



HAL
open science

Etudes environnementales archéologiques et contemporaines de l'estuaire de la Saire à l'île Tatihou

Gwendoline Gregoire, Anne Duperret, Régis Gallon, Henri Gandois, Sandric Lesourd, Cyril Marcigny, C. Marion, Yann Méar, Anne Murat, Emmanuel Poizot, et al.

► **To cite this version:**

Gwendoline Gregoire, Anne Duperret, Régis Gallon, Henri Gandois, Sandric Lesourd, et al.. Etudes environnementales archéologiques et contemporaines de l'estuaire de la Saire à l'île Tatihou. Réseau d'Observation du Littoral; CNAM - IntechMer. 2019, 33 p. <hal-03975393>

HAL Id: hal-03975393

<https://hal.science/hal-03975393v1>

Submitted on 3 May 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

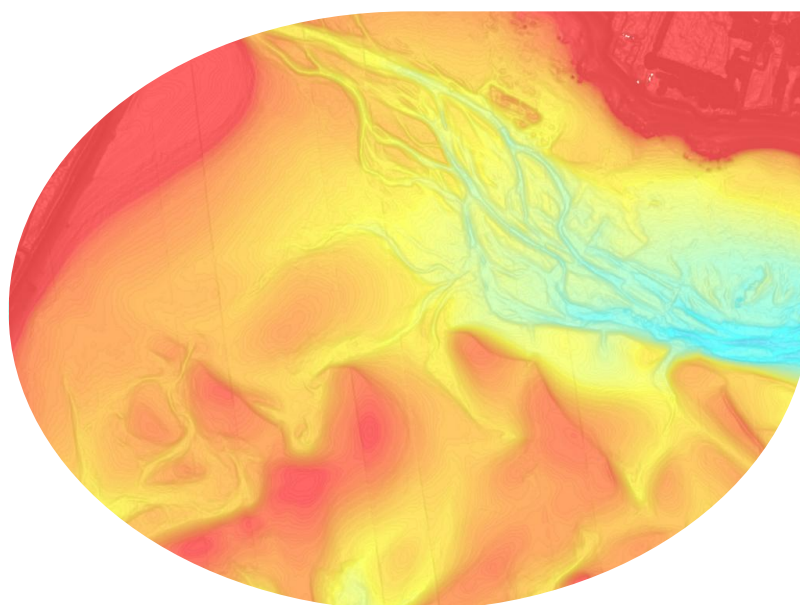
ROL Réseau d'observation du Littoral
Normandie - Hauts-de-France



Etudes environnementales archéologiques et contemporaines de l'estuaire de la Saire à l'île de Tatihou

Anne Duperret
Yann Méar
Emmanuel Poizot

Gwendoline Gregoire
Régis Gallon
Anne Murat



Claire Marion
Sandric Le Sourd
Martin Protat

Pierre Stephan
Henry Gandois
Cyril Marcigny

le cnam
intechmer



TABLE DES ILLUSTRATIONS	3
I. CONTEXTE DE MISE EN PLACE DU PROJET	5
IV. 1 UNE PRESSION ANTHROPIQUE GRANDISSANTE	5
IV. 2 LES ABORDS DE TATIHO	5
IV. 3 UNE INTEGRATION DANS DIFFERENTS PROJETS DE RECHERCHE	6
II. LES PRINCIPAUX OBJECTIFS	6
III. ORGANISATION DU PROJET	8
IV. RESULTATS	9
IV. 1 ETAPE 1 : ANALYSE LIDAR	9
A. LES PLATEFORMES LITTORALES ROCHEUSES	9
B. LA REPARTITION MORPHO-SEDIMENTAIRE	12
C. MISE EN EVIDENCE DES STRUCTURES ANTHROPIQUES	13
IV. 2 ETAPE 2 : MISSION	15
A. PREMIER LEG : MESURES DE FRACTURATION ET DELIMITATION DES ASSEMBLAGES MACROALGAUX	15
B. DEUXIEME LEG : ECHANTILLONNAGE DES STATIONS ET CARACTERISATION IN SITU DES STRUCTURES ANTHROPIQUES	15
IV. 3 ETAPE 3 : ANALYSES LABORATOIRES	16
IV. 4 PRINCIPAUX RESULTATS	17
A. LES PLATEFORMES LITTORALES	17
B. CARTOGRAPHIE DES HABITATS MACROALGAUX	22
C. CARACTERISATION DES SOURCES ET DETERMINATION DES CELLULES SEDIMENTAIRES	24
D. CARACTERISATION DES STRUCTURES ANTHROPIQUES	27
V. CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE	31

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Table 1 : Caractéristiques des figures sédimentaires observées et estimation des stocks sableux superficiels. Chaque numéros sont localisés sur la figure 4.</i>	<i>12</i>
<i>Table 2: Désignation suivant la classification EUNIS des habitats observés sur l'île de Tatihou</i>	<i>22</i>
<i>Table 3 : Tableau d'inventaire des barrages de pêche certains ou supposés sur la côte du Val de Saire (* : d'après Daire et Langouët, 2008, p. 52-54).</i>	<i>29</i>
<i>Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude</i>	<i>6</i>
<i>Figure 2: Les principaux axes de recherche du projet</i>	<i>7</i>
<i>Figure 3: Le déroulement en étapes du projet</i>	<i>8</i>
<i>Figure 4 : Interprétation morphologique de la baie de Tatihou superposée à un raster ombré Lidar (SHOM - ROL). Les numéros font références aux structures sédimentaires décrites dans le texte.</i>	<i>10</i>
<i>Figure 5 : Donnée topo-bathymétrique Lidar de détail de la plateforme littorale de la pointe de Landemer. Démonstration du passage d'un accident N50-60E cisailant dextre, d'après la morphologie de plateforme littorale ...</i>	<i>11</i>
<i>Figure 6 : Principales structures de linéaments observable au Lidar</i>	<i>11</i>
<i>Figure 7: Localisation des pêcheries, confirmés ou possibles, inventoriés sur la côte est du Val de Saire (sources : IGN et SHOM)</i>	<i>13</i>
<i>Figure 8 : Barrage de pêche au sud-est de l'île de Tatihou (sources : IGN, cliché du 22/04/1982 et données topo-bathymétriques Lidar – SHOM - ROL)</i>	<i>14</i>
<i>Figure 9 : Barrage de pêche de Ben-Être (sources : IGN, cliché du 22/04/1982 et données topo-bathymétriques Lidar – SHOM - ROL)</i>	<i>14</i>
<i>Figure 10 : A gauche, photographie de relevé de schistosité/fracturation à la boussole (cliché A. Duperret). A droite, localisation des stations de mesures (ensemble des points gris et rouges) et d'échantillonnage (points rouges).</i>	<i>15</i>
<i>Figure 11 : A gauche, photographie d'un habitat référencé afin de caractériser sa morphologie (cliché R. Gallon). A droite, localisation des différentes observations effectuées sur la plateforme rocheuse de Tatihou (en noir observations d'espèces, en rouge des photographies).....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 12 : A gauche, plan de position des échantillons prélevés superposé à un raster ombré Lidar (SHOM – ROL)</i>	<i>16</i>
<i>Figure 13 : Protocole utilisé pour les analyses réalisées sur les échantillons sédimentaires</i>	<i>17</i>
<i>Figure 14 : Trajectoire de schistosité SV2 autour du granite de Barfleur (Dissler, 1987).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 15: Schéma structural simplifié du nord-Cotentin montrant le type et la direction des différentes phases de déformation hercynienne : DV1, DV2 et DV3 (Gresselin, 1990).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 16 : Donne topo-bathymétrique Lidar de la zone de Tatihou. Report des grandes directions reportées sur le terrain. Les numéros correspondent aux photos illustrées dans le texte.</i>	<i>19</i>
<i>Figure 17 : Stéréonet des directions de fractures reportées sur les sites (1), (2) et (3). Secteur de la Pointe de Saire. Granite de Barfleur. (3) Contact entre le granite et le Briovérien, qui montre une schistosité N120E-81S</i>	<i>20</i>
<i>Figure 18 : Stéréonet des fractures mesurées sur l'île de Tatihou. Granite de Barfleur. (4) Contact Granite/Briovérien. Schistosité : N105E-61S.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 19 : Stéréonet des directions de fractures mesurées sur la plateforme de la Hougue. (5) Plateforme du port de St Vaast, montrant des alignements de blocs d'origine anthropique. (6) Plateforme de la Hougue au pied du fort éponyme.</i>	<i>21</i>
<i>Figure 20 : Roches et champs de blocs localisés entre les isobathes 2m et 4m à l'ouest de Tatihou</i>	<i>22</i>
<i>Figure 21 : Habitat à Ascophyllum nodosum présent au nord-est de Tatihou.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 22 : Habitat dominé par Mastocarpus stellatus et Chondrus crispus dans la zone inférieure à l'isobathe 2m à l'ouest de Tatihou</i>	<i>23</i>
<i>Figure 23 : Habitat dominé par Ascophyllum nodosum, Fucus serratus et Fucus vesiculosus dans la zone supérieure à l'isobathe 4m à l'ouest de Tatihou.....</i>	<i>24</i>

<i>Figure 24 : Concentration du Ti après analyses par fluorescence X de chaque échantillon. Les teneurs les plus fortes sont illustrées en rouges, les moins fortes en bleues.</i>	<i>24</i>
<i>Figure 25 : Concentration du Sr après analyses par fluorescence X de chaque échantillon. Les teneurs les plus fortes sont illustrées en rouges, les moins fortes en bleues.</i>	<i>25</i>
<i>Figure 26 : Localisation des 4 cellules sédimentaires et clichés des différentes cellules (S. Le Sourd et A. Murat).....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 27 : Photographies aériennes du secteur d'étude de 1955 (à gauche) à 2019 (à droite). Source portail IGN.</i>	<i>26</i>
<i>Figure 28 : Barrage de pêcheur dans le sud-est de l'île de Tatihou, en haut à gauche: vue vers le sud lorsque les structures commencent à apparaître ; en haut à droite : vue à basse mer (coefficient 115, 1024 hPa) ; en bas à gauche : vue de détail des pierres avec une pierre de chant présentant un fort pendage ; en bas à droite : vue du possible pertuis au centre de l'arc de cercle (clichés H. Gandois).</i>	<i>27</i>
<i>Figure 29 : Vues du barrage de pêcheur de Ben-Être, en haut : vue panoramique vers l'est ; en bas à gauche : vue du pertuis ; en bas à droite : vue de l'agencement aléatoire des blocs (clichés H. Gandois).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 30: Vues des fronts de taille sur la pointe rocheuse de Ben-Être (clichés H. Gandois).....</i>	<i>29</i>

I. Contexte de mise en place du projet

IV. 1 Une pression anthropique grandissante

Les littoraux du Cotentin se distinguent des rivages normands par leur diversité morphologique : plages, dunes, estuaires, caps, marais, vasières, zones humides et îles. Le département de la Manche compte 12 sites Natura 2000 soit 150 kilomètres de trait de côte protégé. Parmi ces sites, le val de Saire, au Nord-est du Cotentin, est elle-même une zone très variée, qui regroupe des diversités et originalités géologiques, biologiques, écologiques et archéologiques soumises à l'impact des activités anthropiques grandissantes (Agriculture, conchyliculture, tourisme, modification du trait de côte, réchauffement climatique...).

Pour faire face à ces changements, il est nécessaire de comprendre l'environnement littoral naturel. Ce dernier résulte de multiples interactions entre les compartiments eau, sédiment et vivant et ce à différentes échelles spatio-temporelles. Cette complexité nécessite ainsi une approche coordonnée et les compétences d'une équipe pluridisciplinaire. Ce présent projet se propose ainsi d'effectuer une étude intégrée selon le continuum terre-mer encore jamais réalisée aux abords de Tatihou.

IV. 2 Les abords de Tatihou

Le littoral du val de Saire de par sa situation géographique et géologique (UMS 9, 8 et 7) regroupe une grande variété de morphologie du littoral. Le fleuve côtier la Saire, long de 31 km et avec un bassin versant d'une superficie de 125 km², entaille le socle granitique sous-jacent situé à la limite entre les formations paléozoïques du massif armoricain à l'ouest et jurassique-crétacé à l'est. Sa vallée encaissée débouche sur la côte est, à proximité du port de Saint-Vaast-la-Hougue. Les marais arrière littoraux y sont bien développés et forme une niche écologique remarquable. Son estuaire sablo-vaseux est encadré par deux pointes, celle de la Saire au Nord et du fort de la Hougue au Sud, et abrite l'île de Tatihou (Figure 1). Tatihou possède une faune et une flore fragile qu'il est nécessaire de conserver. Ainsi, elle devient réserve ornithologique dès 1990, abrite des espèces végétales rares (tel que Bec de Grue Glutineux) et présente une diversité d'algues marines conséquentes. Cette île abrite également un patrimoine archéologique unique (Marcigny et al., 2003) dont l'un des sites remarquables est daté de l'âge du Bronze. La fin de cette période protohistorique souligne une étape charnière des civilisations européennes en marquant l'abandon brutal des habitations littorales concomitant avec une dégradation climatique (Bond *et al.*, 2001, Barber *et al.*, 2003, 2004 ; Mayewski *et al.*, 2004 ; Charman *et al.*, 2007 ; Billeaud *et al.*, 2007 ; Sorrel *et al.*, 2010 ; Tessier *et al.*, 2012). Ainsi, les diversités géologiques, biologiques, écologiques et archéologiques font de ce secteur une zone unique dans le Cotentin qu'il apparaît nécessaire de conserver face aux activités anthropiques.

L'activité maraîchère implique une utilisation grandissante d'engrais entraînant une dégradation de la qualité de l'eau, des sédiments et *in fine* des habitats marins et estuariens. La conchyliculture engendre une modification ponctuelle et temporaire des peuplements benthiques mais perturbe l'hydrodynamisme local en accélérant l'envasement du secteur. La recrudescence du tourisme perturbe également les habitats marins (plaisanciers, pêche à pieds...). Enfin, l'évolution du trait de côte dans le contexte actuel de réchauffement climatique entraîne un déséquilibre de la dynamique sédimentaire actuelle, des habitats marins et une salinisation des marais arrière littoraux. Le choix s'est donc porté sur ce secteur aux abords de Tatihou (UMS 8 et 9) de par les enjeux socio-économiques face aux changements environnementaux liés aux activités anthropiques.

