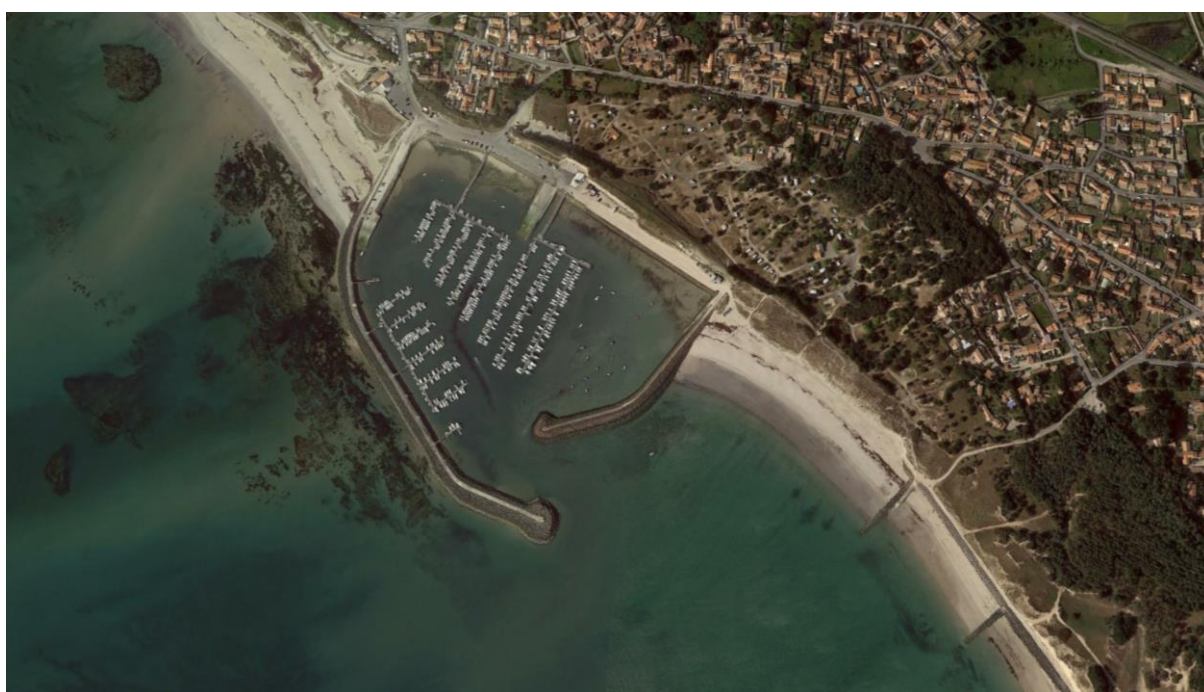


Etude des incidences des dragages du port de Morin

Analyse sédimentaire et inventaire de la faune benthique



Novembre 2018



Écologie en environnements marin et estuarien



Siège social
3, place du Patureau
44 240 La Chapelle sur Erdre
Siret 479 506 404 000 17

Laboratoires
2, rue du Château de l'Eraudière
Immeuble Le Nevada CS 80693
44 306 Nantes Cedex 3

Tel : 09 82 43 12 85
Fax : 09 81 40 84 10
E-mail : al.barille@bio-littoral.fr



Fiche documentaire

Titre : Etude des incidences des dragages du port de Morin ; analyse sédimentaire et inventaire de la faune benthique	
Commande: ARCADIS 18-004/FR0147-18-000658	
Auteurs principaux : A Cocard ; M. Delemarre ; A.L. Barillé	Organisme : Bio-Littoral 
Collaborateurs : N. Harin, A. Le Viavant ; N. Truhaus	Organisme : Bio-Littoral 
Résumé : <p>Le port de Morin a été créé en 1994 sur la côte sud-ouest de l'île de Noirmoutier, arrêtant le transit sédimentaire naturel ouest-est qui amenait le sable vers les plages de la façade sud de l'île. En, 2005 une nouvelle digue a été ajoutée au sud-est du port pour limiter l'ensablement qui se produisait par diffraction de la houle sur la digue du large qui ramenait du sédiment à l'intérieur du port. Cependant, le comblement du port se poursuit et il est nécessaire d'envisager le dragage des sédiments portuaires.</p> <p>L'étude de 2008, montre que le port de Morin est caractérisé par un sédiment essentiellement vaseux colonisé par une faune d'espèces opportunistes qui traduisent une mauvaise qualité écologique du sédiment. Les teneurs en matière organique y sont importantes et le sédiment souvent réduit. La qualité chimique et sanitaire du sédiment est traitée par Arcadis.</p> <p>A contrario, les échantillonnages sur la plage de la Bosse font apparaître un sédiment essentiellement sableux avec une fraction grossière qui augmente vers le large, colonisé par une faune benthique dominée par des crustacés ce qui traduit une très bonne qualité du milieu. La plupart des espèces rencontrées dans ce secteur sont sensibles à l'eutrophisation et à l'enfouissement sous de la vase. Donc un impact écologique important est attendu sur cet écosystème si les rejets de vases portuaires se font sur cette communauté sensible.</p> <p>La zone de plage la plus proche du port semble déjà impactée par cette pratique car les espèces sensibles ont disparues au profit d'espèces communes au chenal. Si le rejet doit se faire, il faut préserver les stations les plus éloignées qui abritent une importante bio-diversité benthique et notamment des bancs de <i>Lanice conchilega</i>. Il est important de préserver les hermines qui se sont développés au bout du premier épi et qui pourraient pâtir d'un enfouissement ou d'un panache turbide trop important qui colmaterait leur tube.</p>	
Mots-Clefs : Dragage portuaire, rejet, impact, faune benthique.	



Sommaire

Fiche documentaire.....	1
I Introduction.....	3
II Protocole d'étude.....	3
II.1 Stratégie d'échantillonnage.....	3
II.1 Traitements au laboratoire.....	6
III Résultats	8
III.1 Analyse sédimentaire	8
III.2 Analyse faunistique	12
III.2.1 Richesse spécifique.....	12
III.2.2 Abondance.....	13
III.2.3 Densité.....	15
Synthèse	24
III.3 Les différents habitats et peuplements observés	24
IV Conclusions.....	28
V Bibliographie.....	30
VI Annexe 1 Caractéristiques sédimentaires des échantillons	32



I Introduction

La Chambre de Commerce et d'Industrie de la Vendée (CCI Vendée) procède régulièrement à des dragages d'entretien des niveaux du fond du port de Morin situé sur l'Île de Noirmoutier. Au regard des enjeux environnementaux du littoral de l'Île de Noirmoutier déclarée zone Natura 2000 et zone de protection spéciale, il apparaît important de suivre l'évolution des rejets réalisés sur la plage de la Bosse, située à côté du port.



Figure 1: Situation géographique du Port de Morin sur l'Île de Noirmoutier.

L'objet de cette proposition technique est de mettre à jour le suivi benthique et les analyses sédimentaires concernant la zone de dragage située à l'intérieur de l'enceinte du port et la zone de rejet sur la plage de la Bosse.

II Protocole d'étude

II.1 Stratégie d'échantillonnage

La stratégie proposée ici tend à permettre un suivi cohérent avec ceux réalisés les années précédentes, tout en s'adaptant aux évolutions portuaires.

Au sein du port, l'échantillonnage de la zone de dragage fait l'objet de 10 stations (Figure 2). Ces prélèvements sont réalisés à l'aide d'une benne d'une surface de 0,1 m² à partir d'un bateau. Ces 10 échantillons serviront aux analyses sédimentaires, faunistiques et géochimiques.

Afin de suivre les populations benthiques sur les zones de rejets (plage de la Bosse), des prélèvements par carottage sont réalisés à pied suivant 6 transects bathymétriques de 3 stations (soit un total de 18 stations échantillonnées) (Figure 2). Afin d'établir un état initial, un échantillonnage est réalisé à l'automne 2018, avant le commencement des travaux. Il devra être poursuivi après la phase des travaux (automne 2019) pour pouvoir caractériser le taux de résilience après enfouissement.

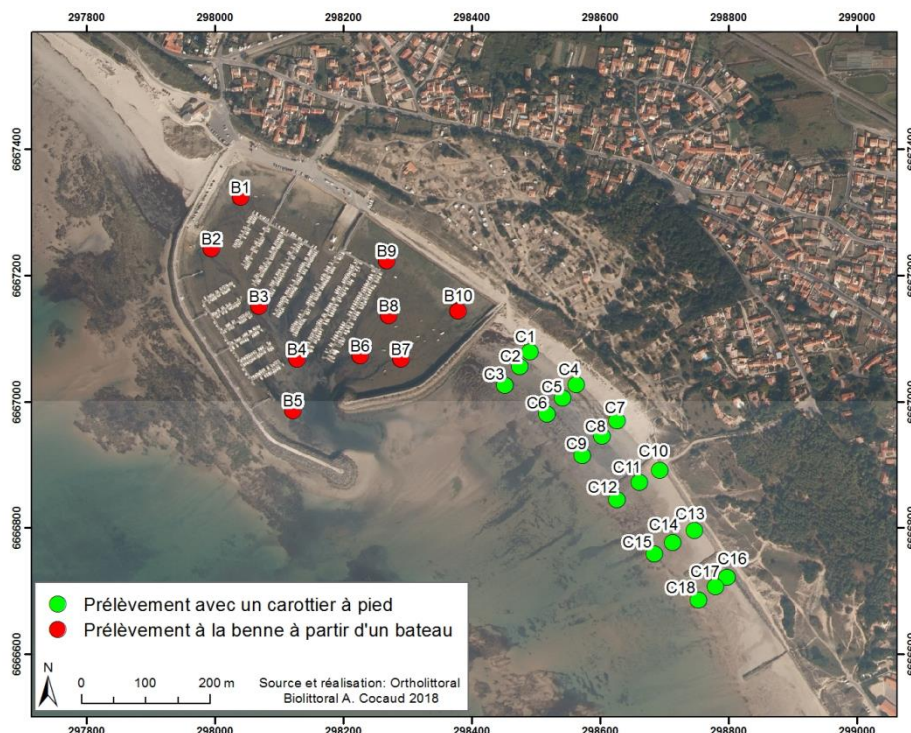


Figure 2: Stratégie d'échantillonnage proposée pour le suivi des incidences du dragage du Port de Morin.

• Prélèvements à la benne pour les zones de dragage.

Le protocole adopté est issu de la norme AFNOR 16 665, établie pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement des échantillons de la macrofaune marine de fonds meubles (macroendofaune). Il est également conforme aux recommandations de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) pour le suivi de la faune benthique des substrats meubles subtidiaux et intertidaux.

Les coordonnées de chaque point de prélèvement sont enregistrées à l'aide du GPS Mobile Mapper CE (précision 1 m). Les stations sont échantillonnées à l'aide d'une benne Van Veen d'une ouverture de 0,1 m² (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.(1)**), manipulée à partir d'un bateau à fond plat (le « TZIGANE II »). Les prélèvements sont tamisés sur une maille carrée de 1 mm (Figure 3 (2)). Le refus de tamis (Figure 3 (3)) est fixé dans une solution de formol à 4% de concentration finale diluée à l'eau de salinité ambiante, tamponnée avec 0,1 g/l de tétraborate de sodium et homogénéisée. A la demande du maître d'ouvrage, il n'a été fait qu'un seul réplicat par station.

A chaque station, une benne supplémentaire est faite afin de prélever un échantillon de sédiment pour l'analyse géochimique et un autre pour l'analyse granulométrique et l'estimation du taux de matière organique. Ce prélèvement est conservé en glacière jusqu'au laboratoire où il est congelé. Chaque benne est traitée séparément de manière à prendre en compte la variabilité intra-station.

Les échantillons pour analyse géochimiques ont été transmis à ARCADIS en charge du traitement.

Les prélèvements ont été réalisés le 10 septembre 2018 à pleine mer lors d'un coefficient de marée de 111, pour permettre l'accès par bateau à toutes les stations.



Figure 3: Benne Van Veen (1) et tamisage des échantillons (2). Refus de tamis de maille 1 mm (3) qui sera conservé dans du formol à 3,5-4,5%.

- **Prélèvements au carottier sur les plages.**

Les prélèvements ont été réalisés le 11 septembre 2018 à basse mer avec un coefficient de marée de 111 afin d'atteindre les points les plus bas.

Sur chaque prélèvement repéré au GPS, 1 carotte est prélevée à l'aide d'un carottier PVC de diamètre extérieur de 20 cm (Figure 4 (1)). Le tamisage sur une maille carrée de 1 mm est effectué aussitôt sur site (Figure 4 (2)). Les refus de tamis sont placés dans des sacs plastiques avec une solution formolée à 4 %. A chaque passage, 2 prélèvements de sédiment sont réalisés avec un plus petit carottier (Figure 4 (3)), en vue des analyses granulométriques et des teneurs en matière organique. La détermination des espèces est réalisée au laboratoire par les spécialistes de Bio-Littoral. A la demande du maître d'ouvrage, il n'a été fait qu'un seul réplicat par station.



