



**HAL**  
open science

## Apport des données alti-bathymétriques (Litto3D et bathymétrie SMF) dans la détection et l'étude des vestiges archéologiques inter-et sub-tidaux (façade Manche- Atlantique, Région Bretagne, Finistère).

Pierre Stéphane, Marine Paul, Bernard Le Gall, Serge S. Suanez, Nicolas Le Dantec, Axel Ehrhold, Pascal P. Le Roy, Alain Hénaff, Bernard Fichaut, Yvan Pailler, et al.

### ► To cite this version:

Pierre Stéphane, Marine Paul, Bernard Le Gall, Serge S. Suanez, Nicolas Le Dantec, et al.. Apport des données alti-bathymétriques (Litto3D et bathymétrie SMF) dans la détection et l'étude des vestiges archéologiques inter-et sub-tidaux (façade Manche- Atlantique, Région Bretagne, Finistère).. [Rapport de recherche] Opérations n° OA 2955 et OA 3002, DRASSM. 2017, pp.72. hal-01520721

**HAL Id: hal-01520721**

**<https://hal.science/hal-01520721v1>**

Submitted on 20 May 2017

**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.

Apport des données alti-bathymétriques (Litto3D et bathymétrie SMF) dans la détection et l'étude des vestiges archéologiques inter- et sub-tidaux (façade Manche-Atlantique, Région Bretagne, Finistère).

\*\*\*

Programme GEOFISH - Étude géo-archéologique des pêcheries du Finistère.

Opérations n° OA 2955 et OA 3002

Pierre Stéphan<sup>1</sup>, Marine Paul<sup>1</sup>, (dir.), Bernard Le Gall<sup>3</sup>, Serge Suanez<sup>1</sup>, Nicolas Le Dantec<sup>2</sup>, Axel Ehrhold<sup>4</sup>, Pascal Le Roy<sup>3</sup>, Alain Hénaff<sup>1</sup>, Bernard Fichaut<sup>1</sup>, Yvan Pailler<sup>1</sup>, Gwen Jouet<sup>4</sup>, Agnès Baltzer<sup>5</sup>, Henri Gandois<sup>6</sup>, Pierre-Yves Decosse

<sup>1</sup> Laboratoire LETG-Brest Géomer (UMR 6554)

<sup>2</sup> CEREMA – Laboratoire Domaines Océaniques (UMR 6538)

<sup>3</sup> Laboratoire Domaines Océaniques (UMR 6538)

<sup>4</sup> IFREMER – Laboratoire Géosciences Marines

<sup>5</sup> Laboratoire LETG-Nantes Géolittomer (UMR 6554)

<sup>6</sup> Laboratoire Trajectoires (UMR 8215)

Janvier 2017

## Sommaire

I-DONNEES ADMINISTRATIVES	3
II-DETAIL DES OPERATIONS REALISEES EN 2016 ET PREMIERS RESULTATS	19
1- Etat des connaissances avant l'opération et problématiques scientifiques	20
2- Stratégie et méthodes	23
2.1. La détection des vestiges archéologiques à partir des données Litto3D	23
2.2. Le traitement des MNT	24
2.3. Levés bathymétriques et plongées sous-marines dans le chenal de l'île de Batz	27
2.3.1. Acquisition et traitement des levés bathymétriques	27
2.3.2. Les plongées de reconnaissance	28
2.4. Etude du barrage de Lagad oen (Baie de Goulven)	34
2.4.1. Déroulement des missions de terrain	34
2.4.2. Analyse pétrographique des blocs constituant le barrage	36
2.5. Le secteur de l'archipel des Glénan	37
3-Résultats	38
3.1. Vers une réactualisation de l'inventaire des barrages de pêcheries du Léon	38
3.2. Quelle efficacité des filtres dans la détection des structures ?	40
3.3. Analyse des relevés bathymétriques et description des barrages identifiés dans le chenal de l'île de Batz	41
3.3.1. La pêcherie de Tec'hit Vihan (figures 19 à 21)	42
3.3.2. Le barrage de Perroc'h (figure 22)	44
3.3.3. Le barrage de Porz ar C'hleguer (figures 23 à 28)	46
3.3.4. La barrage d'An Uslenn	52
3.3.5. Le talus de Roc'h zu	53
3.4. Le barrage de Lagad oen (baie de Goulven) : étude pétro-structurale préliminaire (B. Le Gall)	55
4- Conclusion et perspectives	56
5- Références bibliographiques	58
6- Table des illustrations	60
III-INVENTAIRE TECHNIQUE	62

SECTION I - DONNEES ADMINISTRATIVES

# 1. Fiche signalétique résumant les données administratives et techniques de l'opération

## 1.1. Localisation

Façade : Manche-Atlantique,  
Région : Bretagne  
Département : Finistère  
Secteurs : côtes du Léon, de l'archipel de Molène et de la Mer d'Iroise.