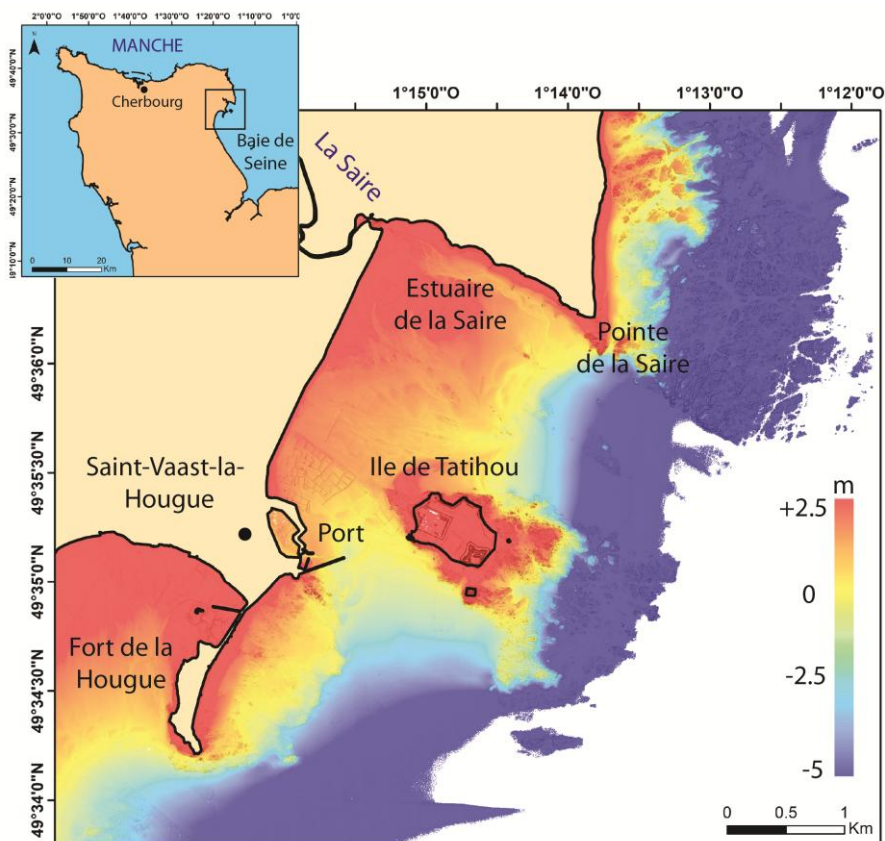


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

IV. 3 Une intégration dans différents projets de recherche

Ce projet interdisciplinaire s'inscrit dans la continuité de différents projets déjà financés intitulés « SELINE » et « Abords de Tatihou. Etude d'un territoire de l'âge du bronze au premier âge du fer ».

Le programme national de la DRAC (Direction Régionale des Affaires Culturelles) de Normandie, « Abords de Tatihou. Etude d'un territoire de l'âge du bronze au premier âge du fer », a pour objectif de caractériser l'évolution (entre 4200 et 2000 cal.BP) et de comprendre le retrait des populations protohistoriques (entre 2000 et 1500 cal. BP), au regard des profonds changements environnementaux holocènes. Les premiers résultats, basés sur les marais arrière littoraux, font état d'un remplissage conséquent de la vallée de la Saire par une alternance argile et limon permettant la conservation des archives sédimentaires.

L'étude de la cellule hydro-sédimentaire de Tatihou s'intègre dans un projet de Réseau d'Intérêt Normand (RIN Recherche) de plus grande ampleur couvrant une zone plus large (l'ensemble de la façade maritime normande). Le projet RIN Recherche « SELINE » a pour objectifs d'évaluer les stocks, les sources et la dynamique sédimentaire actuelle dans le but de comprendre les futures évolutions au regard des évolutions environnementales (réchauffement climatique, recul du trait de côte, augmentation du niveau marin) et des activités anthropiques (commerce, dragages, extraction granulat ...).

II. Les principaux objectifs

Pour faire face aux changements induits par la pression anthropique, il est nécessaire de comprendre l'environnement littoral naturel. Ce dernier résulte de multiples interactions entre les compartiments eau, sédiment et vivant et ce à différentes échelles spatio-temporelles. Cette complexité nécessite ainsi une

approche coordonnée et les compétences d'une équipe pluridisciplinaire. Ce présent projet se propose ainsi d'effectuer une étude intégrée selon le continuum terre-mer encore jamais réalisée aux abords de Tatihou. Cette étude s'appuie sur les données LIDAR (SHOM LITTO 3D) mis à disposition sur la façade du Cotentin dans le cadre du ROL et se décline en trois axes (Figure 2) : (1a) l'étude des stocks et sources sédimentaires ainsi que (1b) les plateformes sous-jacentes à l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire de Tatihou (Figure 1), (2) détermination des sites archéologiques et (3) la caractérisation de la répartition des habitats algaux sur les platiers rocheux.

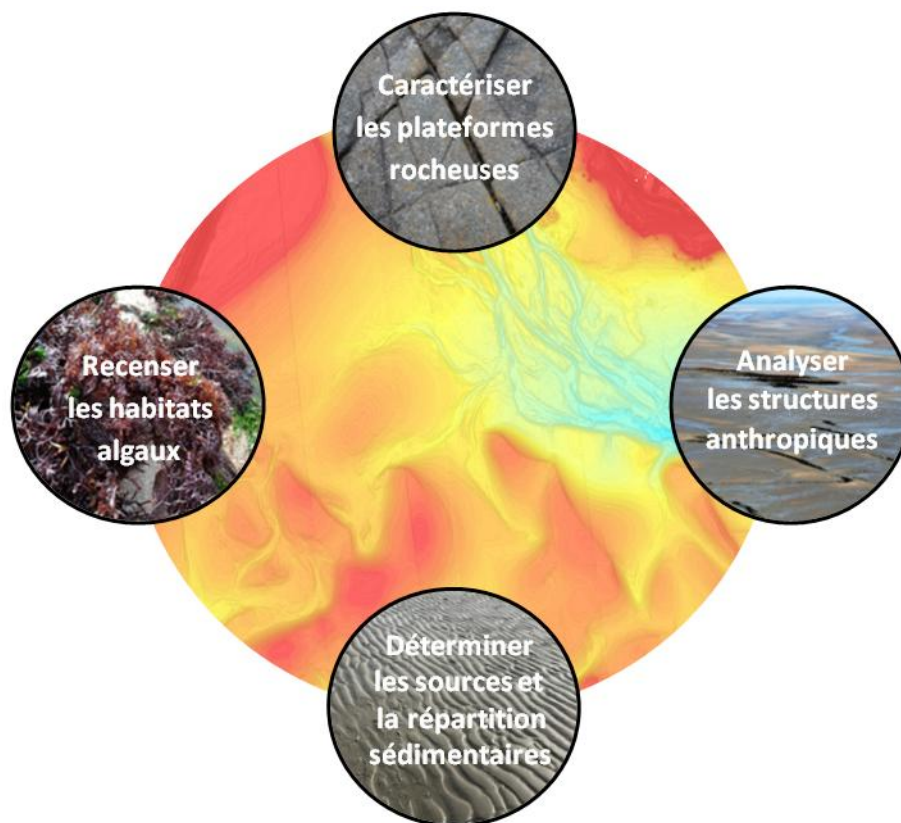


Figure 2: Les principaux axes de recherche du projet

- (1) Dans les environnements côtiers à l'interface terre-mer, la couverture sédimentaire évolue en fonction i) de la qualité (granulométrie, teneur en MO et géochimie) et ii) la quantité (stock initial, apports marins et continentaux) du matériel sédimentaire, iii) les agents hydrodynamiques (marée, houles et débits fluviaux) ainsi que iv) les activités anthropiques. Ainsi, cet axe a pour objectif d'estimer les stocks sédimentaires disponibles, de définir les sources de matériel susceptibles d'alimenter ces stocks et de comprendre comment s'organise la répartition morpho-sédimentaire. Il s'agit également de caractériser la morphologie fine des plateformes littorales ainsi que leur fracturation pour comprendre la morphologie du secteur.
- (2) De récentes études réalisées sur la façade du Finistère (Bretagne) ont permis de mettre en évidence plus de 250 « pêcheries » grâce à l'exploitation des données Lidar issues du programme LITTO3D[®]. Ces barrages de pierre fixes ont été utilisés depuis le Mésolithique jusqu'au Moyen-âge en Europe. Grâce à ces nouvelles données altimétriques haute résolution, il est possible d'affiner l'analyse des structures nous renseignant sur les stratégies d'implantation de ces barrages situés en zone de marnage lors de leur construction (Stephan et al., 2018).

(3) Dans les zones côtières les habitats algaux intertidaux et subtidaux font partis des habitats essentiels car i) ils abritent de nombreux organismes (crustacés, mollusques, annélides,) ; ii) ils sont à la base de nombreux réseaux trophiques et iii) ce sont des zones de frayères pour de nombreuses espèces (Wienche and Bischof, 2012). La connaissance de la distribution des algues est essentielle pour connaître en partie l'état de santé des écosystèmes côtiers rocheux (Raffaelli and Hawkins, 1996; Thomaz and Cunha, 2010). A l'heure actuelle, ces habitats sont utilisés pour estimer la bonne qualité (Directives Cadre sur l'Eau, 2000/60/CE, Wells et al., 2007) et le bon état écologique des masses d'eau (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, 2008/56/CE). La disponibilité du LIDAR sur les côtes normandes permet de caractériser plus précisément les communautés algales ainsi que la faune associée principaux objectifs de ce troisième axe.

III. Organisation du projet

Chacun des 3 axes (1 – stock, source sédimentaires et plateformes rocheuses ; 2 – structures anthropiques ; 3 – Suivi des habitats algaux) développés dans cette étude suivra la même chronologie qui se divise en 3 étapes (Figure 3).



Figure 3: Le déroulement en étapes du projet

- (1) La première étape est une étude préliminaire à partir des données altimétriques du Lidar et de réaliser les plans de position nécessaire à la mise en place de la mission en juin 2019.
- (2) La deuxième étape va permettre de prélever des échantillons, recenser les habitats algaux et vérifier les observations sur le terrain lors de la mission commune.
- (3) La troisième et dernière étape consiste à l'analyse des échantillons ainsi que la mise en commun des résultats et à leur interprétation.

L'étape préliminaire du 1^{er} axe consiste à analyser les données lidar afin de :

- Mettre en évidence les structures sédimentaires (dunes, rides, chenaux à marée, bancs...) et d'estimer les volumes sédimentaires disponibles ;
- Délimiter les platiers rocheux et étudier leur fracturation principale ;
- Repérer d'éventuelles structures anthropiques
- Réaliser le plan d'échantillonnage à partir de l'analyse préliminaire du Lidar.

La seconde étape va permettre de collecter les échantillons (sédiments, algues et roches). Pour ce faire la mission prévue initialement a été scindée en deux legs. Le premier leg (mai 2019) a permis de réaliser plus de 100 mesures de fracturations et la collecte de 12 échantillons de roche. En parallèle, sur l'île de Tatihou, les assemblages macroalgaux ont été délimités et caractérisés suivant la classification EUNIS.

Enfin la troisième étape consiste à l'analyse géochimique et granulométrique des prélèvements sédimentaires en laboratoire. Les analyses réalisées au granulomètre laser (HORIBA LA-950) permettent d'identifier les modes présents dans les échantillons. Les analyses élémentaires des sédiments sont effectuées par spectrométrie de fluorescence X (Xsort et Scout de Spectro Ametek) et spectrométrie infrarouge (LECO CS 744). Elles nous renseigneront sur la concentration en éléments chimiques (après calibration) et la teneur en MO. Les marqueurs géochimiques quantitatifs peuvent être utilisés pour identifier des sources particulières et mettre en évidence des tris hydrodynamiques (COT, Rb, Si, Ca, Ti, K). L'ensemble des résultats des différents axes sont mis en forme sous SIG et présentés en cartes de synthèse (chapitre IV).

IV. Résultats

IV. 1 Etape 1 : Analyse Lidar

Dans un premier temps, le Lidar a été intégré sous SIG afin de pouvoir délimiter (1) la zone de roche, elle-même classée en deux catégories : le platier rocheux et le platier subaffleurant (Figure 4). ; (2) les figures sédimentaires et (3) les installations anthropiques (archéologiques ou contemporaines).

a. Les plateformes littorales rocheuses

Le platier rocheux est très développé (5,3 km²) au Nord de la pointe de la Saire, autour de l'île de Tatihou et au sud du port de Saint-vaast-la hougue (Figure 4). Le platier sub-affleurant se localise au niveau des parcs à huitres pour une surface de 0.5 km². Au nord, la plateforme littorale rocheuse (ou platier), taillée dans le granite, se prolonge jusqu'à 25m de profondeur (par rapport au zéro IGN). Elle s'arrête brusquement au niveau du cap de la Saire à Réville, pour laisser place au remplissage sédimentaire sableux de la baie de Saire, puis reprend au droit des pointements granitiques de la baie de Saire, *i.e.* au large de l'île de Tatihou et de la pointe de la Hougue vers le SE, mais y atteint de plus faibles profondeurs.

Cette plateforme littorale est profondément fracturée et permet la reconnaissance de réseaux difficilement repérables en domaine continental. Les données Lidar permettent localement de lever le doute sur la présence de structures faillées (in)soupçonnées à partir de la carte géologique, de la connaissance préalable des phases de tectonique hercynienne en Cotentin et de mesures structurales complémentaires de terrain.

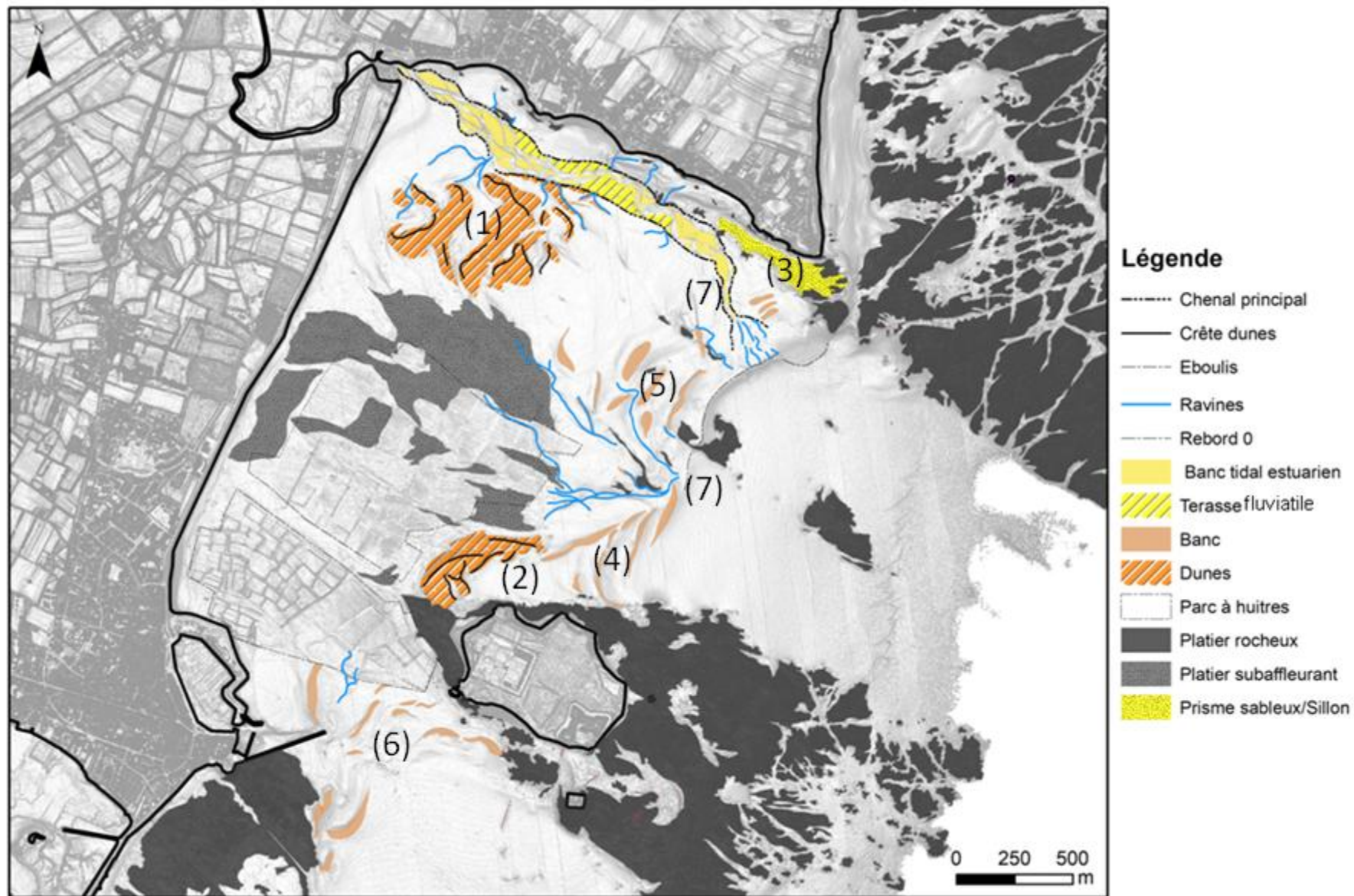


Figure 4 : Interprétation morphologique de la baie de Tatihou superposée à un raster ombré Lidar (SHOM - ROL). Les numéros font références aux structures sédimentaires décrites dans le texte.