Figure 4: Prélèvement par carottier de 20 cm de diamètre (1) posé sur un tamis de 1 mm de maille (2). Petit carottier pour l'analyse granulométrique et la teneur en matière organique du sédiment (3).



II.1 Traitements au laboratoire

• Analyse de la faune benthique

Les échantillons sont tout d'abord lavés en extérieur sur un tamis de maille 1 mm et les effluents formolés sont récupérés dans des bidons pour pouvoir être retraités par une entreprise spécialisée.

Plusieurs rinçages successifs sont opérés, permettant d'éliminer les derniers résidus de sédiments fins (Figure 5 (1)). Après coloration au rose Bengale, les organismes sont soigneusement triés par embranchement puis stockés dans des piluliers dans une solution d'éthanol à 70 % (Figure 5 (2)).

Les déterminations spécifiques sont réalisées par les taxonomistes de Bio-Littoral (Figure 5 (3)).

Annélides : N. TRUHAUD

Mollusques : M. DELEMARRE

Crustacés : M. DELEMARRE

Echinodermes : N. HARIN

Chaque expert travaille en s'appuyant sur la collection de référence et la bibliographie constituées au cours des nombreuses études réalisées sur le littoral régional. La nomenclature utilisée est celle donnée par le World Register of Marine Species (WoRMS) (<http://www.marinespecies.org/>).

A la suite de la détermination de chaque individu, différents descripteurs (richesse spécifique, abondance) sont calculés pour évaluer l'état des peuplements benthiques. La qualité biologique et la sensibilité du milieu sont également estimées au travers d'indices biologiques adaptés.

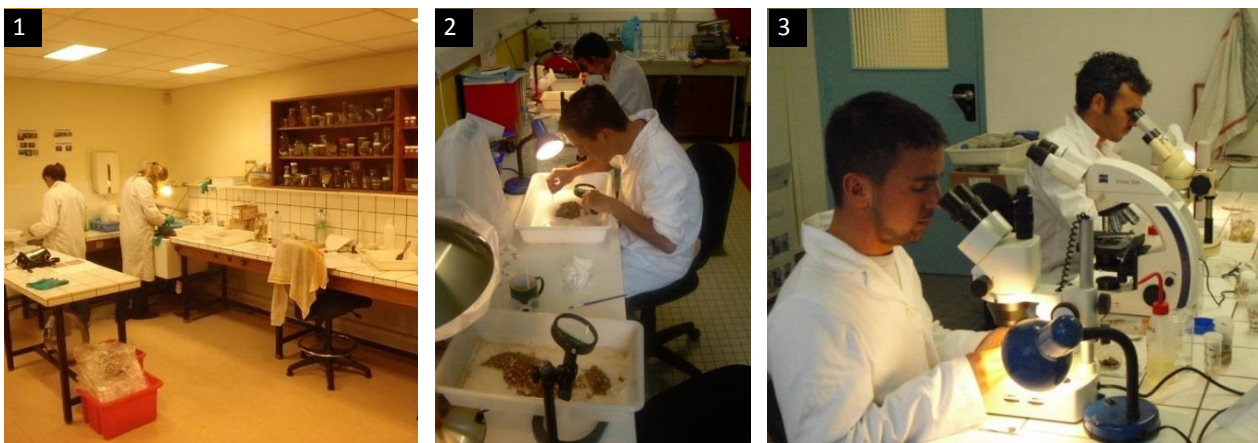


Figure 5 : Derniers lavages des échantillons (1) et tri de la faune (2). Détermination des organismes à la loupe et au microscope (3).

• Analyse du sédiment

Il s'agit de caractériser le milieu meuble dans lequel vivent les organismes benthiques. Une analyse granulométrique, ainsi que la mesure du taux de matière organique sont réalisées sur les échantillons de sédiment non formolés et conservés au congélateur. Ces deux paramètres conditionnent les peuplements benthiques. Certains organismes sont inféodés aux substrats sableux et d'autres préfèrent des sédiments plus fins. De plus, les organismes benthiques ont des niveaux de tolérance très différents vis-à-vis d'un enrichissement en matière organique.



ARCADYS a souhaité confier les analyses granulométriques des stations C2, C5, C8, C12 et C14 situées sur la plage au laboratoire Inovalys qui analyse la qualité sanitaire de ces échantillons. Le sédiment des autres stations a été analysé par Bio-Littoral selon le protocole suivant :

BIO-LITTORAL Protocole pour analyse granulométrique (norme ISO 16 665) :

- Homogénéisation du prélèvement
- Mise de l'échantillon (300 g) à l'étuve pendant 48 heures à 80°C
- Pesée N°1 : masse de l'échantillon sec
- Rinçage et tamisage (63 µm) sous l'eau
- Deuxième séchage à l'étuve 48 heures à 80°C
- Pesée N°2 : masse de l'échantillon sec moins les sels et pélites
- Homogénéisation de l'échantillon
- Pesée N°3 : masse de chacun des six tamis de la colonne à vide
- Tamisage de l'échantillon sur la colonne (20 minutes à 75%)
- Pesée N°4 : masse de chaque tamis de la colonne avec refus

Matériel utilisé : tamiseuse Retsch AS200 avec colonne à 6 tamis (2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm et 63 µm). La maille des tamis répond à la norme ISO/SDIS 16 665 (Figure 6).

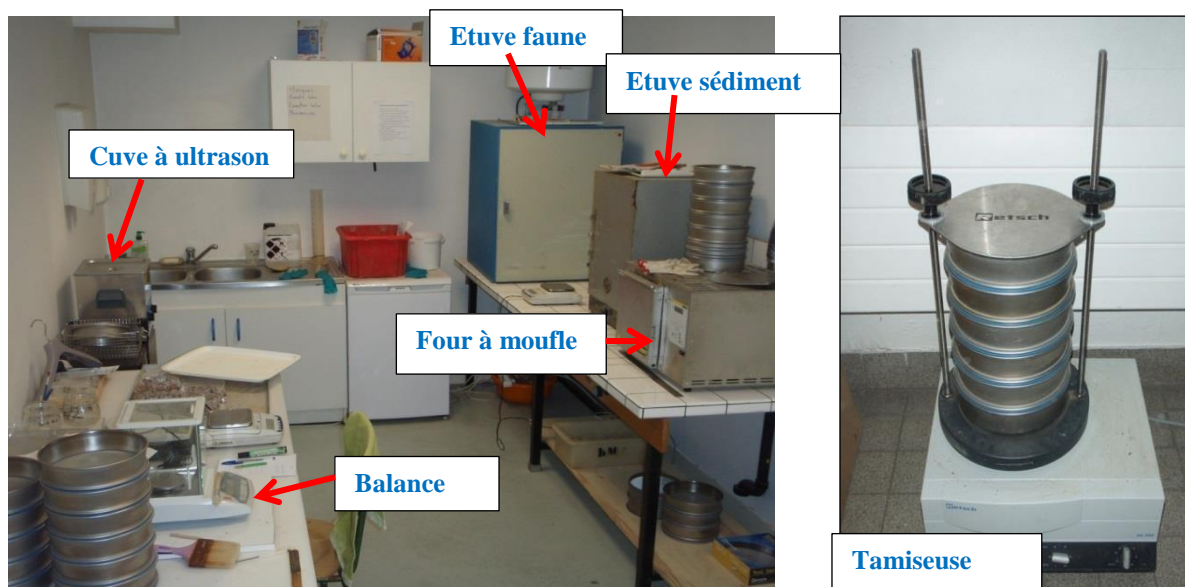


Figure 6 : Tamiseuse RETSCH avec sa colonne de tamis, four à moufle et étuves, nécessaires pour l'analyse sédimentaire.

Protocole pour la mesure du taux de matière organique

- Homogénéisation du prélèvement
- Mise à l'étuve pendant 48 heures à 60°C
- Pesée N°1 : masse de l'échantillon sec
- Passage au four à moufle pendant 4 heures à 450°C
- Pesée N°2 : masse des cendres de l'échantillon

Chaque mesure est effectuée 3 fois sur le même prélèvement de sédiment. La teneur en matière organique est la moyenne des trois valeurs mesurées. La masse de matière organique est obtenue par différence entre les pesées N°1 et les pesées N°2. A 450°C, la matière organique s'est transformée en gaz CO₂ et en vapeur d'eau H₂O.



INNOVALYS Protocole pour analyse sédimentaire.

Le laboratoire INNOVALYS a utilisé une colonne de 5 tamis (2mm, 1mm, 0.2mm, 0.08mm, 0.05mm) pour l'analyse sédimentaire des stations C2, C5, C8, C12 et C14. Aucune analyse de matière organique n'a été faite par Innovalys sur ces échantillons.

III Résultats

III.1 Analyse sédimentaire

L'analyse de la granulométrie des sédiments prélevés montre une différence significative entre les stations (Figure 7). Les photos de chaque prélèvement illustrent cette diversité que ce soit dans les bennes du port de Morin (Figure 8) ou dans les carottes de la plage de la Bosse (Figure 9). Les teneurs en matière organique sont indiquées dans la Figure 10.

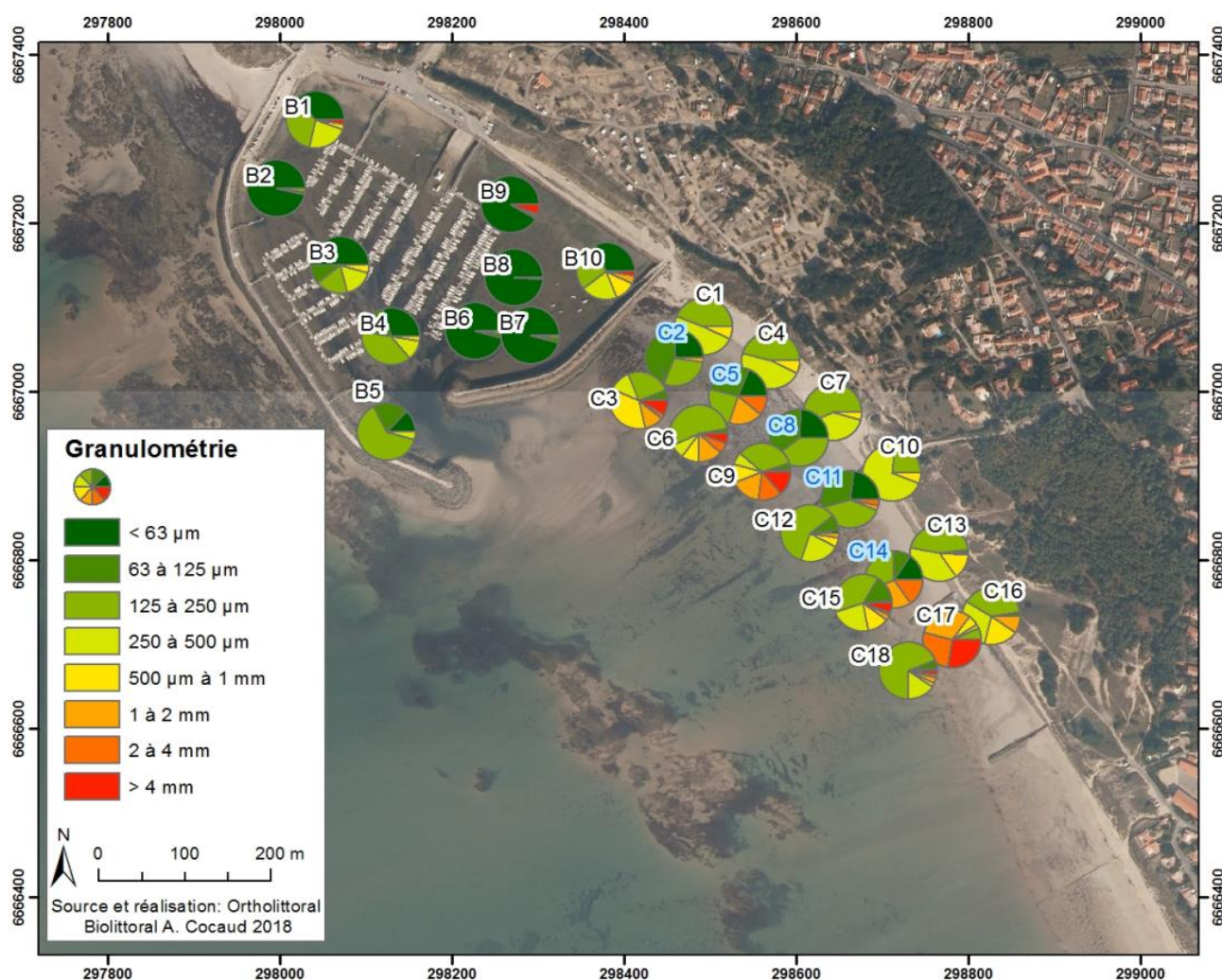


Figure 7 : Proportions des différentes fractions granulométriques des sédiments prélevés (en bleu : stations analysées par les laboratoires Innovalys).



