 50 pp.
- Vasset N et Dauvin JC, 2011: Guide méthodologique d'étude à long terme du macrobenthos de l'estuaire de la Seine. Recommandations et préconisations pour une application standardisée des protocoles. Rapport Seine Aval: 69pp.

Etude des communautés benthiques des sédiments meubles au large de l'île d'Ouessant
Rapport – Décembre 2019

Taxa	B2					B3					B4					B5					B6					M1	M2	M3
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
<i>Ampelisca spinipes</i>											1																	
<i>Eurydice spinigera</i>											1																	
<i>Diogenes pugilator</i>													1			1												
<i>Ostracoda ind</i>													1															
<i>Urothoe sp.</i>																1											1	
<i>Bathyporeia sarsi</i>																	1											
<i>Idotea balthica</i>																										2		3
<i>Urothoe brevicornis</i>																										1	29	6
<i>Idotea emarginata</i>																												1
<i>Lekanesphaera rugicauda</i>																												38
Chordé <i>Pomatoschistus minutus</i>													1															
Echinodermata <i>Cucumariidae ind</i>		1																										
<i>Ophiura albida</i>								1																				
<i>Echinocyamus pusillus</i>												1				1	1	4			1		1					
<i>Ophiura ophiura</i>																		1										
<i>Leptosynapta inhaerens</i>																							1					
Mollusca <i>Bivalvia ind</i>											1																	
<i>Macomangulus tenuis</i>																		1										
<i>Moerella donacina</i>												1	1	1	3	1		2	1		1	1	1					
<i>Gari fervensis</i>					1																							
<i>Dosinia exoleta</i>											1	1										1						
<i>Tritia incrassata</i>												1		1														
<i>Euspira nitida</i>													1				1	1						1				
<i>Dosinia lupinus</i>															1						1	1						
<i>Ensis siliqua</i>																2												
<i>Lucinoma borealis</i>																	1											

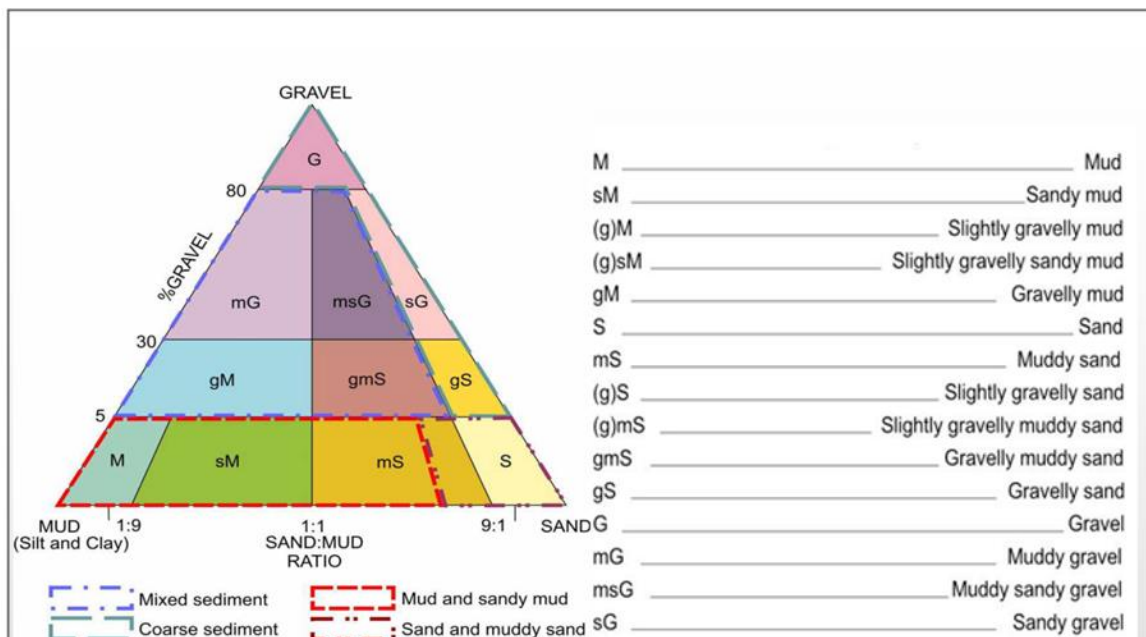


Figure 8. Diagramme triangulaire de Folk (1954).