Certains décrochés du littoral sont suspectés d'être guidés par failles, comme observé au niveau de l'anse de Landemer (Figure 5). La donnée lidar sous-marine confirme la présence d'un linéament rectiligne, qui indique bien un décalage de plateforme et de trait de côte associé selon un cisaillement dextre orienté N50-60E.

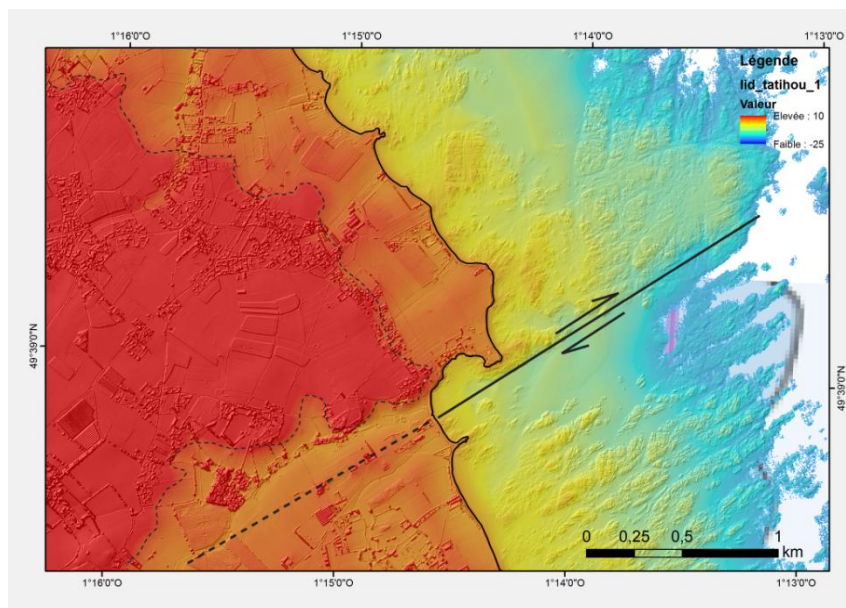


Figure 5 : Donnée topo-bathymétrique Lidar de détail de la plateforme littorale de la pointe de Landemer. Démonstration du passage d'un accident N50-60E cisailant dextre, d'après la morphologie de plateforme littorale

L'érosion continentale s'est concentrée sur ce cisaillement tardif à terre et favorise la formation d'une vallée, tandis que la plateforme littorale montre bien une texture de fractures différentes de compartiment à compartiment, avec des réseaux croisés N-S et N50-60 sur le compartiment nord qui laisse place à des réseaux N50-60 prépondérants sur le compartiment sud.

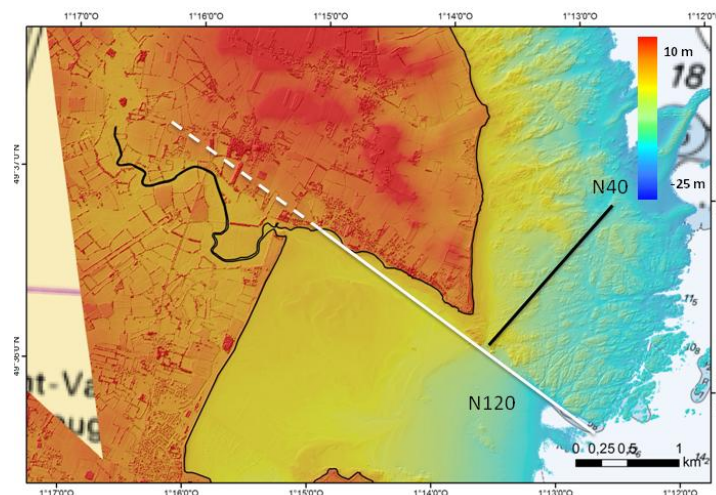


Figure 6 : Principales structures de linéaments observable au Lidar

Plus au sud, la terminaison de la plateforme rocheuse est brutale et nette et s'aligne sur une direction N120E qui correspond à la direction de schistosité laissée par l'intrusion du granite de Barfleur dans les terrains briovériens qui constituent la baie du Val de Saire. Une direction de fracture N40 apparaît nettement sur la plateforme granitique et témoigne d'une mise en place postérieure à la schistosité de fracture. Cette direction N40 découle d'une fracturation mise en place probablement tardivement (Figure 6).

b. La répartition morpho-sédimentaire

L'analyse du Lidar a permis d'identifier 7 structures sédimentaires différentes (Figure 4; Table 1) et d'estimer les volumes sédimentaires superficiels que chacune d'entre elles représentent. Ces derniers ont été calculés en fonction de l'altitude des figures sédimentaires et leur superficie.

- Les dunes

Deux champs principaux de dunes ont été observés : (1) le champ de la Saire, au centre du secteur d'étude, et (2) le champ de Tatihou au nord de l'île. Le premier champ est largement développé et occupe une superficie de 194 000 m². Ce champ contient au total 11 dunes asymétriques d'une hauteur comprise entre 30 cm et 100 cm pour une longueur d'onde moyenne de 80 m. Leurs crêtes sont sinueuses mais présentent une orientation globale N-S. L'asymétrie des flancs s'inverse entre les dunes nord et sud du champ. Au sud, les champs abrupts sont orientés vers l'est, au nord vers l'ouest.

Table 1 : Caractéristiques des figures sédimentaires observées et estimation des stocks sableux superficiels. Chaque numéro sont localisés sur la figure 4.

	Hauteur Min (m)	Hauteur moy (m)	Hauteur max (m)	Surface (m ²)	Volume Max (m ³)
<i>Dune Saire (1)</i>	0.3	0.6	1	194274	194274
<i>Dune Tatihou (2)</i>	1.7	2	2.3	71317	164029
<i>Prisme sableux (3)</i>	0.4	0.8	1.2	42858	51430
<i>Bancs Tatihou (4)</i>	0.1	0.2	0.4	8006	3202
<i>Bancs Saire (5)</i>	0.1	0.2	0.4	5207	2083
<i>Bancs Saint Vaast (6)</i>	0.2	0.4	0.5	8134	4067
Volume Total (m3)					419085
Volume Total (T)					670536

Le second champ (2) développé au Nord de Tatihou, comprend 6 dunes et représente une superficie totale de 71 000 m². Les dunes se caractérisent par une hauteur comprise entre 170 et 230 cm. Ce champ se compose au Nord de deux grandes dunes symétriques (300 m de long et 50 à 100 m de large) caractérisées par des crêtes orientées E-O et au Sud de 4 plus petites dunes asymétriques (120m de long et 40 à 60m de large) orientées N-S. Ces champs de dunes représentent à eux seuls 85% du stock sédimentaire superficiel de la zone.

- Le prisme sableux

Le prisme sableux (3) s'enracine au niveau de la plateforme littorale à l'extrémité nord-est du secteur d'étude (pointe de la Saire). Caractérisé par une largeur comprise entre 50 et 110m et une hauteur comprise entre 40 et 120 cm, il s'étend sur plus de 600m le long du littoral nord de la baie. Il occupe une superficie de 42 000 m² représentant un volume sédimentaire de 51 000 m³, soit 12% du volume total.

- Les bancs

Les bancs se répartissent sur l'ensemble de la zone d'étude selon 3 secteurs : parallèles au rebord délimitant le 0 hydro au Nord (bancs de la saire – 5) ; de la même façon à proximité de l'île de Tatihou (bancs de Tatihou – 4) et selon une orientation E-O à l'entrée du port de Saint-Vaast-la-Hougue toujours orientés parallèlement au ressaut topographique (Bancs de Saint-Vaast – 6). Ce sont des petites structures présentant une hauteur de 10 à 50 cm, des longueurs et largeurs variables et occupant une superficie totale de 21 000 m². Ils représentent 3% du stock sédimentaire superficiel.

- Chenaux et ravines

Un réseau de chenaux et de ravines est également très étendu (7). Il caractérise à la fois un écoulement de la Saire vers la mer et une évacuation de l'eau de mer lors des périodes de jusant. Le principal réseau se développe au nord du secteur d'étude, selon un axe E-O. Il permet de relier l'estuaire de la Saire jusqu'au ressaut topographique caractérisé par le 0 hydro au nord-est de la zone d'étude (Figure 4). Des terrasses fluviales bordent ce système de type anastomosé caractérisé par de nombreux bancs mis en place par le balancement des marées. Le réseau de ravine, permettant une évacuation de l'eau de mer après chaque marée haute, se développe tout autour du platier subaffleurant central. Les affluents y prennent naissance pour se regrouper en un seul et unique chenal débouchant à proximité de l'île de Tatihou au niveau de ressaut topographique (0 hydro).

c. Mise en évidence des structures anthropiques

Des barrages de pêcheries sont connus depuis longtemps sur la côte est du Val de Saire, au nord-est du Cotentin, l'un d'entre eux, étant d'ailleurs toujours parfaitement visible au sud de la grande plage touristique de Jonville (Figure 7, n°2).

Ce type de structure a été largement abordé lors de la grande synthèse régionale parue récemment (Billard et Bernard, 2016), et ceux de la côte est du Cotentin y sont évoqués à plusieurs reprises se basant principalement sur les textes médiévaux et les inventaires de Le Masson du Parc (1723-1732).

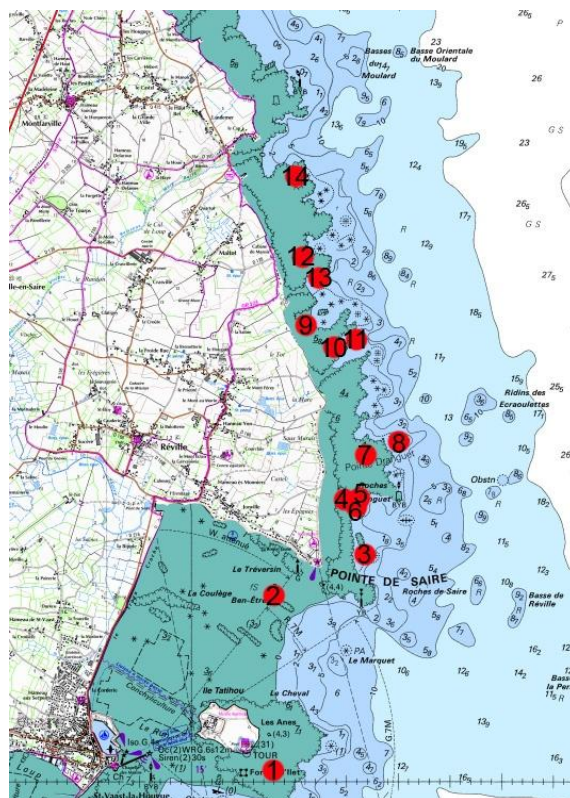


Figure 7: Localisation des pêcheries, confirmés ou possibles, inventoriés sur la côte est du Val de Saire (sources : IGN et SHOM)

La mise à disposition récente des données Lidar a permis de mettre en évidence 14 anomalies dans le relief sous-marin qui pourraient correspondre à des structures identiques (Figure 7). C'est donc l'occasion de faire un point détaillé sur ces structures, se basant non plus sur les textes, mais sur les Lidar couplées à des données de terrain, à l'image de ce qui a été engagé il y a très peu de temps dans l'archipel de Molène (Gandois et Stéphan, 2015 ; Gandois *et al.*, 2018).

Cette étude s'attachera à distinguer autant que possible les structures qui ont pu être vues et documentées et qui seront donc considérées comme certaines, de celles qui ne sont connues que par les photographies ou sur les levés bathymétriques et qui donc restent probables ou possibles. La distinction entre ces deux critères reste au demeurant assez subjective tant qu'une visite *in situ* ne permet pas d'infirmer ou de confirmer l'hypothèse.

Dans le cadre de ce rapport, seules les pêcheries n°1 et 2, correspondant à la zone d'étude, feront l'objet d'une présentation détaillée. Une synthèse (chapitre IV.3) permettra de comparer néanmoins les différentes structures décrites dans le rapport finale d'opération Autour de Tatihou (Gandois et al., 2019).

La pêcherie n°1 est située au sud-est de l'île, dans le prolongement est de l'îlet. Ce barrage de pêcherie est parfaitement visible sur les levés Lidar. Le barrage mesure environ 220 m de long pour la partie encore visible et offre une forme générale curviligne s'appuyant entre deux têtes rocheuses surélevées (Figure 8). La largeur est difficile à estimer et nécessite une observation *in situ*. Selon, l'observation Lidar, la pêcherie se situe au niveau du zéro SHOM (-3.70 NGF).