Dans le port de Morin, le sédiment est dominé par les vases riches en matière organique (MO). Les stations B2, B6, B7, B8 et B9 situées dans la zone de mouillage présentent un sédiment composé de plus de 90% de pélites ($<63\mu\text{m}$) et un taux de MO compris entre 9 et 11%. Les stations du chenal (B3, B4, B5) qui doivent être draguées plus fréquemment, montrent un sédiment plus sableux avec plus de 50% de sable fin ($63\text{-}250\mu\text{m}$). La station B3 est particulièrement réduite (couleur noire (Figure 8)) avec une forte teneur en MO (9.93 %). La station B1 est caractérisée par une couche superficielle de vase compacte au-dessus d'un sédiment plus grossier. La station B10, qui se situe dans une zone d'accumulation sableuse, présente un sédiment mixte avec plus de 30 % de vase et 30% de sable fin.

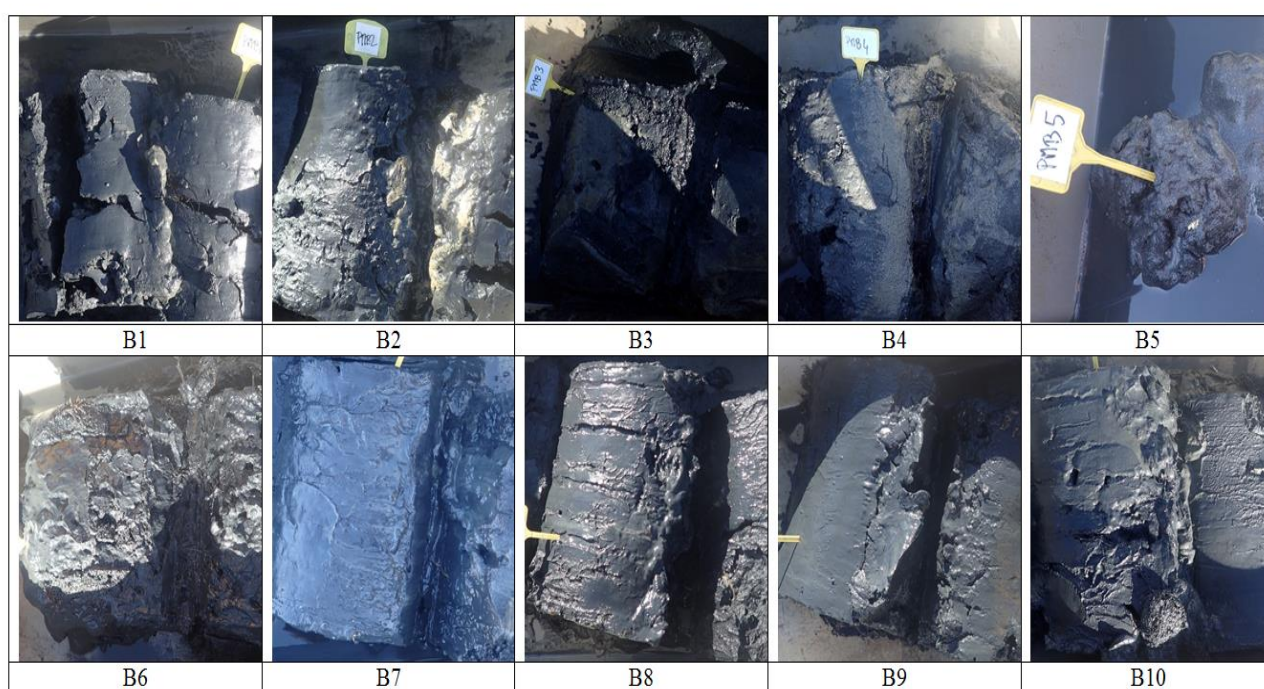


Figure 8 : Photographie des différentes bennes.

Sur la plage de la Bosse (Figure 9), le sédiment est plus hétérogène : les stations de haut de plage sont principalement composées de sable fin ($63\text{-}250\mu\text{m}$), alors que les stations plus aux larges ont un sable plus grossier avec quelques débris de coquilles (notamment des crépidules).

Les granulométries des stations C2, C5, C8, C11 et C14, situées en bas de plage, sont plus vaseuses car elles correspondent à une cuvette où viennent s'accumuler les algues en échouage.

Le sud de la zone est défini par un sédiment assez grossier. La station C17 présente plus de 50% de graviers (galets et coquilles) ($>2\text{mm}$), et la station C14 à proximité est composée en majorité de sables moyens et grossiers.

Une couche d'algues échouées en dégradation a été observée sur l'ensemble de cette zone. Celle-ci a été retirée pour permettre le carottage du sédiment, cependant les teneurs en matière organique sont faibles dans ces sédiments sableux.

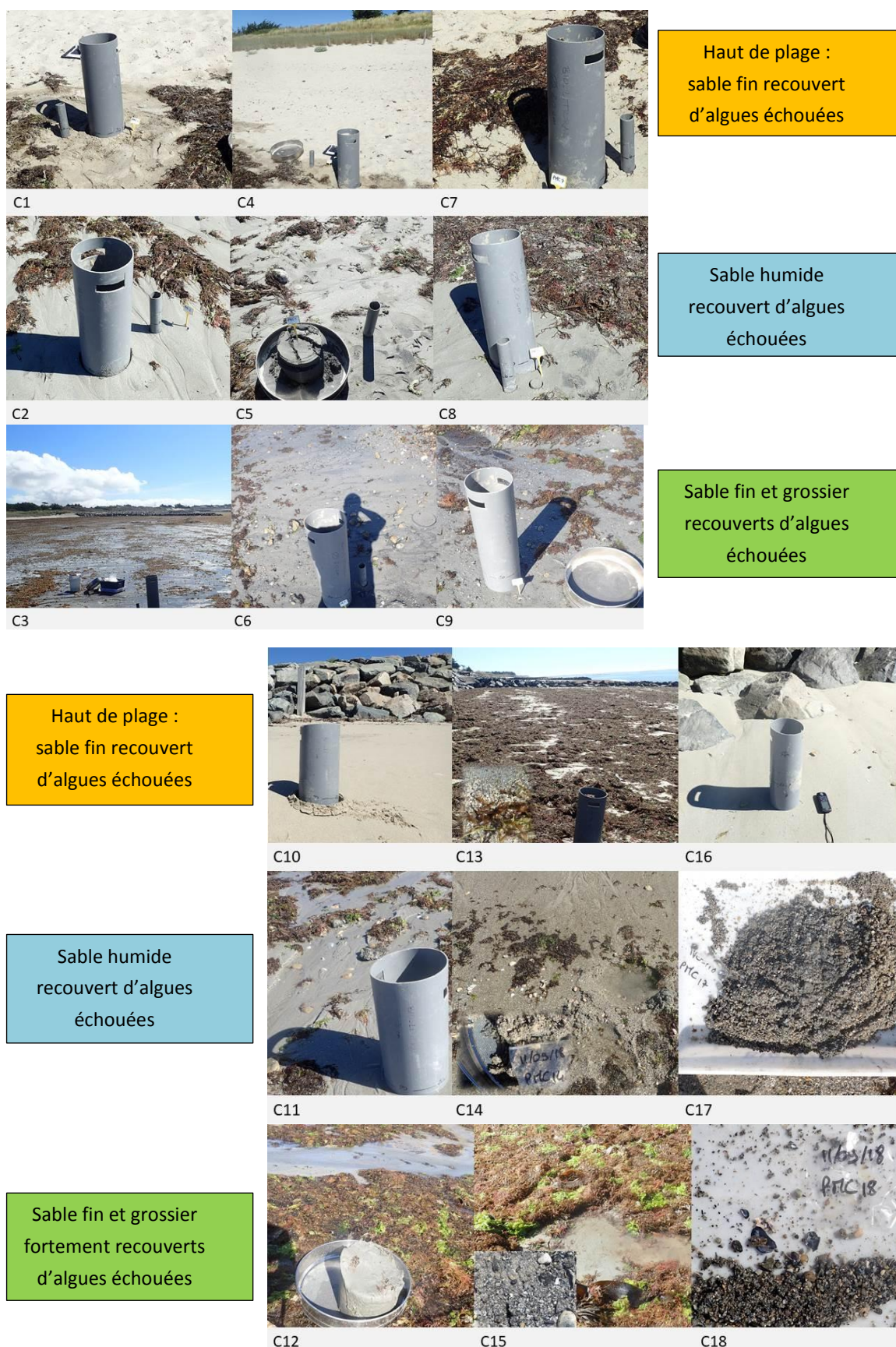


Figure 9 : Photographie des différentes zones carottées.



Les teneurs en matière organique sont plus importantes dans les sédiments riches en vase. Ceci reflète une réalité écologique mais les valeurs peuvent être accentuées par un biais méthodologique lié à la technique de la perte-au-feu pourtant utilisée dans tous les suivis de la Directive Cadre Européenne et appliquée en routine sur les suivis nationaux. En effet une partie de l'eau de constitution des argiles (qui constitue une part importante de la fraction fine sur le littoral régional), est comptabilisé comme de la matière organique par cette méthode.

La station B3 qui a un sédiment plus grossier, est la seule station qui présente une teneur très élevée en matière organique.

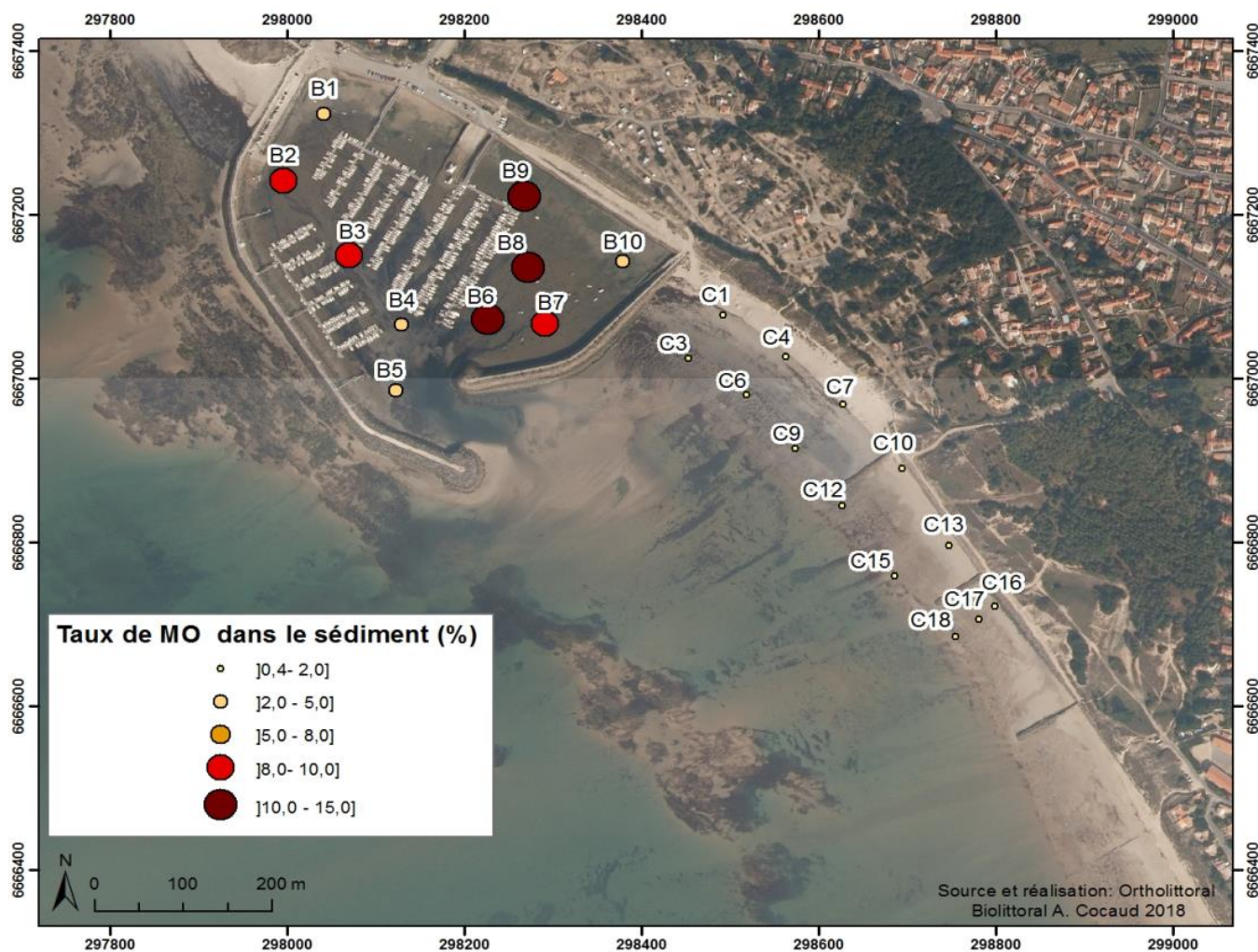


Figure 10 : Teneurs en matière organique dans les sédiments prélevés.