## 1.2. Coordonnées géographiques (WGS 84)

Latitude : de 48°19'29.2"N à 48°45'49.6"N  
Longitude : de 3°35'01.8"W à 5°08'42.8"W  
Altitude : de -15 m NGF à +5 m NGF

## 1.3. Nature et références des opérations

Nature : Relevés alti-bathymétriques des barrages en pierre inter- et sub-tidaux  
Référence : Opérations OA 2955 et OA 3002

## 1.4. Responsable scientifique de l'opération et organisme de rattachement

Pierre Stéphane (Chargé de recherche)  
CNRS, UMR6554 LETG-Brest Géomer  
Institut Universitaire Européen de la Mer  
29280 Plouzané - France

## 1.5. Dates d'intervention sur le terrain

Les 19-20/04/2016 : relevés bathymétriques dans le chenal de l'île de Batz  
Le 06/06/2016 : mission de reconnaissance sur le barrage de Lagad oen (Baie de Goulven)  
Le 05/07/2016 : survol au cerf-volant du barrage de Lagad oen (Baie de Goulven)  
Le 13/10/2016 : plongées dans le chenal de l'île de Batz

## 1.6. Mots-clés

Préhistoire, Protohistoire, Histoire, barrages en pierre, pêcheries

## 2. Liste détaillée des intervenants techniques, administratifs et financiers de l'opération

### 2.1. Organigramme de l'équipe scientifique précisant les contributions respectives

Nom	Prénom	laboratoire ou institut	spécialité	contribution
Stéphan	Pierre	LETG-Brest Géomer (CNRS)		
Paul	Marine	LETG-Brest Géomer (CNRS)	Géographie, géomorphologie	Analyse de données géographiques, géomorphologie, géoarchéologie
Suanez	Serge	LETG-Brest Géomer (CNRS)		
Hénaff	Alain	LETG-Brest Géomer (CNRS)		
Fichaut	Bernard	LETG-Brest Géomer (CNRS)		
Le Dantec	Nicolas	LDO (CNRS)		Acquisition et traitement des données SMF, analyses et interprétations des fonds marins
Le Gall	Bernard	LDO (CNRS)		analyse pétrographique des blocs
Le Roy	Pascal	LDO (CNRS)	Géologie marine, sédimentologie	Acquisition et traitement des données SMF, analyses et interprétations des fonds marins
Ehrhold	Axel	Géosciences Marines (IFREMER)		Acquisition et traitement des données SMF, analyses et interprétations des fonds marins
Jouet	Gwen	Géosciences Marines (IFREMER)		Acquisition et traitement des données SMF, analyses et interprétations des fonds marins
Baltzer	Agnès	LETG-Nantes Géolittomer (CNRS)		Acquisition et traitement des données SMF, analyses et interprétations des fonds marins
Pailler	Yvan	Trajectoires (CNRS)	Archéologie	interprétation archéologique
Gandois	Henri	Trajectoires (CNRS)		

### 2.2. Bref CV des principaux participants

#### Pierre STÉPHAN

Researcher at the French National Centre for Scientific Research (CNRS)

Laboratory LETG-Brest Géomer (UMR6554)

European Institute for Marine Studies

Rue Dumont d'Urville, Technopole

Tel : +33.02.98.49.86.88

e-mail : [pierre.stephan@univ-brest.fr](mailto:pierre.stephan@univ-brest.fr)



#### Professional experience

**2004-2008:** PhD in Coastal Geomorphology (Doctoral School of Marine Science, University of Brest)

**2008-2010:** Teaching and Research Temporary Attaché (Department of Geography, University of Brest)

**2010-2011:** Teaching Assistant (Department of Geography, University of Brest)

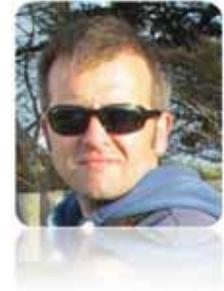
**2011-2013:** Researcher at the Laboratory of Physical Geography (LGP laboratory, UMR 8591 CNRS, Meudon) for the French National Centre for Scientific Research, Teaching Assistant (National Museum of Natural History)

**2013-2015:** Researcher at the European Institute for Marine Studies (Geomer laboratory, UMR 6554 CNRS, Plouzané) for the French National Centre for Scientific Research