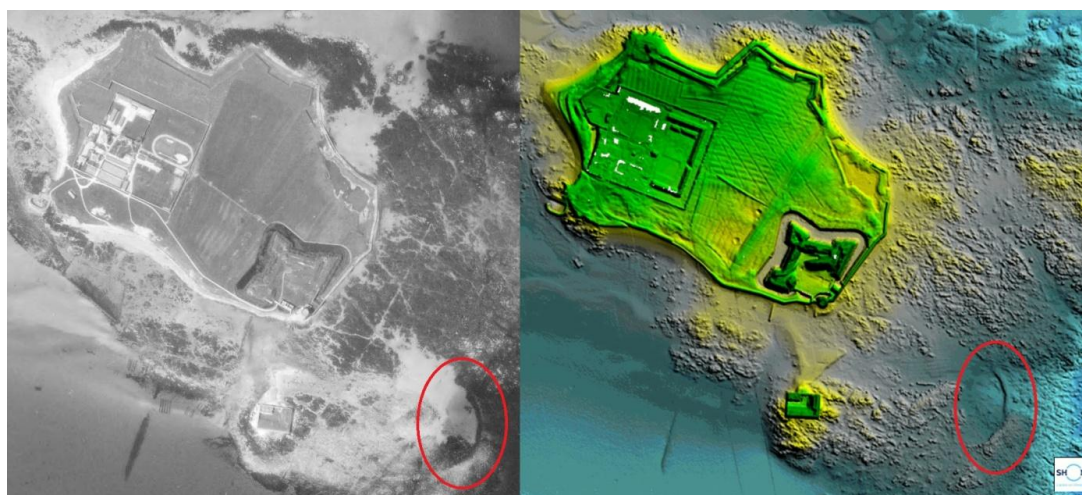


Figure 8 : Barrage de pêcherie au sud-est de l'île de Tatihou (sources : IGN, cliché du 22/04/1982 et données topo-bathymétriques Lidar – SHOM - ROL)

Le barrage de pêcherie de Ben-Être est localisé juste au sud de la Pointe de Saire, au niveau de la balise de Ben-Être sur laquelle elle prend appui (Figure 9). La structure est visible à la fois sur le levé LIDAR et sur les photographies aériennes prises à basse mer, mais est également signalée sur la carte IGN.

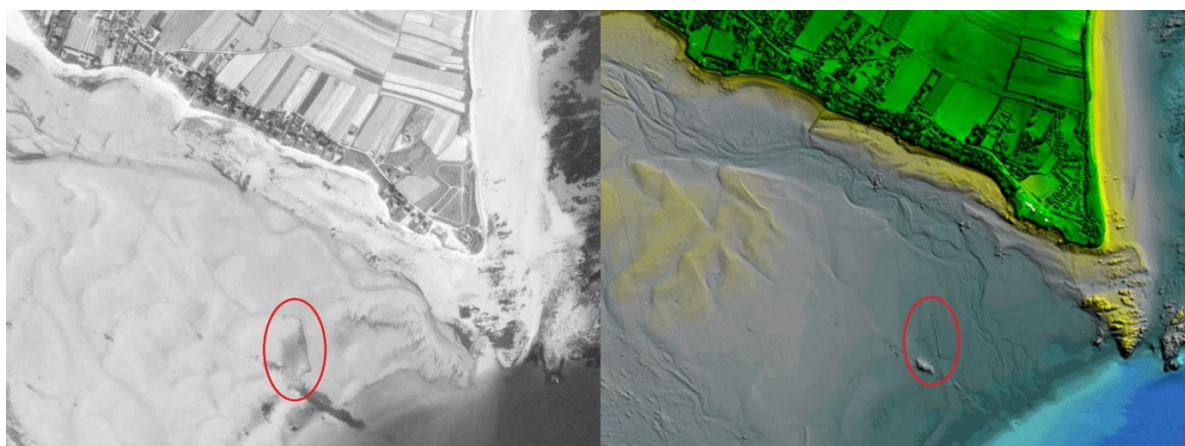


Figure 9 : Barrage de pêcherie de Ben-Être (sources : IGN, cliché du 22/04/1982 et données topo-bathymétriques Lidar – SHOM - ROL)

Ce barrage est formé d'une partie principale rectiligne de 150 m de long et orientée NNO/SSE, à l'extrémité de cet axe se développent vers le NO et le SE deux retours rectilignes également d'une quarantaine de mètres chacun. L'ensemble de la structure mesure donc 230 mètres en totalité et s'étend sur une largeur de 2 m environ pour une hauteur de 60 à 70 cm de moyenne.

IV. 2 Etape 2 : Mission

Afin de répondre aux différentes problématiques de ce projet, les missions ont été organisées lors des plus grands coefficients de marée couvrant la période mai – juin 2019. Ainsi, la mission a été divisée en deux legs : le premier ayant pour objectif de réaliser des mesures de fracturations ainsi que de délimiter les assemblages macroalgaux et le second d'effectuer un plan d'échantillonnage sédimentaire et de compléter la caractérisation des structures anthropiques sur le terrain.

a. Premier leg : Mesures de fracturation et délimitation des assemblages macroalgaux

Plus de 100 mesures de fracturation réparties sur 12 stations de mesures (Figure 10) ont été relevées à l'aide d'une boussole. Ces mesures ont été réalisées du 6 au 8 mai lors de marée présentant un coefficient de 90.



Figure 10 : A gauche, photographie de relevé de schistosité/fracturation à la boussole (cliché A. Duperret). A droite, localisation des stations de mesures (ensemble des points gris et rouges) et d'échantillonnage (points rouges).

En parallèle, sur l'île de Tatihou, les assemblages macroalgaux ont été délimités et caractérisés suivant la classification EUNIS. Des quadrats ont été réalisés suivant le protocole décrit par Ar Gall et Le Duff en 2007.

En parallèle, sur l'île de Tatihou, les assemblages macroalgaux ont été délimités et caractérisés suivant la classification EUNIS. Plus de 277 points d'observations ont été réalisés associés à 432 photographies géolocalisées afin de visualiser les caractéristiques morphologiques des différents habitats recensés.

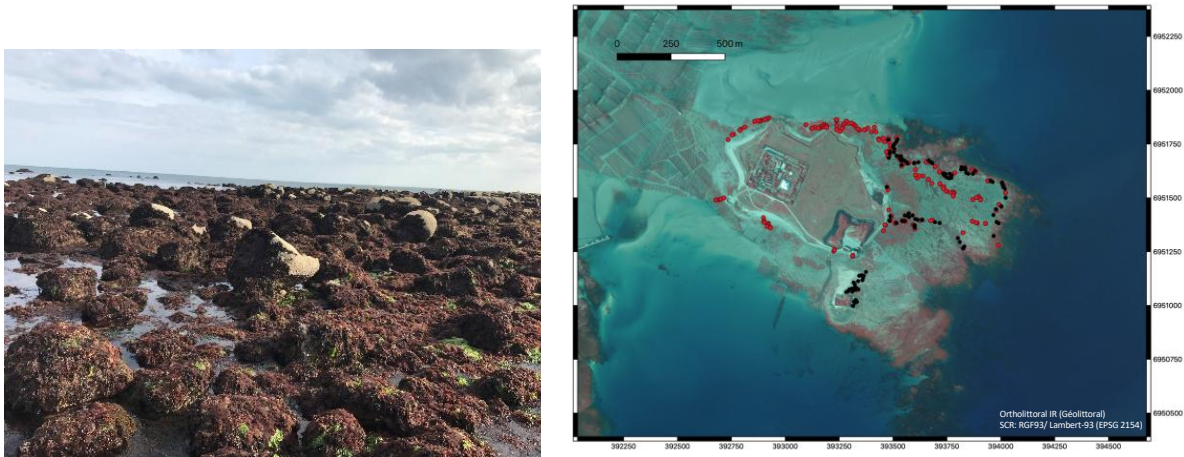


Figure 11 : A gauche, photographie d'un habitat référencé afin de caractériser sa morphologie (cliché R. Gallon). A droite, localisation des différentes observations effectuées sur la plateforme rocheuse de Tatihou (en noir observations d'espèces, en rouge des photographies).

b. Deuxième leg : Echantillonnage des stations et caractérisation in situ des structures anthropiques

Ce leg a été réalisé au cours de trois marées basses comprises entre le 4 et 5 juin 2019 (coefficient de 88 et 89). Au total, 96 échantillons de sédiment de surface ont été collectés. Localisé à partir de l'analyse Lidar, ils forment un quadrillage d'une résolution de 200m. Chaque point a été échantillonné selon un protocole précis : seul le sédiment à l'interface (1 cm maximal de profondeur) est prélevé selon une superficie définie par un cercle de 20 cm de diamètre (Figure 12). A chaque station, un relevé GPS a été effectué ainsi qu'une photographie conservée en archive.



Figure 12 : A gauche, plan de position des échantillons prélevés superposé à un raster ombré Lidar (SHOM – ROL)

IV. 3 Etape 3 : Analyses laboratoires

Cette dernière étape consiste à l'analyse géochimique et granulométrique des prélèvements sédimentaires en laboratoire. Pour ce faire l'ensemble des échantillons ont été soumis à un protocole identique et spécifique (Figure 13).

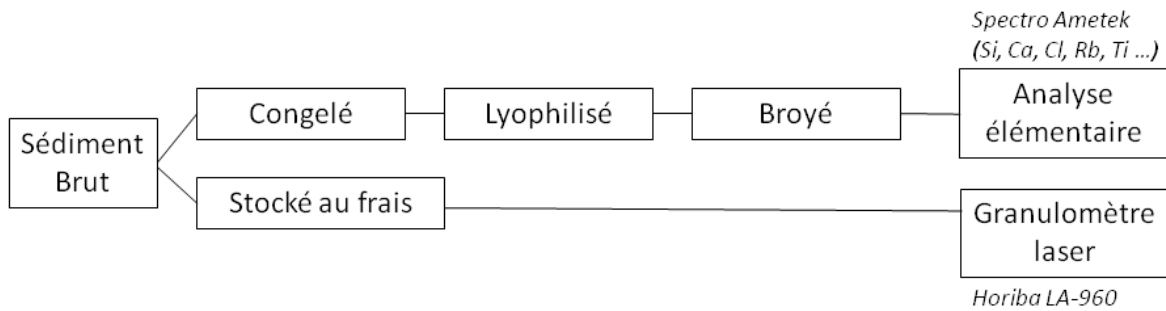


Figure 13 : Protocole utilisé pour les analyses réalisées sur les échantillons sédimentaires

Ce protocole consiste tout d'abord à sous-échantillonner le sédiment brut afin de conserver une partie (2 g) au froid (5 C°) puis de congeler le reste à -18 C°. Les analyses granulométriques s'effectuent sur la partie conservée au froid. Les sédiments sont mélangés à 1,5 ml d'une solution d'Héxamétaphosphate de sodium, puis agités pendant 2 minutes. Les mesures s'effectuent à l'aide d'un granulomètre laser (HORIBA LA-960) dont les calculs sont basés sur la théorie de Franhofer.

Le reste des échantillons congelés, sont d'abord lyophilisés puis broyés finement. Les poudres sont rincées 3 fois avec de l'eau osmosée puis centrifugées. L'analyse élémentaire des poudres est ensuite réalisée à l'aide d'un appareil de spectrométrie de fluorescence X (Xsort de chez Ametek) et par spectrométrie infrarouge (LECO CS 744). Le Xsort permet à la fois d'obtenir des mesures qualitatives et quantitatives (par calibration) de différents éléments chimiques (à partir du Si pour le plus léger). La teneur en carbone organique totale est déterminée quant à elle, à l'aide du LECO.

IV. 4 Principaux résultats

a. Les plateformes littorales

La zone d'étude se situe à la limite entre deux unités géologiques différentes : le granite de Barfleur au nord, d'âge hercynien (300 Ma), et des roches sédimentaires métamorphisées au sud, d'âge briovérien. La tectonique dans ce secteur nord-est du Cotentin se caractérise par des déformations induites lors de la mise en place du granite de Barfleur.

Le granite de Barfleur est une intrusion varisque qui a fait l'objet de deux datations : 292 +/- 6Ma (Rb/Sr sur biotite) (Graindor et Wasserbourg, 1962) et 340 Ma +/- 10 Ma (K/Ar sur biotite) (Leutwein et Sonet, 1965). Cette intrusion granitique affecte les terrains briovériens et imprime dans l'encaissant une trajectoire de schistosité de contact nommée SV2 qui permet de déterminer les limites de l'intrusion (Dissler, 1987) (Figure 14).

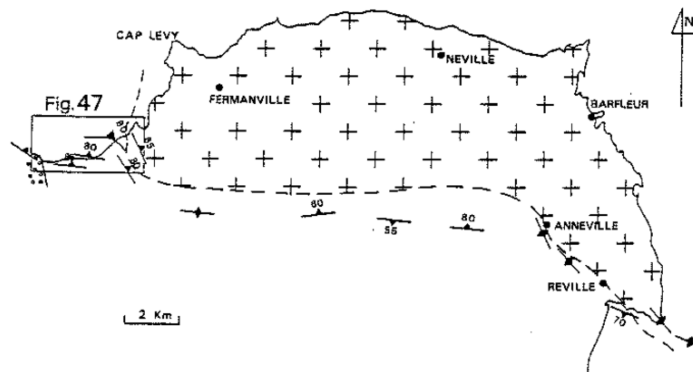


Figure 14 : Trajectoire de schistosité SV2 autour du granite de Barfleur (Dissler, 1987)

La tectonique hercynienne ayant affecté le nord Cotentin s'exprime au travers d'un continuum de déformation en trois étapes. Il est résumé sur la Figure 15 (Gresselin, 1990). Une première phase de déformation compressive DV1 ou DVC1 est marquée par une succession de plis régionaux d'orientation WSW-ESE (N70E), tels que les synclinaux paléozoïques de Siouville, Hardinvast et Rauville-la-Bigot qui affleurent en NW Cotentin. Une seconde phase compressive DV2 ou DVC2 recoupe la première et est caractérisée par des plis WNW-ESE (N100) et permet le développement de la shear zone (décrochevauchement) du Nord Cotentin en charriant vers le SSW d'unités granitiques varisques sur le flanc nord du synclinal de Siouville dans le NW Cotentin et en remobilisant les unités briovériennes du NE Cotentin par charriage à vergence sud. La troisième et dernière phase hercynienne DV3 consiste en un rejeu tardif des structures N100 et au cisaillement des directions conjuguées N150 (dextre-inverse) et N30 (senestre).

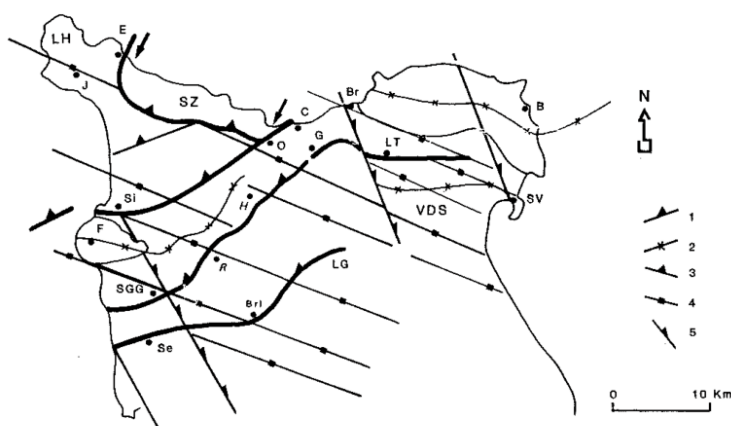


Fig. 19. Schéma structural du Nord-Cotentin.