III.2 Analyse faunistique

III.2.1 Richesse spécifique

Au cours de cet échantillonnage, 64 taxons ont été identifiés sur les 28 stations étudiées. Il s'agit de 19 taxons d'annélides, 34 taxons de crustacés, 10 taxons de mollusques, 1 nématode, 1 platyhelminthe et 1 cnidaire (Tableau 1).

Tableau 1 : Inventaire des espèces ou taxons trouvés sur les 23 stations.

Annelides	Crustacés
<i>Aphelocheata</i> sp.	<i>Hesperibalanus fallax</i>
<i>Arenicola marina</i>	Copepoda
<i>Capitella capitata</i>	Aoridae
Cirratulidae	<i>Nototropis guttatus</i> (<i>Iphinoe trispinosa</i>)
<i>Dipolydora</i> sp.	<i>Nototropis swammerdamei</i>
<i>Eteone longa</i>	<i>Apherusa bispinosa</i>
<i>Glycera</i> sp.	<i>Apherusa jurinei</i>
<i>Hediste diversicolor</i>	<i>Caprella acanthifera</i>
<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Phthisica marina</i>
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	Corophiidae
<i>Nephtys hombergii</i>	<i>Dexamine</i> sp. (<i>Dexamine spinosa</i>)
Oligochaeta	<i>Gammaridae</i> (<i>Gammarus locusta</i>)
<i>Phyllodoce</i> sp. (<i>groenlandica</i>)	<i>Siphonoecetes</i> sp.
<i>Scolecopsis (Scolecopsis) squamata</i>	<i>Microprotopus maculatus</i>
<i>Scoloplos armiger</i>	<i>Monoculodes</i> sp.
Serpulidae	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>
Spionidae	Stenothoidae
<i>Streblospio</i> sp.	Talitridae
Syllidae	<i>Urothoe poseidonis</i>
Mollusques	<i>Bodotria scorpioides</i>
<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Cumopsis goodsir</i>
<i>Donax vittatus</i>	<i>Eocuma dollfusi</i>
<i>kurtiella bidentata</i>	<i>Iphinoe</i> (<i>Iphinoe trispinosa</i>)
<i>Limecola balthica</i>	<i>Pseudocuma</i> (<i>Pseudocuma</i>) <i>longicorne</i>
<i>Macomangulus tenuis</i>	<i>Carcinus maenas</i>
<i>Peringia ulvae</i>	<i>Philocheras fasciatus</i>
<i>Rissoa parva</i>	<i>Hippolyte varians</i>
<i>Ruditapes</i> sp. (<i>R. Philippinarium</i>)	<i>Eurydice affinis</i>
<i>Scrobicularia plana</i>	<i>Idotea</i> sp.
<i>Tricolia pullus</i>	<i>Idotea balthica</i>
Nematodes	<i>Lekanesphaera levii</i>
Nematodes indéterminés	<i>Mesopodopsis slabberi</i>
Cnidaire	<i>Siriella</i> sp.
Cnidaire indéterminés	Mysida
Platyhelminthes	
Platyhelminthes indéterminés	



III.2.2 Abondance

Les abondances correspondent au nombre d'individus récoltés dans chacun des échantillons. Pour rappel, dans le port de Morin, la surface échantillonnée à la benne est de 0.1m² (Tableau 2). Sur la plage de la Bosse, la surface échantillonnée par station est de 0.029m² (Tableau 3).

A noter l'absence de faune en B1, ce qui est un résultat attendu compte tenu de la couche de vase argileuse indurée en surface, qui ne permet pas de fouissage par les espèces.

Espèce indicatrices

Les espèces peuvent être classées dans différents groupes écologiques (classification AMBI). Ces groupes définis par GRALL ET GLEMAREC (1997) ont été établis en fonction de la sensibilité des espèces face à une augmentation du stress environnemental, et plus particulièrement une augmentation de la pollution organique.

Tableau 2 : Abondance d'organismes par station dans le port de Morin prélevés sur 0,1 m² (Indice Ambi : Espèces opportunistes / espèces sensibles à une eutrophisation).

Nb ind/benne (0,1 m ²)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	Total
Annélides											
<i>Aphelocheata sp.</i>										11	11
<i>Arenicola marina</i>		1			2					2	5
<i>Capitella capitata</i>			2	9	56						67
Cirratulidae					1						1
<i>Dipolydora sp.</i>										2	2
<i>Hediste diversicolor</i>		32	1			32	14	50	27	63	219
<i>Heteromastus filiformis</i>		15				1	4	3	2	14	39
<i>Malacoceros fuliginosus</i>				1	2						3
<i>Nephtys hombergii</i>									1		1
<i>Oligochaeta</i>		3			25		1		1		30
<i>Streblospio sp.</i>										2	2
Cnidaires											
Espèce indéterminée						1				1	2
Crustacés											
<i>Bodotria scorpioides</i>										1	1
<i>Carcinus maenas</i>										5	5
<i>Iphinoe trispinosa</i>					7						7
Mollusques											
Cardiidae			1								1
<i>kurtiella bidentata</i>					1			1			2
<i>Limecola balthica</i>		2							2	5	9
<i>Peringia ulvae</i>		338	2		2	32	72	234	246	1351	2277
<i>Rissoa parva</i>					1	3					4
<i>Ruditapes sp. ; R. Philippinarum</i>					1				1	1	3
<i>Scrobicularia plana</i>		54				4	5	18	46	23	150
Platyhelminthes											
Espèce indéterminée										1	1

Trois espèces classées comme opportunistes et proliférant dans les sédiments réduits ont été répertoriées. Elles sont plus particulièrement abondantes dans le port de Morin, surtout en B4 et B5 qui sont des stations du chenal. D'après la classification AMBI ces deux stations sont classées comme perturbées.



Tableau 3: Abondance d'organismes par station sur la plage soit une surface de 0,029 m² (Indice Ambi :
Espèces opportunistes / espèces sensibles à une eutrophisation).

Nb ind/carotte (0,029 m ²)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Total
Annélides																			
<i>Capitella capitata</i>									6										6
<i>Eteone longa</i>			1																1
<i>Glycera sp.</i>																	1		1
<i>Malacoceros fuliginosus</i>			2						16										18
<i>Phyllodoce sp. ; P. groenlandica</i>										1				1					2
<i>Scolecipis (Scolecipis) squamata</i>	1	56				1				3		2	4			193			260
<i>Scoloplos armiger</i>																	1		1
<i>Serpulidae</i>					1														1
<i>Spionidae</i>									1										1
<i>Syllidae</i>														2					2
Crustacés																			
Amphipoda (espèces indéterminées)					4				1						1				6
<i>Aoridae</i>									1					3	2				6
<i>Apherusa sp. ; A. bispinosa ; A. jurinei</i>					1				6		3		3	4					17
<i>Atylidae ; Nototropis guttatus ; N. swammerdamei</i>					17	7			35		8	4	15	10	3	24			123
<i>Bodotria scorpioides</i>																	2		2
<i>Caprella acanthifera</i>															1				1
Copepoda					1	3							4				6		14
Corophiidae						1													1
<i>Cumopsis goodsir</i>														1	1		14		16
<i>Dexamine sp. ; D. spinosa</i>						1			1		1			2	1				6
<i>Eocuma dollfusi</i>																	1		1
<i>Eurydice affinis</i>																1			1
<i>Gammarus locusta ; Gammaridae</i>					1	1	2				1	4	1	2					12
<i>Hesperibalanus fallax</i>					1									1					2
<i>Hippolyte varians</i>															4				4
<i>Idotea balthica</i>																	1		1
<i>Idotea (cf chelipes)</i>									5				1						6
<i>Iphinoe sp. ; I. trispinosa</i>						1									1	1	7	4	14
<i>Lekanesphaera levii</i>																	1		1
<i>Mesopodopsis slabberi</i>					3	1													4
<i>Microtopus maculatus</i>														4	1		1	1	7
<i>Monoculodes sp.</i>						1													1
Mysida						2								1					3
<i>Periculodes longimanus longimanus</i>																1	2		3
<i>Philocheilus fasciatus</i>																	1		1
<i>Phtisica marina</i>						1								1					2
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>																	7		7
<i>Siphonocetes sp.</i>														1	7		1	215	224
<i>Siriella sp.</i>					1	3													4
Stenothoidae														1					1
Talitridae									1										1
<i>Urothoe poseidonis</i>															1				1
Mollusques																			
<i>Cardiidae</i>														1			2		3
<i>Donax vittatus</i>																		5	5
<i>Macomangulus tenuis</i>															1				1
<i>Rissoa parva</i>					21	1		9	3		2	5	2	7	8		2		60
<i>Tricolia pullus</i>					1														1
Nematodes																			
Espèce indéterminée									2					2					4



D'après la classification AMBI, 16 espèces, dont 12 espèces de crustacés, sont classées comme sensibles à l'eutrophisation. Ce qui signifie qu'elles disparaissent en premier lors de l'enrichissement du milieu. Sur la plage, ces espèces sont présentes sur toutes les stations de la zone ce qui semble démontrer une bonne qualité du milieu sauf dans la zone située près du port (C1, C2, C3).

III.2.3 Densité

La densité représente un nombre d'individu ramené au mètre carré à des fins de comparaison entre stations (Figure 11).

Il est important de rappeler que chaque stations ne bénéficie que d'un seul réplicat. La surface échantillonnée est donc de 0.1m^2 par benne dans le port tandis que les surfaces échantillonnées par carottier n'est que de 0.029m^2 . En conséquence les espèces rares peuvent ne pas être prélevées et le calcul des densités par mètre carré exacerbe les espèces dominantes.

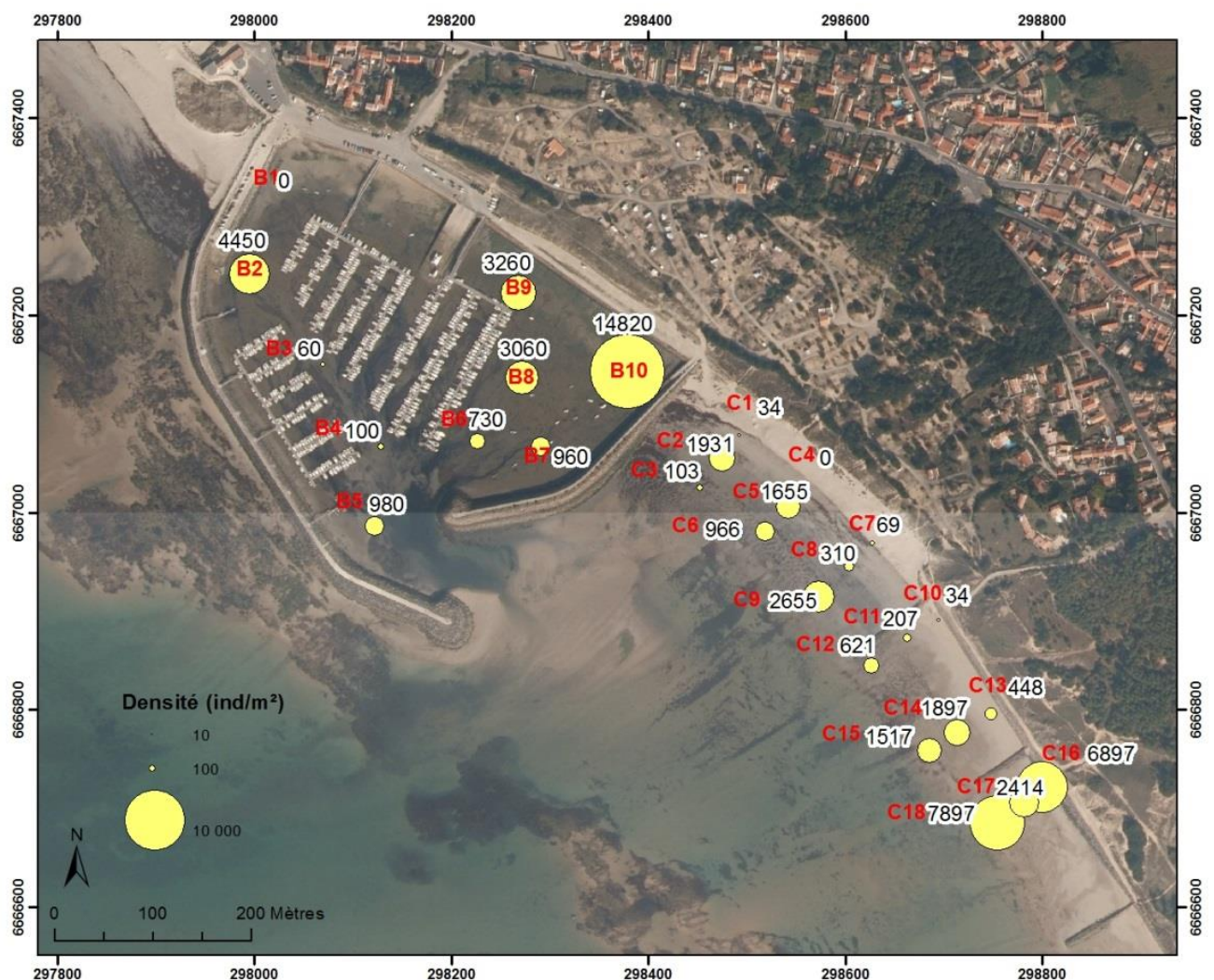


Figure 11 : Densités par groupes faunistiques (en noir sur blanc, nb d'ind/m²).