Les types de sédiments ainsi peuvent ainsi faciliter la comparaison des couvertures sédimentaires entre les données historiques et récentes par exemple et peuvent définir plus précisément des catégories sédimentaires selon les taux de particules fines (< 63 µm) et grossières (> 2 mm) (Dauvin, 1997 ; Foveau, 2009) :

- Les *cailloutis* : moins de 5 % de particules fines < 63 µm, plus de 50 % de galets et coquilles ;
- Les *gravier*s : moins de 50 % de particules fines, moins de 50 % de galets et coquilles, Médiane > 2 mm ;
- Les *sédiments hétérogènes envasés* : plus de 5 % de particules fines, fort pourcentage de galets ou coquilles, Médiane > 500 µm ;
- Les *sables grossiers* : moins de 5 % de particules fines, plus de 50 % de sables et particules > 2 mm, Médiane > 500 µm ;
- Les *sables hétérogènes envasés* : 10 à 30 % de particules fines, 50 à 80 % de sables, sables grossiers et graviers ;
- Les *sables moyens dunaires* : teneur en particules fines presque nulle, moins de 15 % de grains supérieurs à 2 mm, médiane comprise entre 315 et 800 µm ;
- Les *sables fins* : moins de 5 % de particules fines, moins de 15 % de grains supérieurs à 2 mm, médiane < 250 µm ;
- Les *sables fins plus ou moins envasés* : 5 à 25 % de particules fines ;
- Les *vases sableuses* : 25 à 75 % de particules fines ;
- Les *vases* : plus de 75 % de particules fines.

La classification des sédiments marins à l'aide de l'analyse de taille des particules présentes permettent ainsi de caractériser les habitats dans lesquels se développent les communautés benthiques et de (Dauvin, 1997)

11 ANNEXE 11 : SUIVI DES BIOCENOSES DES SUBSTRATS DURS

Gaïa, 2019c. Suivi des biocénoses de substrat durs le long du futur passage des câbles et sur le futur site d'implantation des hydroliennes du projet PHARES dans le Fromveur à Ouessant. 55 p.

Terre Bleue

Gaïa

Subtidal rocheux

Suivi des biocénoses du substrat dur, le long du futur passage des câbles et sur le futur site d'implantation des hydroliennes de PHARES dans le Fromveur à Ouessant

Subtidal (définition)

Zone située en deçà des variations du niveau de l'eau dues aux marées, et par conséquent toujours immergée

Suivi des biocénoses de substrat dur le long du futur passage des câbles et sur le futur site d'implantation des hydroliennes du projet PHARES dans le Fromveur à Ouessant



Version 1.0



Version	Date	Diffusion
V1.0	11/12/19	Transmission SLG et DD
V1.1	16/01/20	Transmission SLG et DD

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de **Gaïa – Terre bleue** ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique :

Gaïa – Terre bleue (sauf mention particulière)

Auteurs

Didier Grosdemange, Océanologue

Gaïa - Terre bleue
 Bureau n°6 – Criée Ouest
 29900 Concarneau - France
 06 08 21 05 67
dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr
www.gaia-terrebleue.fr

Sommaire

1. LE VOLET HYDROLIEN DU PROJET PHARE	5
2. MATERIEL ET METHODE	6
2.1. Rappel sur Les Biocénoses Algales	6
2.2. L'évaluation des Algues Structurantes (DCE-2)	10
2.3. Application au site de Porz ar Lan et du Fromveur	17
2.4. Conditions d'exercice de la Mission	17
3. RESULTATS PAR STATION	20
3.1. Station R1 (zone des 12 m CM)	20
3.2. Station R2 (zone des 21 m CM)	27
3.3. Station R3 (Zone des 36 m CM)	34
3.4. Station R4 (zone des 50 m CM) – Site d'Implantation des Hydroliennes	37
4. DISCUSSION	41
4.1. Typologie et classification des habitats en présence	41
4.2. Application aux Différentes Stations	45
4.3. Comparaison avec les Résultats des Rapports antérieurs	52
5. CONCLUSION	53
6. BIBLIOGRAPHIE	54

Table des illustrations

Figure 1 : Zone d'implantation des deux hydroliennes (source Sabella).....	5
Figure 2 : Vue de la future zone d'implantation	5
Figure 3 : Zonation phytale (source : ADMS)	6
Figure 4 : Exemple de schématisation de la forêt de Laminaires hyperborées (source ADMS)	8
Figure 5 : Forêt de Laminaires au large de Trébeurden (source Balao)	9
Figure 6 : Exemple de détermination des limites d'extension en profondeur des ceintures algales (source MNHN).....	11
Figure 7 : Mesures effectuées sur les Laminaires rugueuses	13
Figure 8 : Effort d'échantillonnage par rapport aux faciès biocénotiques attendus.....	17
Figure 9 : Navire Holen Eusa (source Sabella)	18
Figure 10 : Marée du 20 au 23 août 2019 (source maree.info)	18
Figure 11 : Localisation des sites de plongées.....	19
Figure 12 : Vue d'ensemble au niveau de la station R1 (source Balao).....	20
Figure 13 : La tête de roche s'élève de plusieurs mètres au-dessus du fond (source Balao)	21
Figure 14 : Au premier plan, des Laminaires jaunes (source Balao)	21
Figure 15 : Densité de Laminaires sur la station R1	22
Figure 16 : Longueurs moyenne et cumulée des stipes des laminaires sur R1.....	22
Figure 17 : Quadrat 9 sur le station R1	23
Figure 18 : <i>Callophyllis laciniata</i> (à gauche) et <i>Sabella spallanzanii</i> (à droite) – hors quadrat.....	23
Figure 19 : Éponge à mamelle blanche - <i>Polymastia mamillaris</i>	25
Figure 20 : La sous-strate algale se développe au pied des crampons des laminaires.....	25
Figure 21 : Aperçus de la Station R1 en quelques clichés de sa forêt, de sa sous-strate algale et de quelques uns de ses habitants (source Balao).....	26
Figure 22 : Vue d'ensemble de la station R2 (source Balao)	27
Figure 23 : Densité de Laminaires sur la station R2	28