1 : décrochevauchement senestre de l'étape DvC1 ; 2 : alignement granitique de l'étape DvC1 (données COGEMA) ; 3 : chevauchement de l'étape DVC2 ; 4 : axe de pli PvC2 ; 5 : décrochevauchement dextre de l'étape DvC3 ; B : Barfleur ; Br : Bretteville-en-Saire ; Bri : Bricquebec ; C : Cherbourg ; E : Etimbert ; F : Flamanville ; G : la Glacrie ; H : Hardinvast ; J : Jobourg ; LG : la Gloire ; LH : la Hague ; LT : le Theil ; O : Octeville ; R : Ranville-la-Bigot ; Se : Sénoville ; SGG : St-Germain-le-Gaillard ; Si : Siouville ; Sv : St-Vast-la-Hougue ; SZ : shear-zone du Nord-Cotentin ; VDS : Val de Saire.

Figure 15: Schéma structural simplifié du nord-Cotentin montrant le type et la direction des différentes phases de déformation hercynienne : DV1, DV2 et DV3 (Gresselin, 1990)

L'analyse du Lidar a permis de mettre en évidence ces directions structurales sur la plateforme rocheuse (Chapitre IV.1). Les résultats présentés ci-dessous concernent les mesures fines réalisées sur la plateforme littorale lors de la mission de terrain. Les mesures sont reportées sur la Figure 16. Les numéros correspondant aux photos illustrées des Figure 17, Figure 18 et Figure 19.

- Secteur Pointe de Saire

L'analyse de la plateforme rocheuse de part et d'autre de Réville indique la présence de trois familles de fractures cassantes. N80-100E, N20-40E et N140-160^E (Figure 17). Le contact entre le Briovérien et le granite de Barfleur apparaît au fond de l'anse du Val de Saire et montre une schistosité orientée N120E-81S, qui correspond bien à la direction globale du linéament N120E limitant la plateforme littorale granitique et fracturée. La terminaison de plateforme littorale est donc guidée par la schistosité N120E du contact entre le granite de Barfleur et le Briovérien.

- Secteur Tatihou

L'île de Tatihou est perchée sur un pointement granitique qui s'étend en plateforme littorale et rocheuse vers le SE (Figure 18). On y retrouve les directions structurales N80-100E et N20-40E. Le rebord nord de la plateforme rocheuse est limité par une schistosité N105E-81S qui est marquée dans le Briovérien au

contact avec le granite. C'est de nouveau la schistosité qui contrôle le rebord nord de la plateforme littorale de Tatihou. L'ensemble de la baie de Tatihou est creusé dans le Briovérien (qui affleure encore partiellement au SW de la baie), recouvert d'une couverture sableuse. Du point de vue géomorphologique, la baie s'est creusée dans l'encaissant de roches briovériennes, bien plus sensibles à l'érosion et à l'altération que les pointements et plateformes granitiques.

- Secteur La Hougue

La pointe de la Hougue est également située sur une avancée rocheuse granitique. Sa plateforme littorale s'étend vers le SE et est affectée par des directions N80-100E conjuguées, des directions N50E et apparaît une direction N000E (Figure 19). Le bout de la pointe de la Hougue est caractérisé par deux marches parallèles d'orientation N80, situées respectivement à des profondeurs de 2 et 4m. Du fait de leur position intertidale, elles illustrent probablement une érosion différentielle marine guidée par la fracturation N80, bien présente sur la plateforme.

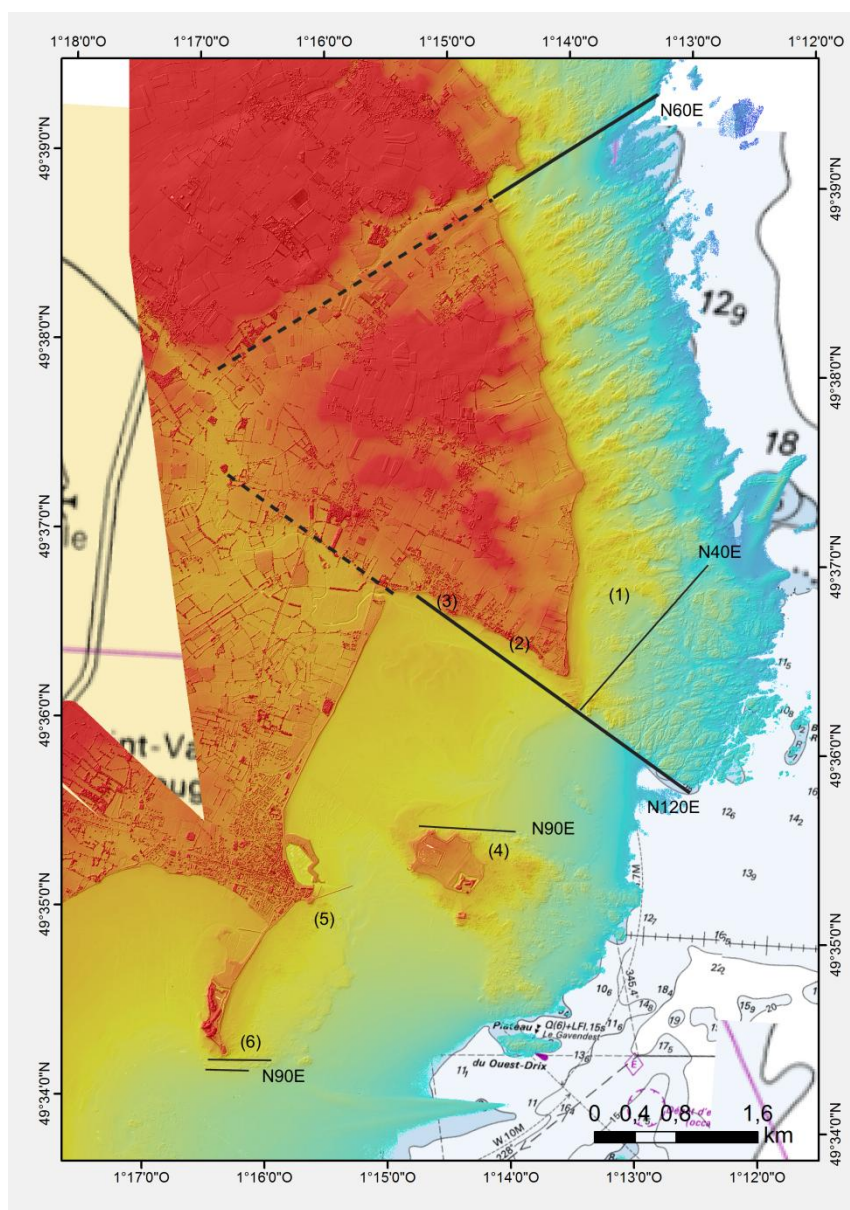


Figure 16 : Donne topo-bathymétrique Lidar de la zone de Tatihou. Report des grandes directions reportées sur le terrain. Les numéros correspondent aux photos illustrées dans le texte.

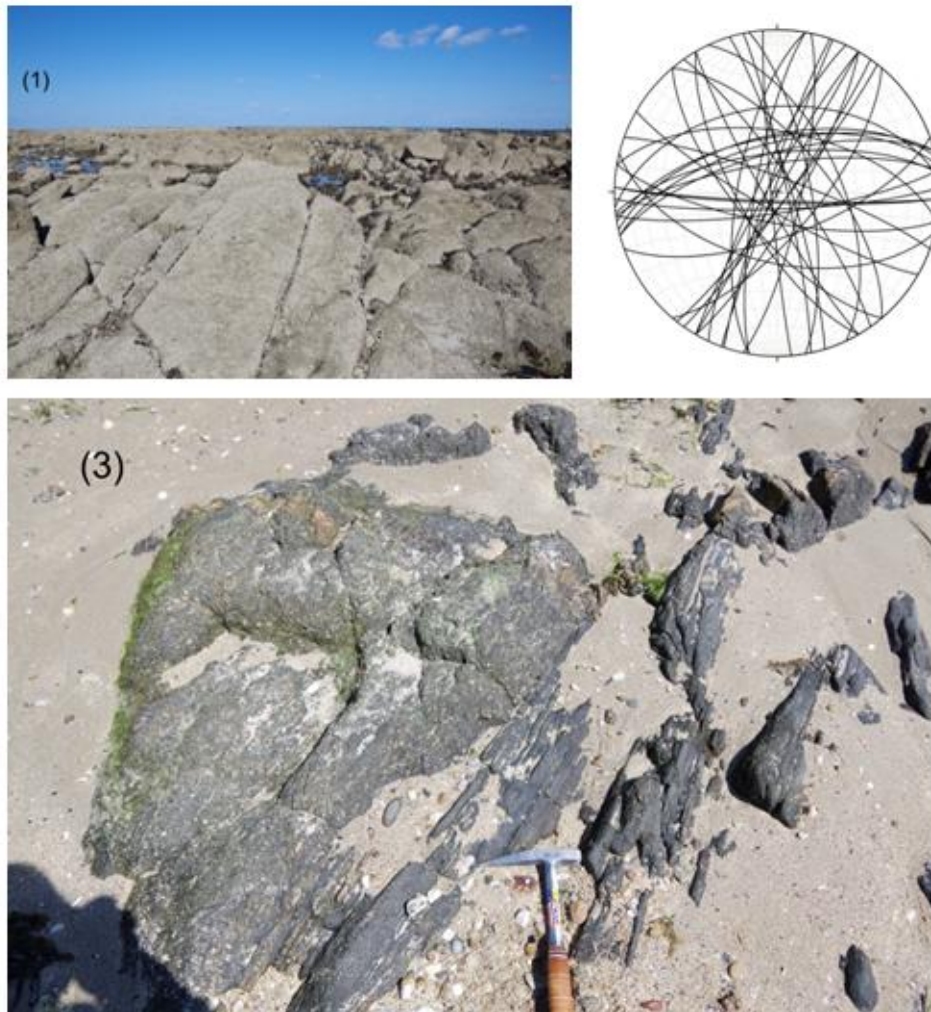


Figure 17 : Stéréonet des directions de fractures reportées sur les sites (1), (2) et (3). Secteur de la Pointe de Saire. Granite de Barfleur. (3) Contact entre le granite et le Briovérien, qui montre une schistosité N120E-81S

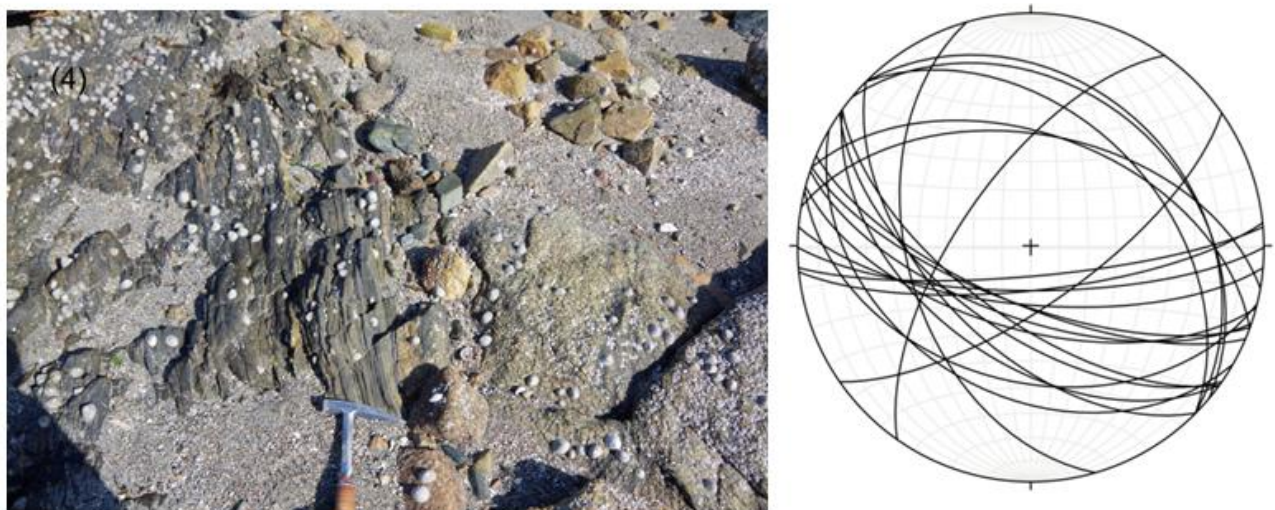


Figure 18 : Stéréonet des fractures mesurées sur l'île de Tatihou. Granite de Barfleur. (4) Contact Granite/Briovérien. Schistosité : N105E-61S

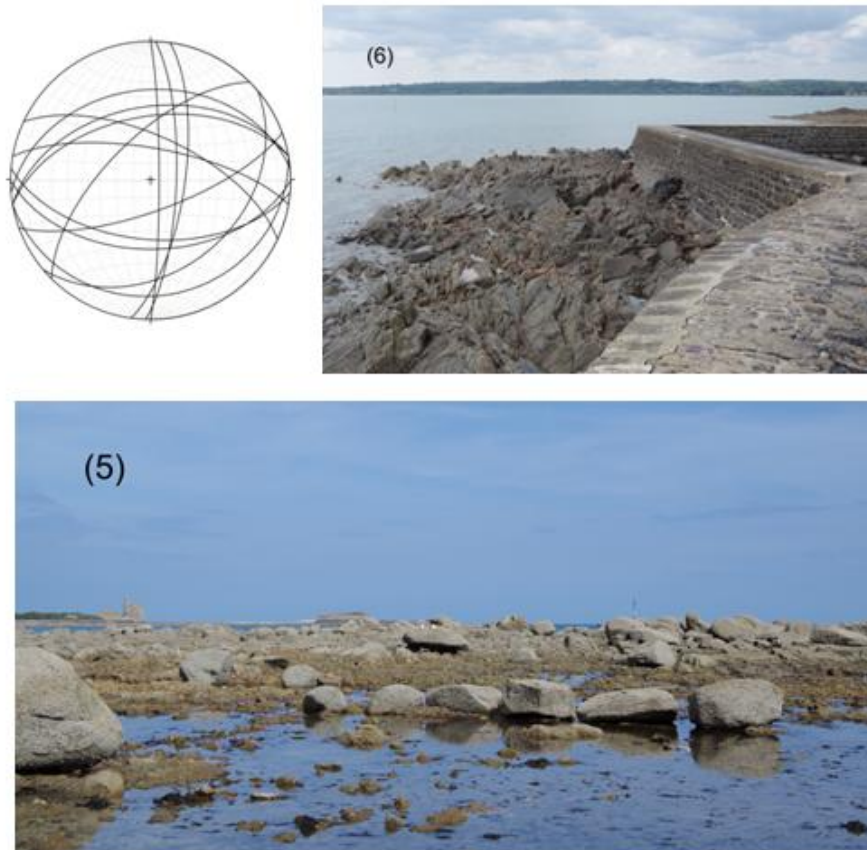


Figure 19 : Stéréonet des directions de fractures mesurées sur la plateforme de la Hougue. (5) Plateforme du port de St Vaast, montrant des alignements de blocs d'origine anthropique. (6) Plateforme de la Hougue au pied du fort éponyme.

L'ensemble des directions structurales relevées sur les plateformes littorales sont à relier au rejeu tardif (DVC3) de l'orogénèse hercynienne.