La cartographie des densités (nb ind/m²) montre des différences entre les secteurs (Figure 11). Les plus fortes densités d'organismes sont observées aux stations B10 (14 820 ind/m²), C18 (7 897 ind/m²) et C16 (6 897 ind/m²). Aucun individu n'a été observé sur les stations B1 et C4.

Les densités sont exprimées en fonction des différents embranchements afin de traduire la structure des peuplements benthiques à chaque station (Figure 12).

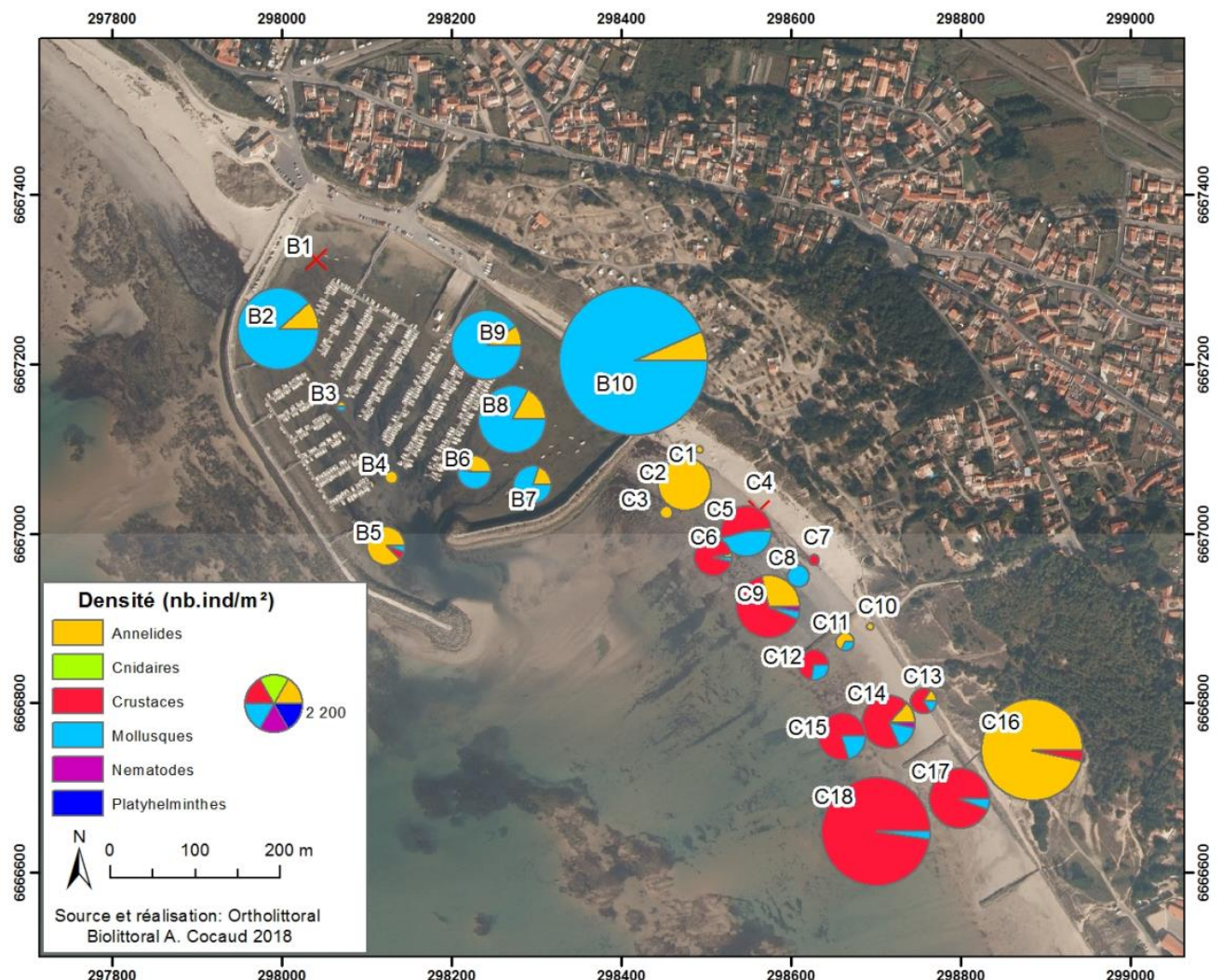


Figure 12 : Densités et proportions des différents embranchements de la faune benthique étudiée.

Les peuplements présentent une zonation très marquée selon le secteur considéré.

Dans le port, les fortes densités sont principalement dues à l'abondance de mollusques qui dominent largement le peuplement sur cette zone. Les annélides sont majoritaires seulement sur les deux stations du chenal B5 et B4 considérées comme perturbées.

Sur la plage, les crustacés sont les plus abondants, à l'exception des stations (C1, C2, C3) proches de la digue du port dominés par les annélides dont *Malacoceros fuliginosus* qui caractérise les stations du chenal. Cela pourrait provenir d'un rejet des vases portuaires sur cette zone qui aurait été ensuite recouverte par du sable.

La station C16 présente un peuplement particulier dominé par une espèce d'annélide *Scolecopsis squamata* qui est caractéristique des plages de sable fin à moyen bien drainées et pauvres en



matière organique, ce qui correspond au biotope trouvé. En effet, seule la station C16 présente ce type de granulométrie sur les hauts de plages échantillonnés.

Dans le chapitre suivant, les densités sont représentées par espèces pour les trois principaux embranchements faunistiques rencontrés (Mollusques, Crustacés et Annélides).

LES MOLLUSQUES :

Les espèces de mollusques observées sont très différentes selon la zone échantillonnée (Figure 13).

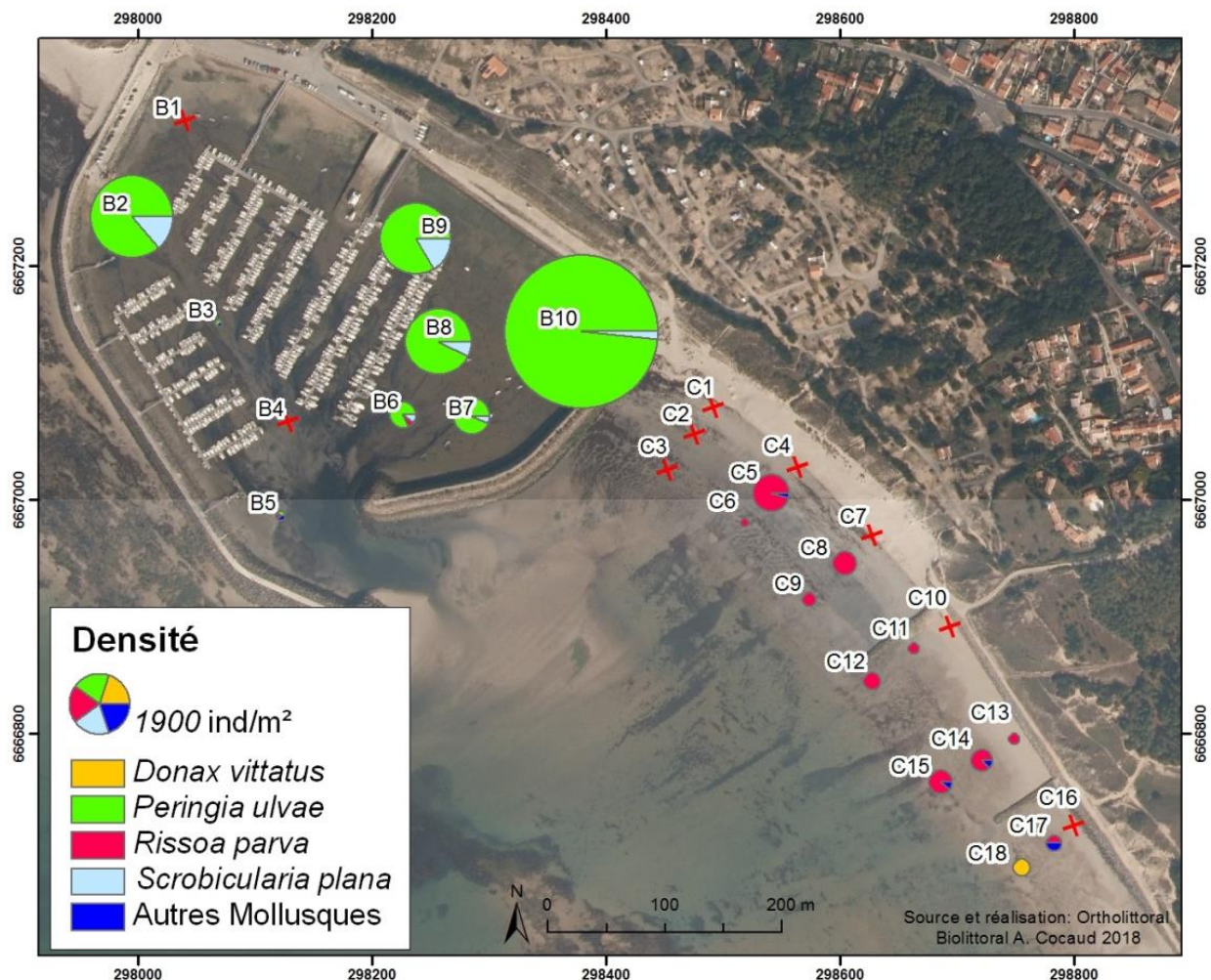


Figure 13 : Densités (ind/m²) et proportions des différentes espèces de mollusques.

Dans le port de Morin, le peuplement est composé principalement de 2 espèces : *Peringia ulvae* et *Scrobicularia plana*. Ces deux espèces sont très abondantes (>320 ind/m²) sur les stations situées sur la zone de mouillage (B6 à B10) et sur B2. En revanche, elles sont en faibles densités voire absentes au niveau des stations du chenal ce qui semble traduire un récent dragage. L'absence de ces deux espèces sur la plage est liée à la granulométrie trop sableuse pour ces espèces.

Seule *Rissoa parva* est observée en forte densité sur les stations en bas de plage. Cette espèce vit dans les algues qui sont retrouvées en échouage; elle n'est donc pas caractéristique du milieu. Le bivalve *Donax vittatus* est majoritaire en bas d'estran, sur une seule station (C18) située tout au sud du secteur étudié.



- ***Peringia ulvae* (anciennement *Hydrobia ulvae*)**



Ce gastéropode prosobranchie fréquente les eaux marines à saumâtres des estuaires européens et montre une large tolérance aux variations de salinité (jusqu'à 10 psu). *Peringia ulvae* se situe principalement dans la partie supérieure des vasières intertidales et à moindre densité dans la partie intermédiaire (Haubois et al, 2002). Les individus vivent à la surface du sédiment et peuvent s'enfouir jusqu'à 1 cm de profondeur (Fretter et Graham, 1962). Leur régime trophique dans les vasières est constitué de débris de surface et surtout de microphytobenthos (film de microalgues qui se développe en surface des vasières) qu'ils broutent en avançant sur la vase (Jackson, 2000). En hiver, *Peringia ulvae* se situe essentiellement dans la laisse de mer, en limite supérieure de la zone intertidale, tandis qu'elles seront présentes sur la partie haute de l'estran le reste de l'année pour brouter le microphytobenthos qui s'y développe.