Figure 24 : Longueurs moyenne et cumulée des stipes des laminaires sur R2.....	28
Figure 25 : Quadrat 1 sur le station R2	29
Figure 26 : Rose des mers (<i>Pentapora foliacea</i>) qui fait partie des animaux Bryozoaires.....	29
Figure 27 : Vues du site dans sa frange extérieure (source Balao et Gaïa)	31
Figure 28 : Aperçus de la Station R2 en quelques clichés de sa forêt, de sa sous-strate algale et de quelques uns de ses habitants (source Balao).....	32
Figure 29 : Suite des aperçus de la Station R2 en quelques clichés de sa forêt, de sa sous-strate algale et de quelques-uns de ses habitants (source Balao).....	33
Figure 30 : État du câble après 4 années d'immersion. A noter l'impressionnante colonisation avec des laminaires de bonnes tailles qui ont poussées sur celui-ci (source Balao).....	33
Figure 31 : Vues du site R3 qui est un tombant chaotique de roche continue (source Balao). Sur la photo du haut, on observe la tâche jaune d'une éponge clione (<i>Cliona celata</i>) et les petites tâches colorés des anémones perles (<i>Corynactis viridis</i>). Sur la photo du bas, on perçoit des gros oursins (<i>Echinus esculentus</i>) et des poissons labridés.	34
Figure 32 : Algues sciaphiles (<i>Acrosorium uncinatum</i>) à gauche et jeune laminaire à droite	35
Figure 33 : La couleur grisâtre du fond est donnée par la faune fixée, représentée essentiellement par des Bryozoaires et des hydraires et, comme au premier plan les tiges dressées de <i>Tubularia indivisa</i> (source Balao).....	35
Figure 34 : Quelques clichés montrant les eepèces caractéristiques du site R3	36
Figure 35 : Vu du site R4 qui apparaît comme un fond rocheux plat avec des éboulis et des gros blocs de plusieurs m3, constituant un jeu important de petits tombants et de failles (source Balao)	37
Figure 36 : Langue de graviers et cailloutis entre deux gros blocs.....	38
Figure 37 : Aperçus de la nature du fond et des espèces fixées sur R4 (source Balao).....	39
Figure 38 : Les éponges fesses d'éléphant peuvent être d'assez grosse taille, comme ici (taille d'un gros ballon de basket) (source Balao).....	40
Figure 39 : Recherche de correspondances dans les typologies d'habitats sur le site de l'INPN	41
Figure 40 : Exemples de la hiérarchie d'EUNIS et les critères utilisés aux différents niveaux	42
Figure 41 : EUNIS traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée (2015).....	43
Figure 42 : Les typologies des biocénoses benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & de Méditerranée (2019 et 2014)	44
Figure 43 : Classification des habitats marins (source EUNIS).....	45
Figure 44 : Logigramme pour la typologie de l'infralittoral (source EUNIS)	46
Figure 45 : Logigramme pour la typologie du circalittoral (source EUNIS).....	47
Tableau 1 : Autre représentation des ceintures (Derrien, 2011).....	8
Tableau 2 : Liste des espèces structurantes en fonction de l'écocéjon (source MNHN)	12
Tableau 3 : Listes des espèces caractéristiques de l'infralittoral en fonction de l'écocéjon (source MNHN)	12
Tableau 4 : Liste des espèces invasives (source MNHN)	13
Tableau 5 : Valeur de référence : limites d'extension en profondeur des ceintures (source MNHN, 2011).....	14
Tableau 6 : Densité des espèces définissant l'étagement (source MNHN, 2011).....	14
Tableau 7 : Notation pour les espèces caractéristiques (source MNHN, 2011)	14
Tableau 8 : Barème pour les espèces opportunistes (source MNHN, 2011)	15
Tableau 9 : Notation de la richesse spécifique (source MNHN, 2011).....	15
Tableau 10 : Notation pour les stipes et épibioses (source MNHN, 2011).....	16
Tableau 11 : Calcul de l'indice de qualité du site (source MNHN, 2011).....	16
Tableau 12 : Site de références (MNHN, 2011)	16
Tableau 13 : Grille de lecture de l'EQR (source MNHN, 2011)	16
Tableau 14 : Liste des espèces de la faune et de la flore sur les quadrats de la station R1	24
Tableau 15 : Liste des espèces de la faune et de la flore sur les quadrats de la station R2	30
Tableau 16 : Expression des faciès des différentes typologies pour la station R1.....	49
Tableau 17 : Expression des faciès des différentes typologies pour la station R2.....	50
Tableau 18 : Expression des faciès des différentes typologies pour la station R3.....	52
Tableau 19 : Expression des faciès des différentes typologies pour la station R4.....	52
Tableau 20 : Extrait de l'EIE de 2015 (source Ecorivage).....	53