Certaines de ces structures guident l'orientation de quelques pointes littorales marquant le granite de Barfleur : La pointe de Landemer, la pointe de Saire et le nord de l'île de Tatihou. Ce sont encore ces directions structurales qui marquent le bout de plateforme littorale terminant la pointe de la Hougue.

b. Cartographie des habitats macroalgaux

Au total 12 habitats, représentant une surface de 23,6 ha, ont pu être déterminés au minimum jusqu'au niveau 5 de la classification EUNIS (Table 2). Parmi ces habitats, 9 habitats sont homogènes et 4 habitats correspondent à des mosaïques. Plus de 30 ha du substrat rocheux est peu ou pas végétalisé et cette surface est localisée majoritairement entre les isobathes 2m et 4m (Cf. Fiches habitats A1.471, Figure 20).

Table 2: Désignation suivant la classification EUNIS des habitats observés sur l'île de Tatihou

Habitat EUNIS	Description	Surface (ha)
A1.125	<i>Mastocarpus stellatus</i> et <i>Chondrus crispus</i> sur roche modérément à très exposée du médiolittoral inférieur	12,8
A1.311	<i>Pelvetia canaliculata</i> sur roche abritée de la frange littorale	0,05
A1.312	<i>Fucus spiralis</i> sur roche abritée du médiolittoral supérieur	0,32
A1.313	<i>Fucus vesiculosus</i> sur roche abritée à modérément exposée du médiolittoral moyen	0,11
A1.314	<i>Ascophyllum nodosum</i> sur roche très abritée du médiolittoral moyen	1,4
A1.315	<i>Fucus serratus</i> sur roche abritée du médiolittoral inférieur	0,63
A1.4121	<i>Sargassum muticum</i> des cuvettes médiolittorales	0,18
A3.211	<i>Laminaria digitata</i> sur roche modérément exposée de l'infra-littoral inférieur	Non déterminé
A1.315 / A1.324	<i>Fucus serratus</i> sur roche abritée du médiolittoral inférieur / <i>Ascophyllum nodosum</i> et <i>Fucus vesiculosus</i> sur roche du médiolittoral moyen	5,8
A1.312 / A1.314	<i>Fucus spiralis</i> sur roche abritée du médiolittoral supérieur / <i>Ascophyllum nodosum</i> sur roche très abritée du médiolittoral moyen	0,13
A1.313 / A1.315	<i>Fucus vesiculosus</i> sur roche abritée à modérément exposée du médiolittoral moyen / <i>Fucus serratus</i> sur roche abritée du médiolittoral inférieur	0,60
A1.314 / A1.315	<i>Ascophyllum nodosum</i> sur roche très abritée du médiolittoral moyen / <i>Fucus serratus</i> sur roche abritée du médiolittoral inférieur	0,80

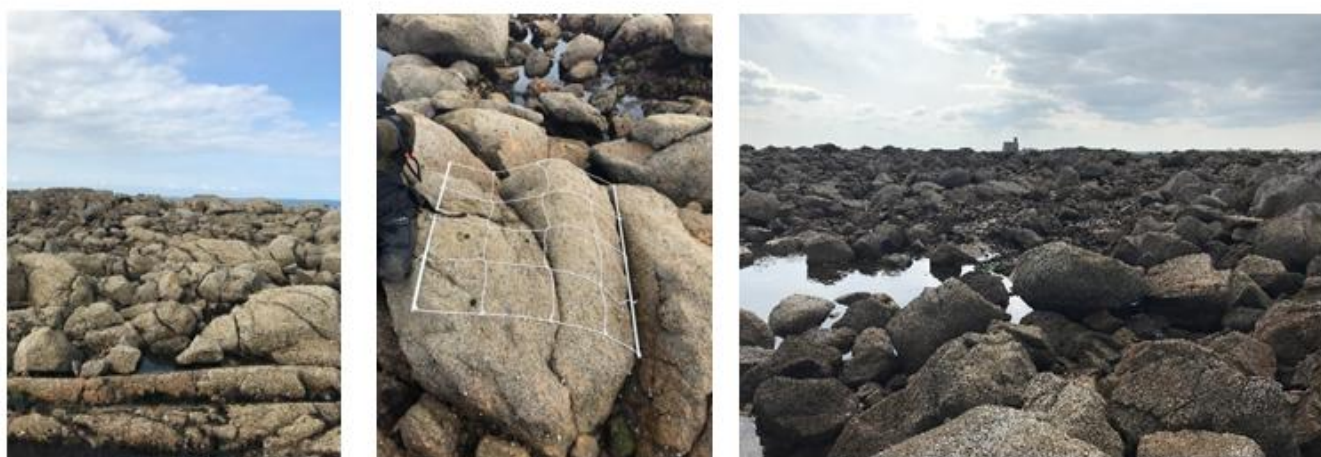


Figure 20 : Roches et champs de blocs localisés entre les isobathes 2m et 4m à l'ouest de Tatihou

Les habitats recensés suggèrent deux modes d'exposition autour de l'île : i) au nord et au sud-ouest un mode abrité ; ii) du nord-ouest au sud un mode modérément à très exposé.

i) Mode abrité

Cette zone abritée présente un substrat rocheux très découpé par enclave de sables grossiers et/ou de vases. Cette zone est dominée au nord par *Ascophyllum nodosum* (A1.314, Figure 21) et au sud par *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus* et *Ascophyllum nodosum* (A1.314/A1.315 et A1.313/A1.315, Figure).



Figure 21 : Habitat à *Ascophyllum nodosum* présent au nord-est de Tatihou

ii) Mode modérément à très exposé

Cette zone est caractérisée par une bande de roches/champs de blocs peu ou pas végétalisée découpant en deux la zone colonisée par les algues. L'habitat A1.125 caractérisé par *Mastocarpus stellatus* et *Chondrus crispus* domine la zone entre les isobathes 0m et 2m (Figure 22). Les quadrats réalisés dans cette ceinture ont permis de recensés 22 espèces (cf. Fiches habitats A1.125). Au sud de Tatihou, une ceinture à Laminaire a pu être décelée mais étant donné le coefficient de marée, la délimitation et la caractérisation exacte de cet habitat n'ont pas pu être réalisées.

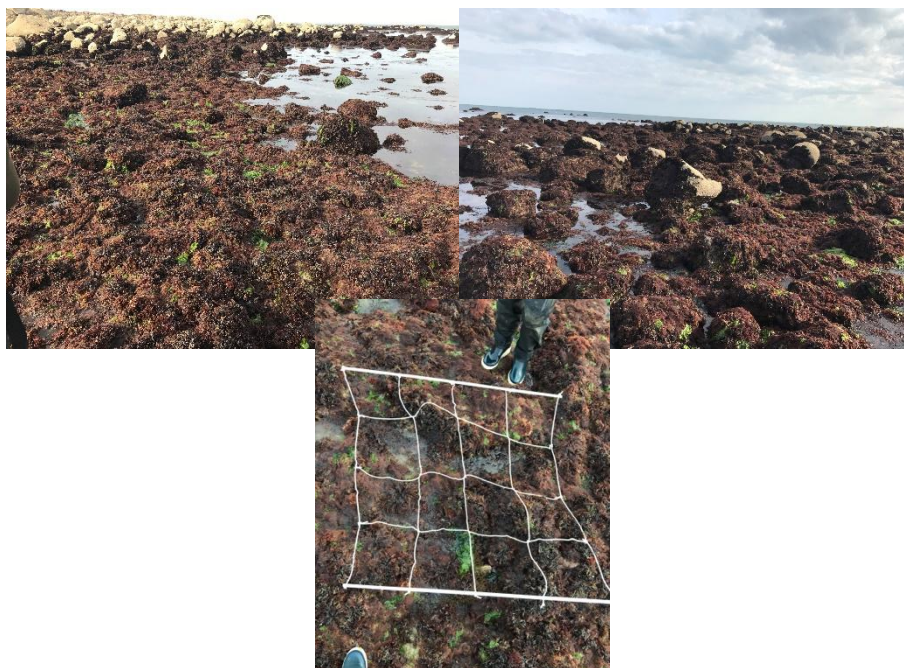


Figure 22 : Habitat dominé par *Mastocarpus stellatus* et *Chondrus crispus* dans la zone inférieure à l'isobathe 2m à l'ouest de Tatihou

La zone végétalisée située au-dessus de l'isobathe 4m présente un substrat hétérogène similaire à la zone abritée et est majoritairement dominée par *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus* et *Fucus vesiculosus* (A1.315/A1.324, Figure). Les espèces observées dans cette ceinture dans décrit dans la fiche habitat associée. Juste au-dessus de cette ceinture, on observe une mince ceinture à *Fucus spiralis* et quelques zones éparées avec *Pelvetia caniculata*.



Figure 23 : Habitat dominé par *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus* et *Fucus vesiculosus* dans la zone supérieure à l'isobathe 4m à l'ouest de Tatihou

L'opposition entre la zone <2m caractérisée par des espèces indicatrices d'un mode modérément exposé et celle >4m caractérisée par des espèces de mode abrité suggère que la bande peu ou pas végétalisée crée une barrière à la houle réduisant l'hydrodynamisme.

c. Caractérisation des sources et détermination des cellules sédimentaires

Les marqueurs géochimiques quantitatifs peuvent être utilisés en sédimentologie pour identifier des sources particulières. Dans le cadre de cette étude deux éléments chimiques, le Ti et le Sr, permettent de mettre en évidence respectivement les sources continentale et marine. Les Ti est plus concentré dans les échantillons localisés à l'estuaire de la Saire (Figure 24). Les valeurs les plus fortes (3600 ppm), sont observées au débouchée du fleuve. Ces valeurs restent fortes le long du littoral Ouest (1360 à 2000 ppm) avant de diminuer brutalement au niveau du champ de dunes sableuses centrales (Dunes de la saire - Figure 4) (< 840 ppm).

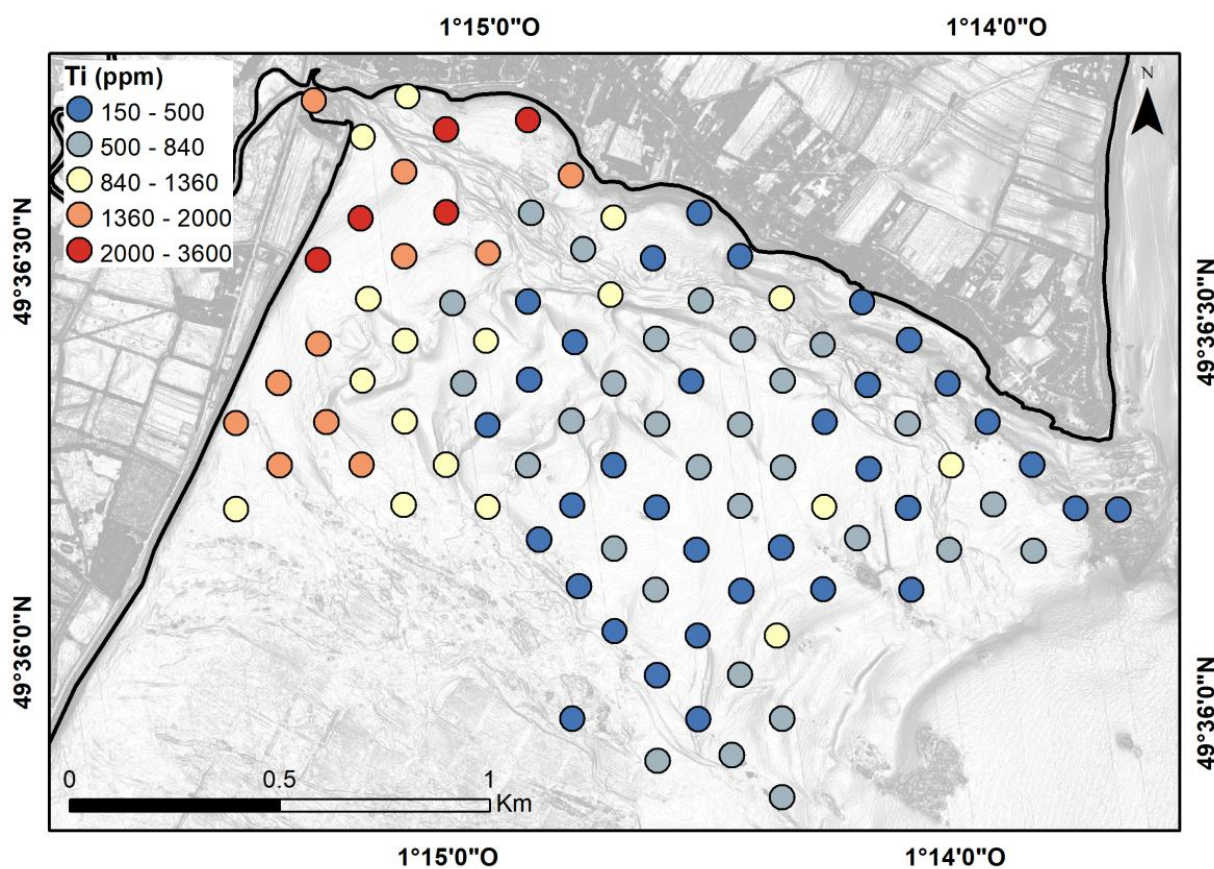


Figure 24 : Concentration du Ti après analyses par fluorescence X de chaque échantillon. Les teneurs les plus fortes sont illustrées en rouges, les moins fortes en bleues.

Le Ti caractérise donc un apport sédimentaire continental par la Saire lorsque cette dernière érode les roches qu'elles traversent.