- ***Rissoa parva***



Ce petit Gastéropode marin est très abondant sur les estrans rocheux à partir du niveau de mi-marée jusqu'à une profondeur de 15 mètres environ. C'est un brouteur qui consomme la végétation épiphytique des grandes algues (se développant à leur surface) et également un détritivore. Leur observation sur la zone étudiée est directement liée à la présence des algues en échouage. Dans la plupart des échantillons, de nombreux individus ont été observés fraîchement morts dans les coquilles.

- ***Donax vittatus***



La donace des canards est un bivalve commun du haut de l'infralittoral au médiolittoral des grandes plages ouvertes où elle vit enfouie dans le sable fin. Cet organisme filtreur suspensivore a la capacité de se déplacer suivant la marée montante et descendante. La donace représente une proie pour de nombreuses espèces d'oiseaux, de poissons ou de mollusques gastéropodes.

- ***Scrobicularia plana***



Ce bivalve vit enfoui dans les vases de l'étage médiolittoral où il peut s'enfoncer au-delà de 20 cm. Il peut supporter des salinités variables, comprises entre 10 et 34 psu. Il se nourrit de bactéries, de matières en suspension et de microphytobenthos. Dépositivore à marée basse, il devient suspensivore à marée haute. Cette espèce « gonochorique » (gamètes mâles et femelles provenant d'individus différents) pond en septembre (Robineau, 1986).



LES CRUSTACÉS :

Le peuplement de crustacés observé est constitué de différentes espèces selon la zone considérée (Figure 14).

Dans le port, aucune espèce de crustacés n'a été observée, sauf en B10 où 1 *Bodotria* et 5 petits crabes verts (< 1cm) ont été comptabilisés dans le prélèvement ; et en B5 qui recense une seule espèce avec 7 *Iphinoe tripsinosa*.

Les stations de la plage, en particulier les plus éloignées du port, sont peuplées de plusieurs espèces. Au total, 34 taxons ont été identifiés. Les individus étudiés sont de petites tailles et difficiles à déterminer jusqu'à l'espèce. La plupart des amphipodes observés vivent dans les algues échouées et ne sont donc pas particulièrement caractéristiques du milieu sableux du site (*Atylidae*). Toutefois, les amphipodes *Siphonocetes*, dominants en C18 (7 414 ind/m²) et abondants en C15 (241 ind/m²), vivent dans les coquilles mortes de *Rissoa parva* et sont caractéristiques de ces stations de sable coquillé. Les cumacés, (*Cumopsis goodsir*, *Iphinoe tripsinosa*, *Pseudocuma longicorne*) vivant enfouis dans les sables intertidaux sont abondants en C17.

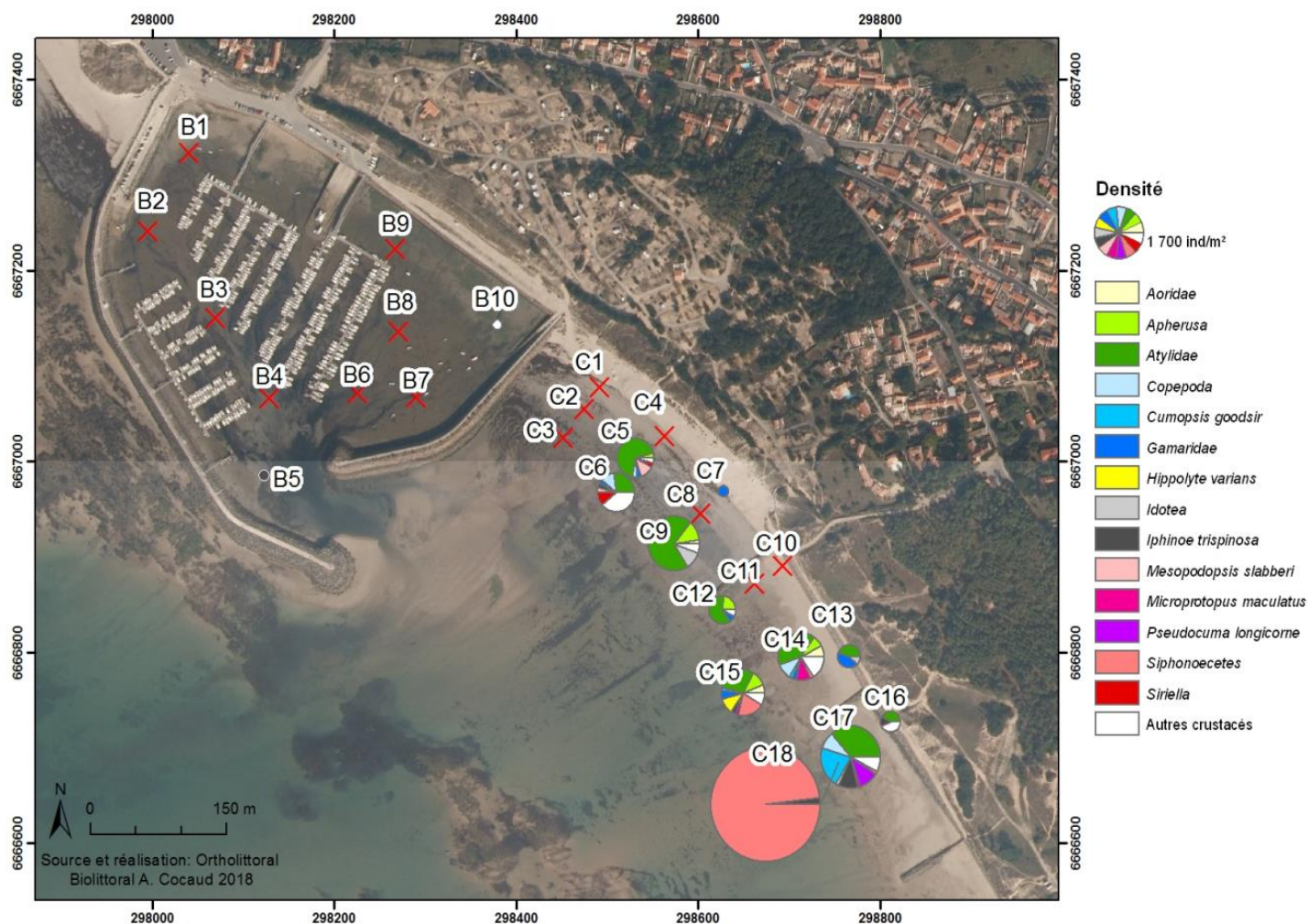


Figure 14 : Densités (ind/m²) et proportions des différentes espèces de crustacés.



- ***Apherusa* sp. (*A. bispinosa*; *A. jurinei*)**



Les *Apherusa* sont des petits amphipodes rencontrés exclusivement parmi les algues dans les zones subtidales peu profondes ou dans les cuvettes intertidales. Ces espèces peuvent être localement très abondantes dans ce type de biotope. *A. bispinosa* fréquente les milieux abrités ou les cuvettes en milieu moyennement battu tandis que *A. jurinei* peut être rencontré également en milieu très battu. (Toulmond & Truchot, 1964). Leur observation ici est uniquement due à la présence des algues en échouage.

- **Atylidae (*Nototropis guttatus* ; *N. swammerdamei*)**



Ces petits amphipodes fréquentent les petits fonds de sable de l'intertidal bas à plusieurs dizaines de mètres de profondeurs. Ces espèces sont généralement associées à des milieux algaux ou aux sous-strates d'herbiers et sont également caractéristiques des biotopes de détritus d'algues des plages à marée basse (Toulmond & Truchot, 1964).

- **Copepoda**



Ces très petits crustacés, généralement de taille inférieure à 2 mm, constituent une composante importante du plancton. Certaines espèces sont également caractérisées par un mode de vie benthique. Les copépodes peuvent être présents en grand nombre en milieu intertidal dans les cuvettes ou parmi les algues. Ils sont à la base du régime alimentaire de nombreux animaux marins.

- ***Cumopsis goodsir***



Ce cumacé est une espèce principalement intertidale à dominante benthique, qui fréquente les plages abritées du médiolittoral jusqu'à quelques mètres de profondeur. Les individus ont une préférence pour les sédiments fins dans lesquels ils creusent des terriers (Jones, 1976).

- ***Iphinoe* sp. (*I. trispinosa*)**



Les cumacés du genre *Iphinoe* sont le plus souvent rencontrés sur les petits fonds et en zone intertidale, sur des plages de sable fin plus ou moins vaseux. Certaines espèces (telles que *I. trispinosa*) ont également pu être observées jusqu'à 150 m de profondeur (Jones, 1976).



- *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*



Ce petit cumacé est une espèce côtière présentant une large répartition (toutes les côtes atlantiques européennes, la Mer du Nord, Méditerranée et la Mer Noire). Il vit sur les petits fonds sableux ou vaseux de l'infra-littoral jusqu'à 130 m de profondeur (Jones, 1976).

- *Siphonocetes sp.*



Ces petits amphipodes s'observent sur les milieux de sable fin, sur les plages ou en infra-littoral. Les individus sont connus pour occuper des coquilles vides de mollusques gastéropodes ou scaphopodes (les dentales) qu'ils prolongent par un tube irrégulier en incorporant des grains de sédiments fins et des débris coquilliers (Chevreux et Fage, 1925). Ils peuvent également construire des tubes libres à partir de valves isolées de bivalves (Bellan-Santini et al., 1982). Les organismes observés ici occupaient principalement des coquilles de *Rissoa parva*.

LES ANNÉLIDES :

Les peuplements d'annélides (Figure 15) sont très différents selon les secteurs.

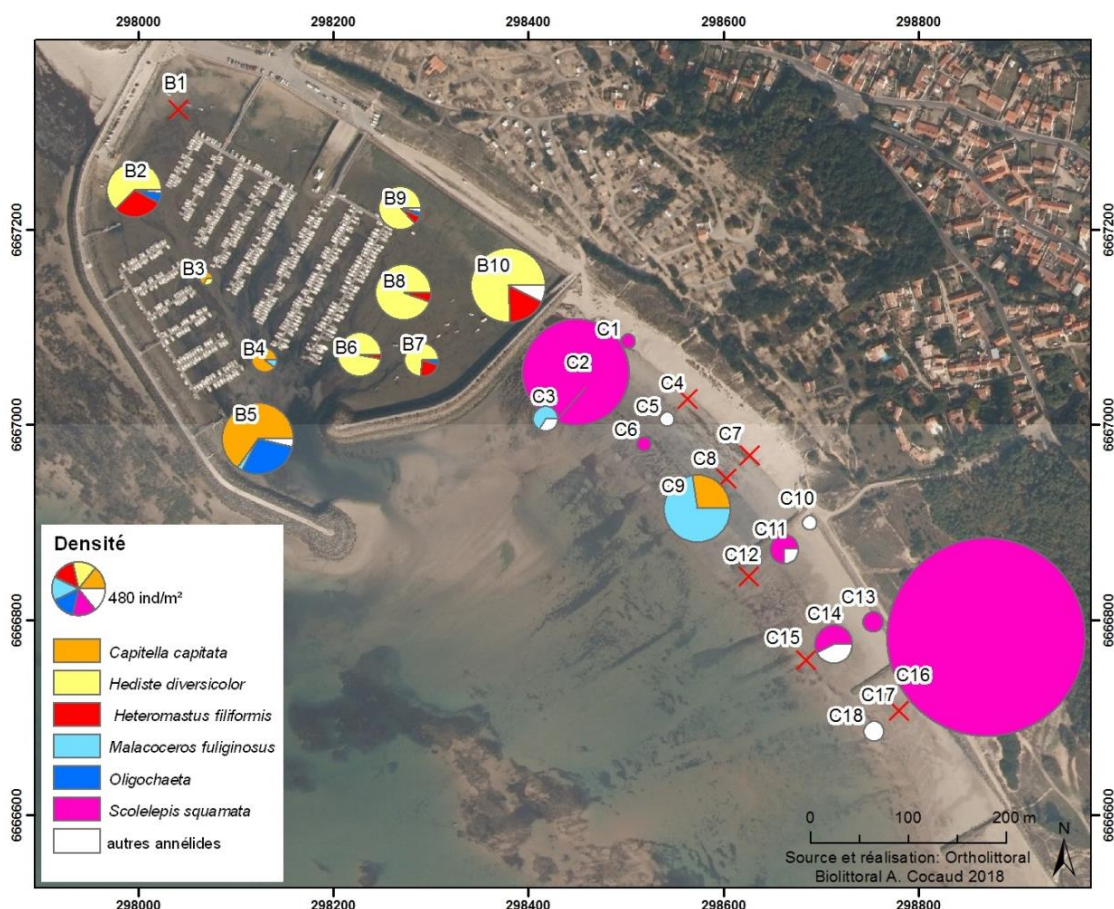


Figure 15 : Densités et proportions des différentes espèces d'annélides et de nématodes (ind/m²).