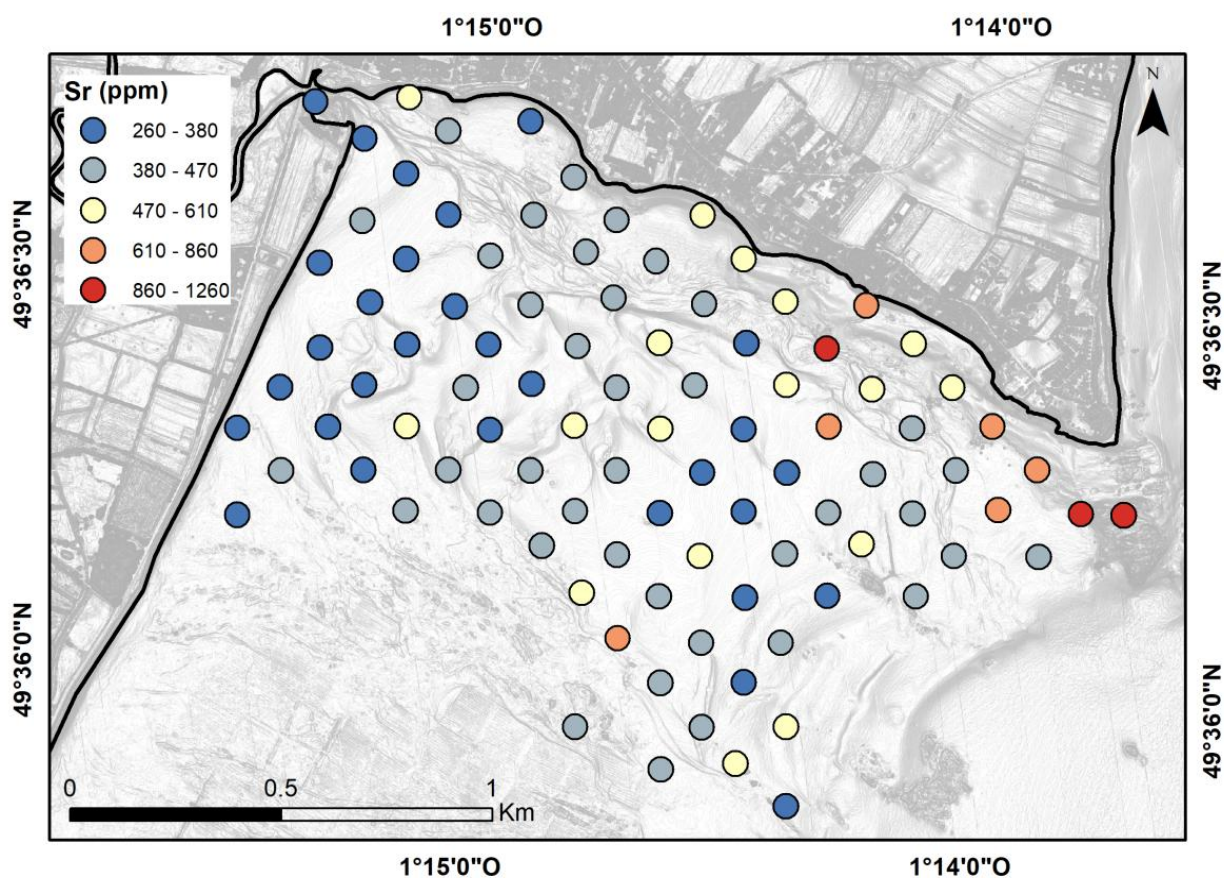


Figure 25 : Concentration du Sr après analyses par fluorescence X de chaque échantillon. Les teneurs les plus fortes sont illustrées en rouges, les moins fortes en bleues.

Le Sr à l'inverse, est plus concentré dans les sédiments localisés à l'extrémité Nord-Est (pointe de la Saire). Ces teneurs atteignent des valeurs maximales de 1260 ppm, le reste de la zone se caractérise par des valeurs faibles (< 500 ppm). Une anomalie s'observe au sud de la zone, illustrant sa proximité avec les parcs ostréicoles. Cet élément est, comme le Ca, abondant dans les coquilles des organismes marins. Ce dernier traduit donc un apport sédimentaire marin. Ainsi, seule l'extrémité Nord-Est de la zone apparaît être sous influence marine.

La zone centrale ne présente pas de valeurs significatives en Sr ou Ti. De plus, l'observation des autres éléments ne permet pas de mettre en évidence des sources particulières. Ainsi, pour comprendre davantage ce système central complexe, il sera nécessaire de réaliser des analyses par fluorescence X non plus sur l'échantillon total mais sur les modes granulométriques qui le caractérise.

Les résultats des analyses en laboratoires associées aux observations morphologiques, suite à l'étude du Lidar (Figure 4), ont permis de mettre en évidence 4 cellules sédimentaires différentes (Figure 26) :

- La première cellule se caractérise par la zone chenalisée se distinguant par un gradient terre-mer net illustré par les concentrations en Ti et Sr (Figure 24 et Figure 25).
- La seconde correspond à la zone proche du littoral ouest abritée, située à l'arrière du champ de dune central. Cette zone se caractérise par une forte concentration en Ti, soulignant le caractère continental des apports sédimentaires.

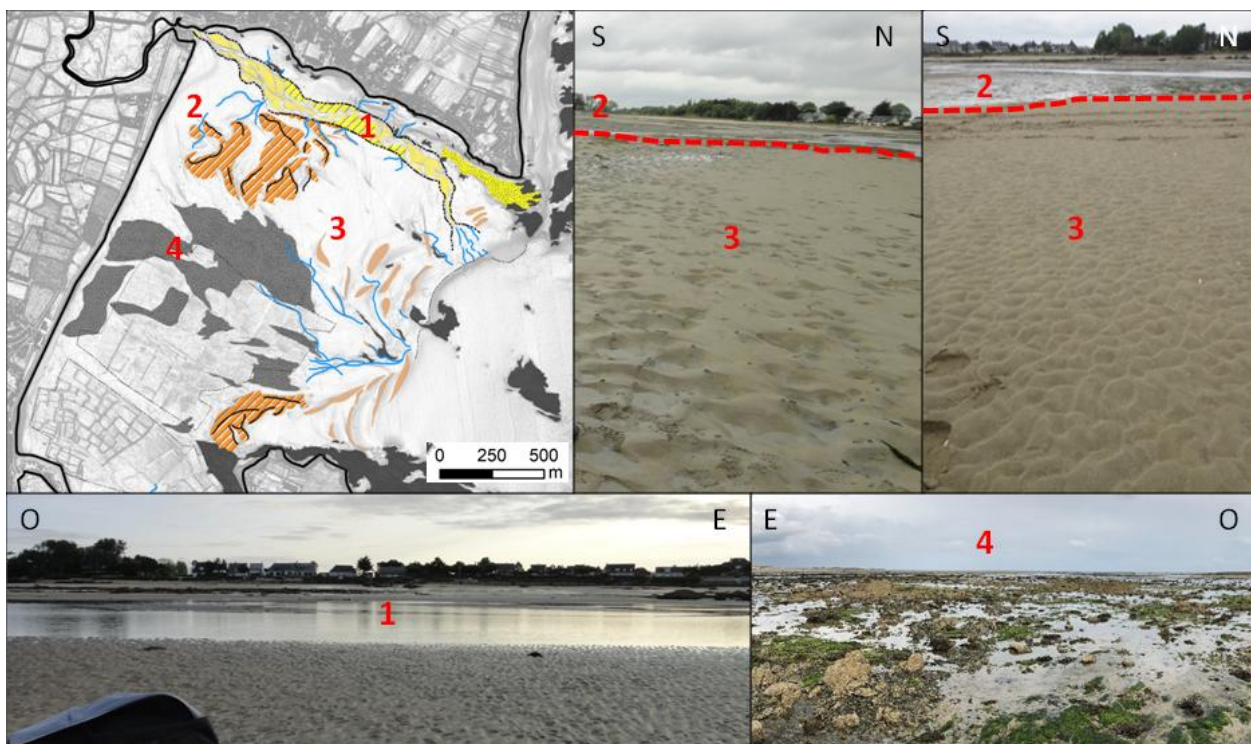


Figure 26 : Localisation des 4 cellules sédimentaires et clichés des différentes cellules (S. Le Sourd et A. Murat).

- La troisième cellule correspond au centre de la zone étudiée. Elle se caractérise par une vaste étendue sableuse peu riche en débris coquilliers. Après l'analyse réalisée sur le sédiment total, il apparaît difficile d'apporter une conclusion concernant sa source. Des analyses plus approfondies permettront par la suite de soulever cette interrogation. La source la plus probable reste celle du granite de Barfleur, unité géologique Nord de la zone qui aurait produit un stock de sédiment conséquent lors de son érosion au cours de la dernière transgression marine.
- Enfin, la quatrième et dernière cellule est celle du platier subaffleurant briovérien au Sud. Il se caractérise par des poches de sable piégé par la géométrie guidée par les strates à l'affleurement. Ces sables sont très riches en Zr.



Figure 27 : Photographies aériennes du secteur d'étude de 1955 (à gauche) à 2019 (à droite). Source portail IGN.

Cette analyse est le reflet de la répartition morphosédimentaire de la zone caractérisée lors de l'analyse des relevés topo-bathymétriques Lidar (2017) et des prélèvements sédimentaires (2019). Grâce aux

observations réalisées à partir des photos aériennes anciennes distribuées sur le portail IGN, il est possible de caractériser l'évolution de ce système. Ainsi, au cours des soixante dernières années, la morphologie de ce site a été en perpétuelle évolution. Sur la photo aérienne de 1955, les chenaux sont largement développés avec la présence de nombreux chenaux secondaires et un réseau anastomosé très visible. Ces chenaux disparaissent par la suite (2000 – 2019). De plus, le prisme sableux central a avancé, en soixante ans, vers le rivage sur plus de 600 m. Ces évolutions entraînent ainsi une dénudation du platier rocheux subaffleurant. Ces images soulignent un comblement progressif de la baie.

d. Caractérisation des structures anthropiques

L'analyse Lidar a permis de mettre en évidence des structures non naturelles potentiellement anthropiques. Grâce aux observations de terrain chacune des deux structures décrites précédemment (Chapitre IV.) a pu être davantage caractérisées. Les 14 structures identifiées et analysées par Gandois et al. (2019), seront ensuite discutées.



Figure 28 : Barrage de pêcheur dans le sud-est de l'île de Tatihou, en haut à gauche: vue vers le sud lorsque les structures commencent à apparaître ; en haut à droite : vue à basse mer (coefficient 115, 1024 hPa) ; en bas à gauche : vue de détail des pierres avec une pierre de chant présentant un fort pendage ; en bas à droite : vue du possible pertuis au centre de l'arc de cercle (clichés H. Gandois).

- Le barrage de Tatihou

La structure a été observée récemment (21 février 2019). Le coefficient de marée élevé (115) allié à conditions anticycloniques (1024 hPa) ont permis des conditions d'observations optimales. La largeur est difficile à estimer mais les éléments structurants se développent sur au moins 2.5m. Les blocs de pierre ont été disposés à même le substrat sableux, leurs dimensions sont imposantes pouvant atteindre le m de longueur. Excepté, la forme en arc de cercle observé à partir du Lidar, aucune organisation particulière n'a pu être mise en évidence. Il faut noter qu'au moins une dalle semble avoir été placée de chant, même si elle présente un fort pendage actuellement (Figure 28, en bas à gauche). Une ouverture située au centre de

l'arc de cercle (Figure 28, en bas à droite) pourrait parfaitement correspondre à un pertuis, mais un sondage à ce niveau serait nécessaire.

La base des pierres se situe au niveau du zéro SHOM (-3.70 NGF) ce qui pourrait correspondre à une période d'utilisation vers -1500 (comm. pers. P. Stéphan, CNRS) avant notre ère, soit la date du site de l'âge du Bronze fouillé sur l'île de Tatihou (Marcigny et Ghesquière, 2003).

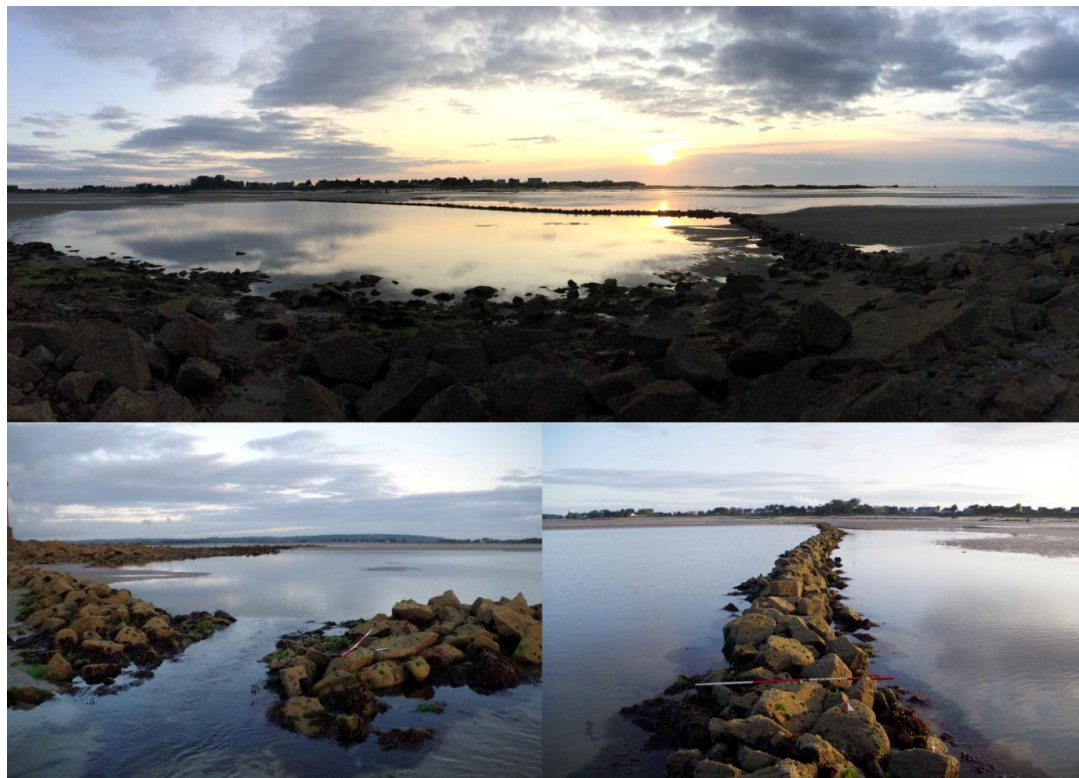


Figure 29 : Vues du barrage de pêche de Ben-Être, en haut : vue panoramique vers l'est ; en bas à gauche : vue du pertuis ; en bas à droite : vue de l'agencement aléatoire des blocs (clichés H. Gandois).

- Le barrage de Ben-Etre

Le barrage a pu être documenté le mercredi 5 juin 2019 au matin par un coefficient de 89 et avec une pression de 1007 hPa (légère décote). Comme pour le barrage précédent, l'agencement des pierres semble très aléatoire, elles ont été simplement disposées en rang sur le substrat sableux sans qu'une attention particulière soit portée sur leur mise en place (Figure 29, en bas à droite). Ce barrage est encore parfaitement visible lors des basses mers par grandes marées, même de faible coefficient, il semble d'ailleurs encore plus ou moins fonctionnel car des pêcheurs à pied viennent y ramasser poissons et coquillages dans les flaques d'eau bloquées dans la partie interne. Un pertuis aménagé est encore visible à la jonction entre la partie principale et le retour sud (Figure 29, en bas à gauche).

De nombreux blocs présentent des traces de taille, or la pointe rocheuse de Ben-Être sur laquelle s'appuie la pêcherie offre de très nombreux fronts de taille encore bien visibles ainsi que des blocs en cours de débitage (Figure 30). Leurs tailles sont parfaitement identiques et il ne fait ainsi presque aucun doute que les blocs constituant la structure du barrage ont été extraits de l'affleurement rocheux à proximité, ce qui permettait d'économiser à la fois du temps et de l'effort pour le transport. Même si ce barrage est certainement un des plus récents de ceux qui ont été inventoriés, il faut noter qu'il est néanmoins très rare de disposer de la carrière d'extraction qui soit directement associée.