Dans le port, les stations du chenal B5, B4 et B3 sont dominées par *Capitella capitata* et des oligochètes qui sont des espèces opportunistes très tolérantes au stress environnemental. Cependant les faibles densités rencontrées en B3 montrent que le fort taux de matière organique est un facteur très perturbant. Dans les autres stations à l'exception de B1 azoïque, c'est l'annélide *Hediste diversicolor* qui domine le peuplement d'annélides, accompagné par *Heteromastus filiformis*. Ces deux espèces sont caractéristiques des milieux vaseux.

Sur la plage, l'annélide *Scolelepis squamata* caractéristique des sables de la zone intertidale, domine sur les stations C1, C2, C11, C13, C14, C16. Plus au large, sur les stations C3 et C9, les peuplements d'annélides sont semblables à ceux du chenal avec des espèces opportunistes telles que *Malacoceros fuliginosus* et *Capitella capitata*. Cette similitude pourrait provenir des rejets de sédiments dragués dans le chenal qui sont ensuite rejetés en bas d'estran sur les plages de la Bosse à l'aide d'une conduite.

- **Oligochaeta**



La détermination des oligochètes au niveau spécifique étant très difficile, ils sont regroupés dans cette étude sous le terme Oligochaeta.

- ***Malacoceros fuliginosus***



Annélides vivant en galerie dans les sables noirs sous les pierres où dans les vases. En forte densité cette espèce est caractéristique de pollution organique.

- ***Scolelepis (Scolelepis) squamata***



Cet annélide vit dans les sédiments sablo- vaseux à partir de la limite inférieure de l'intertidal jusqu'au subtidal peu profond. Il tolère de faibles niveaux de salinité et fréquente souvent les estuaires.



- ***Capitella capitata***



Ce petit annélide est présent dans tous les types de sédiments, en particulier dans les substrats vaseux. Il est retrouvé de l'intertidal au circalittoral. C'est une espèce opportuniste tolérante aux conditions de stress et souvent rencontrée dans les eaux polluées (rejets d'égouts, hydrocarbures, métaux...) où elle rivalise avec les espèces moins tolérantes. Une grande abondance de *C. capitata* peut être considérée comme une indication des eaux polluées.

- ***Hediste diversicolor***



Ce gros annélide polychète, de 6 à 12 cm de long, vit dans des galeries creusées dans la vase pouvant aller jusqu'à 30 cm de profondeur. Très tolérant à la salinité et aux températures élevées, il se déplace à la recherche de matière détritique et de microphytobenthos (dépositivore). Il peut également filtrer les microalgues de la colonne d'eau à marée haute (suspensivore) (Fernandes et al., 2006). Il constitue une

ressource trophique essentielle pour de nombreux poissons tels que le bar, l'anguille, le flet, la sole, ainsi que pour les deux crevettes *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* (Marchand et al., 1977 ; Bio-Littoral, 2007) et pour les oiseaux tels que le tadorne de Belon, l'avocette, le bécasseau cocorli ou la barge rousse (Budd, 2008). Cette espèce survie à des hypoxies prolongées (Budd, 2008)

- ***Heteromastus filiformis***



Cet annélide, qui peut atteindre près de 15 cm, creuse des galeries tapissées d'une fine couche de mucus, dans les vases de la zone intertidale (Shaffer, 1983). Dépositivore, il se nourrit de matière organique et de bactéries mais ses larves sont planctonophages. La reproduction s'effectue au début du printemps, les œufs sont alors déposés dans des cocons à la surface du sédiment (Beukema et al., 2000). Tolérant à la

dessalure, il supporte très bien des forts taux de matière organique. Plusieurs études ont mis en avant son rôle important dans le processus de sédimentation et de bioturbation (Gillet et Gorman, 2002).



Synthèse

III.3 Les différents habitats et peuplements observés

• Le Port

La faune benthique du port est dominée par de fortes densités d'organismes inféodés au substrat vaseux et adaptés aux milieux fermés. **3 habitats ont été observés au cours de l'échantillonnage de septembre 2018** (Figure 16) :

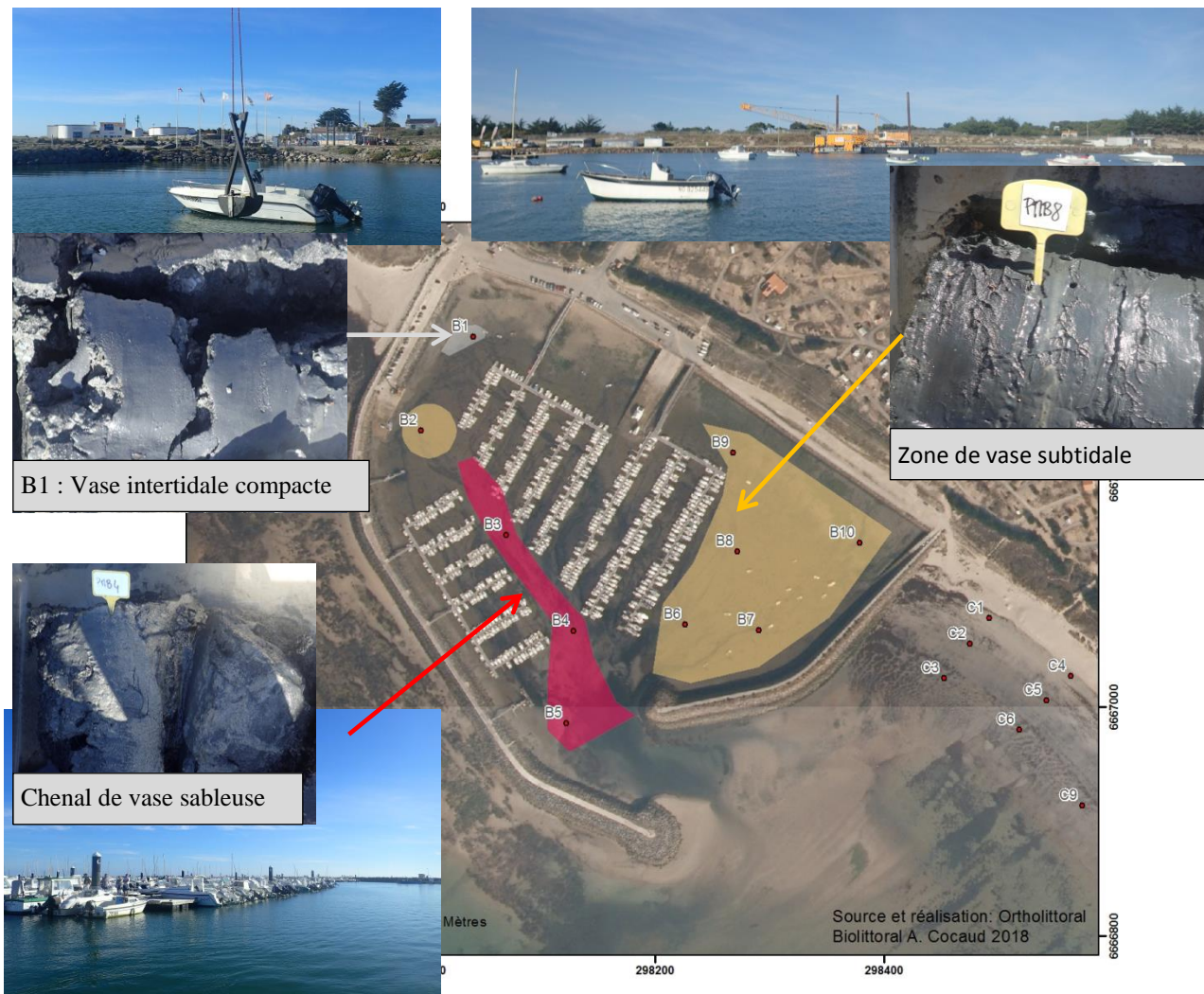


Figure 16: Les différents habitats observés dans le Port de Morin.

- Une zone très pauvre est observée dans le fond du port située à la limite de la zone intertidale. La vase argileuse prélevée sur la station B1 est trop compacte pour accueillir des organismes.
- Une grande zone de vase plus fluide, située au niveau des mouillages jusqu'à la station B2, riche en matière organique, abrite des espèces tolérantes comme les mollusques *Peringia ulvae* et *Scrobicularia plana* accompagnés des annélides *Hediste diversicolor* et *Heteromastus filiformis*.
- Les stations B3, B4 et B5, situées dans le chenal, présentent un sédiment sableux vaseux qui abrite peu d'espèces. Les densités de mollusques y sont faibles (<50 ind/m²) et la population d'annélides est dominée par l'espèce *Capitella capitata* et par des



Oligochètes caractéristiques de milieux réduits (très pauvres en oxygène). La station B3 est particulièrement riche en matière organique, avec un sédiment de couleur noir, qui explique que même les espèces les plus robustes ont du mal à survivre. Les stations B4 et B5, ont du être draguées plus récemment ou bénéficient de l'effet de chasse lors de la marée descendante.

- **La plage**

La faune benthique observée sur la plage est dominée par des organismes tels que *Rissoa parva*, *Atylidae sp.* et *Copeoda sp.* qui vivent dans les algues échouées. Les algues entraînent ces espèces caractéristiques du milieu rocheux où elles croissent. Ce peuplement n'est donc pas caractéristique des plages de sables.

Cette accumulation de macroalgues est un phénomène récurrent qui se produit généralement en automne comme le montre l'image satellitaire prise en septembre 2014 (Figure 17). A terme, la dégradation des algues enrichit le milieu en matière organique.



Figure 17 : Accumulation d'algues en échouage sur la plage de la Bosse. Image satellitaire de septembre 2014 et photographie du site en septembre 2018.



5 zones peuvent être mises en évidence sur la plage:

- **Le haut de plage**, où peu d'algues sont échouées, présente des densités d'espèces faibles voire nulles (C4). Les populations sont dominées par l'annélide *Scolecopsis squamata* et par des petits crustacés (*Iphinoe*.) caractéristiques des sables intertidaux hauts.
- **Plus au large**, la zone de sables envasés est colonisée principalement par des espèces vivant dans les dépôts d'algues (*Rissoa parva*, *Atylidae*.)
- **Au sud de la zone étudiée**, le sable plus grossier est colonisé par une plus forte densité d'espèces caractéristiques du milieu sédimentaire en place (*Cumopsis goodsir*, *Iphinoe trispinosa*, *Pseudocuma longicorne*, *Donax vittatus*).
- **Au 1^{er} épis**, des **hermelles** (*Sabellaria alveolata*) ont été observées sur les roches du premier épis (Figure 18). Les hermelles sont des vers qui construisent leurs tubes avec des grains de sable d'un diamètre moyen. L'agglomération de plusieurs tubes peut former des blocs de plus d'un mètre de haut. Lorsque la surface occupée par ces gros blocs est étendue (plusieurs dizaines de m²), on parle alors de récifs d'hermelles qui sont des habitats remarquables protégés. Leur présence témoigne d'un transit occasionnel de sable nécessaire pour la construction des tubes et par conséquent, d'un certain hydrodynamisme. Ces constructions abritent une faune riche et diversifiée. Cependant, elles sont fragiles et sont vite dégradées lorsque la pression de pêche à pied est trop importante ou qu'une modification hydrologique provoque leur enfouissement. Sur la plage de la Bosse, la surface colonisée occupe quelques mètres carrés, recouvert par des ulves en automne.



Figure 18: Zone d'hermelles observée sur l'extrémité du 1^{er} épi de la plage.



Figure 19: Les différents habitats observés sur la plage de la Bosse.



- **Au sud-ouest de la zone**, un habitat à vers bio-constructeurs, certainement *Lanice conchilega*, a été aperçu. Ce ver vit dans un tube formé de grains de sable et de morceaux de coquillages qu'il agglomère avec du mucus. En forte densité, ils jouent un rôle d'espèce-ingénieur, en stabilisant le fond par bio-sédimentation et en contribuant à la formation ou au renforcement de certains récifs ou bancs de sables dits biogéniques. Ce dernier est considéré comme une espèce à protéger au titre d'habitat récif (*Rabaut 2007*) (comme les récifs d'hémelles)

IV Conclusions

Le port de Morin a été créé en 1994 sur la côte sud-ouest de l'île de Noirmoutier, arrêtant le transit sédimentaire naturel ouest-est qui amenait le sable vers les plages de la façade sud de l'île. En 2005 une nouvelle digue a été ajoutée au sud-est du port pour limiter l'ensablement qui se produisait par diffraction de la houle sur la digue du large qui ramenait du sédiment à l'intérieur du port. Cependant, le comblement du port se poursuit et il est nécessaire d'envisager le dragage des sédiments portuaires.