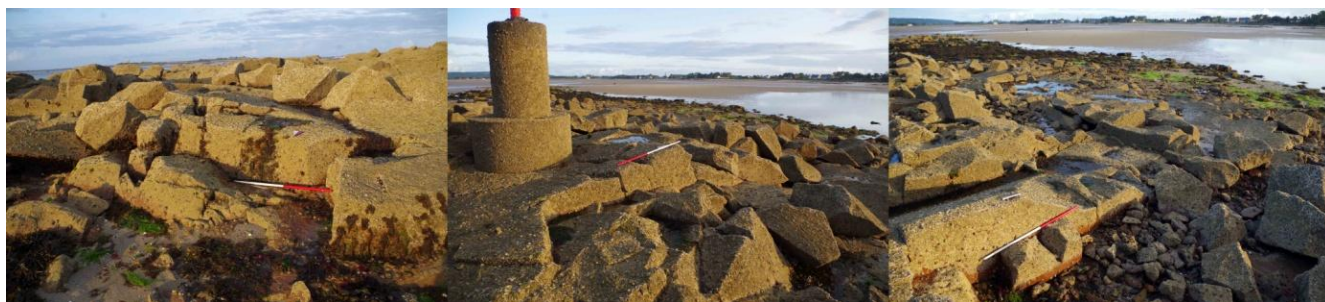


Figure 30: Vues des fronts de taille sur la pointe rocheuse de Ben-Être (clichés H. Gandois).

Finalement, sur les quatorze structures abordées (Figure 7, Gandois et al., 2019), sept ont pu être documentées confirmant leur rôle de pêcheries. En revanche, 7 d'entre elles nécessitent une investigation plus poussée avec une intervention plus lourde par plongeurs.

A part le barrage de pêcherie de Ben-Être (Table 3, Figure 29), tous les autres, documentés ou probables, appartiennent au type A défini par Daire et Langouët (2008). Ce type regroupe les configurations naturelles adaptées en piège par un aménagement limité ; les barrages ont la caractéristique commune de prendre appui sur des têtes de roche ou des rives rocheuses. A noter que ces dispositifs peuvent ou non être équipés d'un pertuis. La seule structure n'appartenant pas à ce type est donc celle de Ben-Être, il s'agit là d'un barrage de type C (*ibid.*) qui correspond à des pièges en V aménagés sur estran sédimentaire et en estuaire avec un pertuis construit à l'endroit où se rejoignent les deux bras.

Nom	Visible sur photo	Visible sur levés bathymétriques SHOM	Observée	Statut	Coordonnées WGS84		Type*	Longueur estimée (m)
					N	O		
Tatihou	Oui	Oui	Oui	Certaine	49°35'03,85"	01°14'07,92"	A	220
Ben-Être	Oui	Oui	Oui	Certaine	49°36'09,95"	01°14'09,66"	C	230
Pointe de Saire	Non	Oui	Non	Possible	49°36'28,98"	01°13'16,97"	A	70
Dranguet-1	Oui	Oui	Oui	Certaine	49°36'46,23"	01°13'32,92"	A	51
Dranguet-2	Oui	Non	Non	Probable	49°36'46,25"	01°13'23,31"	A	90
Dranguet-3	Oui	Non	Non	Probable	49°36'44,27"	01°13'24,23"	A	50
Anse de Fouly-1	Non	Oui	Oui	Certaine	49°37'04,24"	01°13'18,02"	A	55
Anse de Fouly-2	Non	Oui	Non	Possible	49°37'09,97"	01°13'03,03"	A	30
Le Tôt-1	Non	Oui	Oui	Certaine	49°37'51,93"	01°13'52,74"	A	40
Le Tôt-2	Non	Non	Oui	Certaine	49°37'44,45"	01°13'38,14"	A	30
Le Tôt-3	Non	Oui	Non	Possible	49°37'46,45"	01°13'32,19"	A	70
Anse du Hommet-1	Non	Non	Oui	Certaine	49°38'26,03"	01°14'01,35"	A	50
Anse du Hommet-2	Non	Oui	Non	Possible	49°38'23,58"	01°13'50,34"	A	40
Anse de Brévy	Oui	Oui	Non	Possible	49°38'47,58"	01°14'00,91"	A	30

Table 3 : Tableau d'inventaire des barrages de pêcherie certains ou supposés sur la côte du Val de Saire (* : d'après Daire et Langouët, 2008, p. 52-54).

Le barrage de Ben-Être fait donc figure d'exception. Elle est la seule à offrir plusieurs assises de pierres avec des blocs calibrés disposés de manière très jointive et avec un pertuis encore presque fonctionnel. Excepté sa position basse et les formalités administratives nécessaires pour exploiter ce type de dispositif, son très bon état de conservation permettrait une utilisation actuelle.

Tous les autres barrages documentés sont construits sur le même principe avec un seul niveau de pierres disposées soit en arc de cercle, soit de manière rectiligne sur une largeur d'environ 3 mètres. Ce sont des pierres de tailles importantes avec pour dimensions moyennes 80 cm sur 70 cm sur une quarantaine de centimètres d'épaisseur. Il s'agit de blocs roulés, aucune trace de mise en forme n'a été constatée. Les blocs sont placés de manière non jointive et même assez lâche avec des espaces parfois importants entre eux. De même les blocs sont tous simplement posés sur le fond sableux, pour les éléments qui ont été vus, aucun n'a été enfoncé dans le substrat, tous ne tiennent que par leur poids. Ce type de construction est très différent des barrages en pierre qui ont pu être documentés dans l'archipel de Molène par exemple. Dans ce contexte insulaire, les pierres sont systématiquement placées de chant dans l'axe du barrage et profondément enfoncées dans le substrat avec un dispositif de calage extrêmement dense et soigneusement mis en place (Gandois et al., 2018).

Néanmoins la différence des conditions météo-marines entre la mer d'Iroise et la côte du Val de Saire suffit seule à expliquer la différence dans les méthodes de construction. L'Iroise est constamment exposée aux tempêtes océaniques et aux lames de fond venues de l'Atlantique, les constructions sur estran doivent donc être particulièrement bien conçues et implantées profondément dans le sol ; à l'inverse la côte du Val de Saire est exposée plein est et donc parfaitement protégée des vents dominants et de la houle, le poids des blocs suffisant donc à leur maintien.

L'utilisation des photographies aériennes et de levés bathymétriques ont permis de cibler des zones et donc d'être plus efficace dans le temps imparti par les marées. Toutes les structures identifiées avec ces moyens doivent dans tous les cas être confirmées par une visite *in situ*, et ce que ce soit dans la zone intertidale ou infratidale. De plus certains barrages documentés étaient invisibles à la fois sur les photographies et sur les levés, donc le travail sur le terrain reste toujours indispensable. La prospection pédestre sur estran a de nombreuses limites, et en premier lieu bien sûr de ne pas pouvoir recenser les structures infratidales. Celles-ci ne sont accessibles par définition qu'en plongée, et étant données les zones à couvrir, des prospections systématiques avec des moyens sous-marins sont bien sûr inenvisageables.

V. Conclusion

Cette étude environnementale a permis :

- (1a) d'initier une étude environnementale sur les stocks et sources sédimentaires sur le secteur de la Baie de la Saire. Cette dernière a permis de mettre en évidence 4 cellules sédimentaires principales à dominance continentale aux abords de l'estuaire de la Saire et marine à l'extrémité Nord-est de la baie. Le prisme central, représentant plus de 400 T de sable d'origine supposée granitique, montre une avancée progressive vers les rivages est de la baie, supposant un comblement au regard des actuelles changements climatiques et *in fine* de la transgression marine. En soixante ans, le secteur à dominance continentale a reculé de 600 m au regard de l'incursion marine.
- (1b) de compléter les données publiées à la fin du XX^{ème} siècle sur la tectonique du Nord-est du Cotentin. Les trois principales directions de fractures décrites dans la littérature comme les trois phases de mise en place du granite de Barfleur Hercynien ont pu être reconnues sur l'analyse des plateformes littorales grâce au Lidar. Ces observations ont été ensuite affinées par des mesures de fracturation sur le terrain. Le contact entre le briovérien et le granite apparaît comme l'élément structural principal de la Baie, formant le linéament N120.
- (2) de caractériser la répartition des habitats algaux sur la plateforme littorale développée autour de l'île de Tatihou. L'analyse et le recensement des 59 espèces d'algues présentes sur l'estran a permis de délimiter 13 habitats (typologie EUNIS). Elles se répartissent selon deux ceintures végétalisées, une

plus haute (4 à 6m) et une autre plus basse (0 à 2m), toutes deux séparées par une zone rocheuse vierge. L'abondance des différentes espèces dans chacune des ceintures reflète le caractère plus ou moins énergétique du milieu. Ainsi, il apparaît que la zone ouest présente une énergie forte à modéré à l'inverse du secteur ouest et nord qui apparaît plus abritée.

- (3) de poursuivre les études archéologiques réalisées sur la zone depuis le début du XIX^{ème} siècle. L'apport du Lidar a permis de mettre en évidence les structures rocheuses non naturelles de par leur morphologie particulière (curviligne ou rectiligne). Ainsi 14 sites potentiels ont été mis en évidence. Deux de ces 14 sites s'observent à proximité de l'île de Tatihou et dans la baie de la Saire et sont développés dans ce rapport. Une étude approfondie sur le terrain, couplée à une synthèse bibliographique, permet de mettre en évidence la structuration de ces structures assimilées à des pêcheries. Néanmoins, sur les 14 sites 7 restent encore incertains et nécessitent la mise en place de mission de terrain plus conséquentes faisant intervenir des plongeurs.

Ces trois exemples illustrent donc l'importance des données Lidar dans la recherche environnementale. Elles permettent non seulement de caractériser la morphologie du secteur d'étude fonction de la discipline étudiée, de déterminer les altitudes et de mettre en place un plan d'échantillonnage précis, mais également, à terme, il sera possible de caractériser les zones en évolution dans le but de prévoir et prédire les changements futurs liés au recul du trait de côte.

Bibliographie

Ar Gall, E., Le Duff, M., Sauriau, P.-G., de Casamajor, M.-N., Gevaert, F., Poisson, E., Hacquebart, P., Joncourt, Y., Barillé, A.-L., Buchet, R., et al. (2016). Implementation of a new index to assess intertidal seaweed communities as bioindicators for the European Water Framework Directory. *Ecol. Indic.* 60, 162–173.

Barber, K.E., Chambers, F.M., and Maddy, D. (2003). Holocene palaeoclimates from peat stratigraphy: macrofossil proxy climate records from three oceanic raised bogs in England and Ireland, *Quaternary Science Reviews* 22, 521–539.

Barber, K.E., Chambers, F.M., and Maddy, D. (2004). Late Holocene climatic history of northern Germany and Denmark: peat macrofossil investigations at Dosenmoor, Schleswig–Holstein, and Svanemose, Jutland, *Boreas* 33, 132–144.

Billard, C., and Bernard, V. dir. (2016) – *Pêcheries de Normandie, Archéologie et histoire des pêcheries littorales du département de la Manche*, collection « Archéologie et Culture », Rennes, P.U.R., 717 p.

Billeaud I., Tessier, B., Lesueur, P., and Caline, B. (2007). Preservation potential of highstand coastal sedimentary bodies in a macrotidal basin: Example from the Bay of Mont–Saint–Michel, NW France. *Sedimentary Geology* 202, 754–775.

Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M.N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti–Bond, R., Hajdas, I., and Bonani, G., (2001). Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene, *Science* 294, 2130–2136.

Charman, D.J., Blundell, A., ACCROTELM Members (2007). A new European testate amoebae transfer function for palaeohydrological reconstruction on ombrotrophic peatlands. *Journal of Quaternary Science* 22(3) 209–221.

Daire, M.-Y., Langouët, L. (2008) – *Les pêcheries de Bretagne, Archéologie et Histoire des pêcheries d'estran*, Coédition Ce.R.A.A.-A.M.A.R.A.I., Les dossiers du Centre Régional d'Archéologie d'Alet, numéro spécial du Bulletin de l'A.M.A.R.A.I., 144 p.

Dissler, E (1987). *Evolution géodynamique cadomienne du Nord-Cotentin (Massif armoricain)*. Thèse de doctorat. Caen.

Gandois H., and Stephan P. (2015) – Les barrages de pêche de l'archipel de Molène (mer d'Iroise, Finistère), *Bulletin de l'A.M.A.R.A.I.*, vol. 28, p. 45-76.

Gandois, H., Stephan P., Cuisinier, D., Hulot, O., Ehrhold, A., Paul, M., Le Dantec, N., Franzetti, M. (2018) - The Stone Tidal Fish Weirs of the Molène Archipelago, Iroise Sea, Brittany, Western France: a long-term tradition with early megalithic origins, *International Journal of Nautical Archaeology*, The Nautical Archaeology Society, John Wiley & Sons Eds., Oxford, vol. 47/1, 5-27.

Gandois, H., Marcigny, C., and Stephan P. (2019). Prospection thématique "Autour de Tatihou. Etude d'un territoire de l'âge du Bronze au premier âge du fer, INRAP Grand-Ouest, avril 2019, p. 81.

Graindor, M. J., and Wasserburg, G. J. (1962). Déterminations d'âges absolus dans le nord du Massif armoricain. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 254(22), 3875-3877.

Gresselin, F. (1990). *Evolution varisque du Massif armoricain oriental : insertion dans une transversale ouest-européenne*. Thèse de doctorat. Caen.

Le Masson du Parc F. (1723-1732) – *Procès verbaux des visites faites par ordre du Roy concernant la pesche en mer*, documents manuscrits, Archives nationales C5.

Leutwein, F., and Sonet, J. (1965). Contribution à la connaissance de l'évolution géochronologique de la partie nord-est du Massif Armoricain français. *Sciences Terre*, 10, 345-66.

Marcigny C., and Ghesquiere E. (2003) – *L'île de Tatihou à l'âge du Bronze (Manche), Habitats et occupation du sol*, Documents d'Archéologie Française (DAF), n°96, p. 192.

Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karlén, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Kreveland, Holmgren, S., Lee-Thorp, K., Rosqvist, J., Rack, G., Staubwasser, F., Schneider, M. and Steig, R.R. (2004). Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243– 255.

Raffaelli, D., and Hawkins, S. (1996). *Intertidal ecology* (London: Chapman et Hall).

Sorrel, P., Tessier, B., Demory, F., Delsinne, N., and Mouaze, D. (2009). Evidence for millennial-scale climatic events in the sedimentary infilling of a macrotidal estuarine system, the Seine estuary (NW France). *Quaternary Science Reviews* 28, 499–516.

Stephan, P., Franzetti, M., Le Dantec, N., Pailler, Y., Paul, M., Rouan, M., Ehrhold, A., Jouet, G., and Baltzer, A. (2018). Approche géoarchéologique des barrages de pêcheries du Finistère. Séminaire du thème 4 de la ZABRI (Zone Atelier Brest Iroise). 13 décembre 2018 (Brest).

Tessier, B., Billeaud I., Sorrel, P., Delsinne, N., and Lesueur, P. (2012). Infilling stratigraphy of macrotidal tide-dominated estuaries. Controlling mechanisms: Sea-level fluctuations, bedrock morphology, sediment supply and climate changes (The examples of the Seine estuary and the Mont-Saint-Michel Bay, English Channel, NW France). *Sedimentary Geology* 279, 62–73.

Thomaz, S.M., and Cunha, E.R. da (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnol. Bras.* 22, 218–236.

Wienche, C., and Bischof, K. (2012). *Seaweeds biology : Novel Insights into Ecophysiology, Ecology and Utilization* (London: Springer).