Parallèlement, en l'absence d'apport de sable par le transit sédimentaire naturel stoppé par la construction du port, les plages sableuses de la Bosse s'érodent. Une solution pratique et peu onéreuse a donc été trouvée :

Le dragage du port de Morin se fait au moyen d'une drague aspiratrice stationnaire (Figure 20). Le rejet doit se faire à l'aide d'une conduite jusqu'à l'estran concerné. Pour la plage de la Bosse, l'embout de la conduite est placé à la cote -1 mètre CM (c'est-à-dire 1 mètre au-dessus du zéro marin) pour être accessible à marée basse pour des besoins éventuels d'intervention et d'entretien. Le rejet hydraulique ne doit avoir lieu que lorsque l'embout de la conduite est sous eau pour assurer une bonne dispersion des sédiments par les courants et houles hivernales.

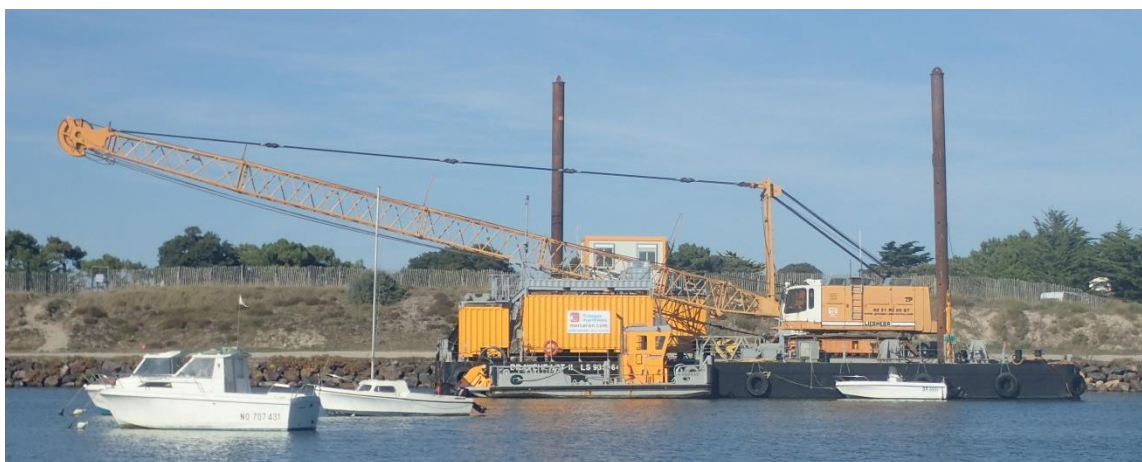


Figure 20 : Drague aspiratrice stationnaire en poste dans le port de Morin le 10 septembre 2018.

L'étude de 2004 réalisée par In Vivo indique que le sédiment dragué dans le port était de nature essentiellement sableuse avec seulement 2 stations sur les 12 avec plus de 50% de pélites (> 63µm). Compte tenu de la bonne qualité sanitaire de ce sédiment, l'étude de 2004 conclue qu'il y a un très faible et temporaire impact à rejeter le sédiment du port sur le bas estran de la plage de la Bosse constitué essentiellement de sable grossier.



A noter : l'inventaire faune et flore réalisé en 2004, porte uniquement sur les espèces présentes dans l'enceinte portuaire ou sur les platiers rocheux situés à l'extérieur de la digue. Aucun inventaire n'a été fait sur la faune benthique de la plage de la Bosse.

L'étude de 2008, fait apparaître des résultats très différents de ceux de 2004. En effet, le port de Morin est caractérisé par un sédiment essentiellement vaseux colonisé par une faune d'espèces opportunistes qui traduisent une mauvaise qualité écologique du sédiment. Les teneurs en matière organique y sont importantes et le sédiment souvent réduit. La qualité chimique et sanitaire du sédiment est traitée par Arcadis. A contrario, les échantillonnages sur la plage de la Bosse font apparaître un sédiment essentiellement sableux avec une fraction grossière qui augmente vers le large, colonisé par une faune benthique dominée par des crustacés ce qui traduit une très bonne qualité du milieu. La plupart des espèces rencontrées sur les plages sont sensibles à l'eutrophisation et à l'enfouissement sous de la vase. Donc un impact écologique important est attendu sur cet écosystème si les rejets de vases portuaires se font sur cette communauté sensible.

Il semble que la zone de plage qui se situe parallèlement à la digue Sud-est du port (stations C1, C2, C3), ait déjà subi un dépôt portuaire, car aucun crustacé n'a pu y être observé en septembre 2018, mais on y retrouve certaines espèces opportuniste communes au peuplement benthique du chenal portuaire telle que *Malacoceros fuliginosus*.

En conséquence, si l'autorisation de rejet des sédiments portuaires est accordée il serait préférable que ces rejets se fassent au plus près du port sur une zone déjà impactée. En effet plus on s'éloigne du port plus la biodiversité de la faune benthique augmente. Les bancs de *Lanice conchilega* qui se trouvent en bas d'estran dans la zone la plus éloignée du port sont à protéger de l'envasement.

Il sera également important de veiller à ce que le panache turbide généré par le rejet ne vienne pas colmater les tubes des hermines situés au bout du premier épis.



V Bibliographie

- Armitage P., Cranston P.S., and Pinder L.C.V., 1994. The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges. Chapman and Hall, London, 572 p.
- Bajjouk T., HILY Ch., Giacomini E., 2010. Fiche de Synthèse Habitat "Herbiers".
- Bellan-Santini D., Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer, M., Myers A., Ruffo S. & Schiecke U., 1982. The Amphipoda of the Mediterranean. Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco, 13. Institut Océanographique: Monaco. 364 pp.
- Beukema J. J., Essink K. & Dekker R., 2000. Long-term observations on the dynamics of three species of polychaetes living on tidal flats of the Wadden Sea: the role of weather and predator-prey interactions. Journal of Animal Ecology, 69, 31-44.
- Bio-Littoral, 2007. Etude du régime alimentaire des poissons de l'estuaire de la Loire. Rapport GIP Loire Estuaire, 43 p.
- Budd G., 2008. Hediste diversicolor. Ragworm. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Chevreaux E., Fage L., 1925. FAUNE DE FRANCE n° 9, AMPHIPODES, ed. P. Lechevalier, 488p.
- Fish J.D. & Fish S., 1996. A student's guide to the seashore. Second edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fretter V. & Graham A., 1962. British Prosobranch molluscs: their functional anatomy and ecology. Ray Society, London.
- Fernandes S., Meysman F.J.R. & Sobral P., 2006. The influence of Cu contamination on *Nereis diversicolor* bioturbation. Marine Chemistry 102, 148-158.
- Gillet P. et E. Gorman. 2002. Population Structure and Secondary Production of *Heteromastus filiformis* (Polychaeta: Capitellidae) in the Loire Estuary, France. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 82, 395-402.
- Grall J. & Glemarec M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. Est Coastal Shelf Sci. 44, 43-53.
- Gruet Y., Vimpère J., 2009. Étude des mollusques aquatiques et terrestres du polder de Sébastopol (Noirmoutier, Vendée). collab. J.-L. Eulin, F. Monniot. La Roche-sur-Yon : Les naturalistes vendéens, 2009, 34 p.
- Haubois A.-G., Guarini J.-M., Richard P., Blanchard G.-F., Sauriau P.-G., 2002. Spatio-temporal differentiation in the population structure of *Hydrobia ulvae* on an intertidal mudflat (Marennes-Oleron Bay, France). J. Mar. Biol. Ass. UK 82, 605 - 614.
- Jackson A., 2000. *Peringia ulvae* Laver spire shell. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1295>.
- Jones N. S., 1976. British cumaceans. Synopses of the British Fauna (ns), 7. The Linnean Society of London, 66pp.
- Marchand J., Denayer J.C. & Monfort D., 1977. Etude écologique de la basse-Loire de Nantes à Saint-Nazaire (invertébrés-vertébrés). Contrat OREAM n°959-76-002-04, 130 p.
- Pearson TH, Rosenberg R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 16: 229-311
- Quéro J.C., Vayne J.J., 1998. Les fruits de la mer et plantes marines des pêches françaises. Delachaux et Niestlé.



- Rabaut M, Guilini , Van Hoey, Vincx, Degraer, 2007. A bio-engineered soft-bottom environment: The impact of *Lanice conchilega* on the benthic species-specific densities and community structure.
- Robineau B., 1986. Les peuplements benthiques de l'estuaire de la Loire. Doctorat UBO, 330p.
- Shaffer P. L., 1983. Population ecology of *Heteromastus filiformis* (Polychaeta : Capitallidae). Netherlands Journal of Sea Research 17 (1), 106-25.
- Toulmond A. & Truchot J.-P., 1964. Inventaire de la faune marine de Roscoff. Amphipodes et Cumacés. Tro!'. Slat.Biol. Roscoff; (n.s.), 15: 1-42.
- Tyler-Walters H. & Hiscock K., 2015. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. <https://www.marlin.ac.uk/habitat/detail/1130>.
- Udekem d'Acoz C. d', 2004. Zoologische Verhandelingen, The genus *Bathyporeia*, 1855 in western Europe, Nationaal Natuurhistorisch museum.



VI Annexe 1 : Caractéristiques sédimentaires des échantillons

Tableau 4 : Caractéristiques sédimentaires des échantillons : pourcentages des différentes fractions granulométriques et teneurs en matière organique. ^{*1} analyses réalisées par les laboratoires Inovalys et Agrolab.

Station		MO %	Granulométrie (µm)							Receptacle
			>4000	[4000;2000]	[2000;1000]	[1000;500]	[500;250]	[250;125]	[125;63]	
				>2000 ^{*1}	[2000;1000] ^{*1}			[1000;200] ^{*1}	[200;80] ^{*1}	Receptacle ^{*1}
plage de la Bosse (carottes)	C1	0,46%	0,00%	0,00%	0,11%	7,23%	47,72%	43,33%	0,75%	0,38%
	C2			0,40%	2,50%			28,10%	45,30%	23,70%
	C3	1,05%	8,33%	2,70%	10,45%	34,91%	12,34%	25,26%	4,89%	1,12%
	C4	0,83%	0,00%	0,00%	0,21%	7,36%	45,62%	45,66%	0,67%	0,35%
	C5 ^{*1}			11,30%	19,00%			23,90%	26,50%	19,30%
	C6	0,76%	5,68%	6,04%	13,39%	9,53%	8,48%	52,73%	3,09%	0,94%
	C7	0,44%	0,00%	0,00%	0,23%	4,65%	38,35%	55,73%	0,73%	0,25%
	C8 ^{*1}			0,30%	0,70%			39,40%	35,50%	24,10%
	C9	0,90%	13,28%	13,48%	17,36%	10,29%	6,89%	33,09%	3,89%	1,48%
	C10	0,72%	0,00%	0,09%	0,26%	6,09%	69,13%	23,55%	0,52%	0,38%
	C11 ^{*1}			3,50%	2,80%			39,20%	31,50%	23,00%
	C12	1,21%	0,00%	0,88%	2,66%	5,55%	21,33%	58,90%	9,11%	1,51%
	C13	0,76%	0,00%	0,10%	1,02%	14,49%	37,03%	45,41%	1,63%	0,31%
	C14 ^{*1}			15,30%	28,10%			30,90%	10,40%	15,30%
	C15	1,10%	5,37%	1,80%	3,08%	11,68%	22,84%	38,64%	14,78%	1,80%
	C16	0,92%	0,11%	0,81%	9,53%	18,76%	29,22%	38,25%	2,52%	0,79%
	C17	0,83%	26,84%	26,34%	31,02%	5,98%	2,11%	6,48%	0,78%	0,45%
	C18	1,12%	1,81%	2,26%	3,12%	2,38%	15,10%	68,87%	4,84%	1,38%
Port de Morin (bennes)	B1	4,25%	2,37%	0,22%	0,79%	3,11%	22,61%	32,97%	1,69%	36,02%
	B2	9,81%	0,00%	0,04%	0,17%	0,14%	0,26%	1,86%	1,61%	95,66%
	B3	9,93%	0,00%	0,06%	0,98%	4,41%	16,35%	18,24%	10,88%	49,08%
	B4	4,48%	0,02%	0,18%	0,52%	2,96%	10,90%	38,31%	17,82%	29,21%
	B5	2,60%	0,00%	0,00%	0,03%	0,39%	4,60%	62,27%	20,04%	12,69%
	B6	10,94%	0,07%	0,00%	0,15%	0,21%	0,20%	1,45%	2,60%	95,07%
	B7	9,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,28%	1,48%	2,30%	95,72%
	B8	11,57%	0,13%	0,00%	0,04%	0,06%	0,04%	0,37%	1,07%	97,98%
	B9	10,68%	5,74%	0,05%	0,16%	0,32%	0,28%	1,36%	1,23%	90,58%
	B10	3,68%	2,26%	0,43%	4,79%	11,86%	20,51%	25,55%	3,41%	31,09%