---

## Yvan PAILLER

Researcher at the National Research Institute for Rescue Archaeology (INRAP)  
Permanent member of the laboratory Trajectoires (UMR 8215)  
Associate member Laboratory LETG-Brest Géomer (UMR 6554)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.06.48.39.05.72  
e-mail : [yvan.pailler@inrap.fr](mailto:yvan.pailler@inrap.fr)



### Professional experience

**2010-2015:** Archaeologist at the National Research Institute for Rescue Archaeology (Plouzané)

**2007-2009:** Post-doctorate researcher for Project Jade funded by the ANR (France)

**2005-2007:** Post doctorate researcher at the National Museums Scotland (Edinburgh, Scotland)

**1998-2004:** PhD in archaeology at the Centre of Briton and Celtic Research (UMR 6038), University of West Brittany (Brest)

---

## Bernard FICHAUT

Assistant professor at the University of Brest, Department of Geography  
Laboratory LETG-Brest Géomer (UMR6554)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.02.98.49.86.10  
e-mail : [bernard.fichaut@univ-brest.fr](mailto:bernard.fichaut@univ-brest.fr)



**Papers in international journals: 11**

**H-index: 8**

**Number of citations: 235**

### Professional experience

**1993-2015:** Assistant professor at the University of Brest, Department of Geography

**1988-1993:** Coordination of cleaning the southern coast of Lebanon contaminated by the oil spill Jyeh. NGO Bahr Loubnan.

**2003-2004:** Ecology expert for the Regional Directorate for the Environment during the "Prestige" marine pollution

**1999-2000:** Ecology expert for the Regional Directorate for the Environment during the "Erika" marine pollution

**1988-1993:** Ecology expert for the French national association SEPNEB-Bretagne vivante

**1989-1990:** Ecology expert for the US federal government and the Chugach Native American Corporation during the "Exxon Valdez" marine pollution

**1982-1987:** Ecology expert to the Chicago court for the victims of marine pollution during the trial of the Amoco Cadiz

**1984 :** PhD in Department of Geography, University of West Brittany (Brest)

---

## Serge SUANEZ

Professor at the University of Brest, Department of Geography  
Laboratory LETG-Brest Géomer (UMR6554)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.02.98.49.86.10  
e-mail : [serge.suanez@univ-brest.fr](mailto:serge.suanez@univ-brest.fr)



**Papers in international journals: 27**  
**H-index: 15**  
**Number of citations: 728**

### Professional experience

- 2013-2015:** Professor at the University of Brest, Department of Geography
- 2005-2007:** Researcher at the French National Centre for Scientific Research (CNRS)
- 1997-2013:** Assistant professor at the University of Brest, Department of Geography
- 1996-1997:** Lecturer in the Department of Geography, University of Aix-Marseille I.
- 1994-1997:** PhD in the Department of Geography, University of Aix-Marseille I.

---

## Alain HENAFF

Senior Lecturer at the University of Brest, Department of Geography  
Laboratory LETG-Brest Géomer (UMR6554)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.02.98.49.86.11  
e-mail : [alain.henaff@univ-brest.fr](mailto:alain.henaff@univ-brest.fr)



### Professional experience

- 2005-2015:** Senior Lecturer at the University of Brest, Department of Geography
- 1998-2004:** In charge of scientific studies
- 1995-1997:** Teaching and Research Temporary Attaché (Dep. of Geography, University of Brest)
- 1992-1995:** PhD in Coastal Geomorphology (Doctoral School of Marine Science, University of Brest)

---

## Nicolas LE DANTEC

Researcher at CEREMA (Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement)  
Laboratory Domaines Océaniques (UMR6538)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.02.98.49.86.65  
e-mail : [nicolas.ledantec@univ-brest.fr](mailto:nicolas.ledantec@univ-brest.fr)



### Professional experience

- 1999-2002:** Engineering diploma at *Telecom Paris Sud* (Evry, France)
- 2002-2004:** Master of Science in Oceanography (Applied Ocean Sciences) at *Scripps Institution of Oceanography* (UCSD, USA)
- 2004-2009:** Ph.D. in Oceanography (A study of saturated granular assemblages and its implications for transport, stress propagation and failure in marine sediments) at *Scripps Institution of Oceanography* (University of California San Diego, USA)
- 2009-2010:** Post-doc (physical modeling of sediment transport and bedform dynamics) at *Institut de Physique de Rennes and Géosciences Rennes, University of Rennes*
- 2011:** Post-doc (Sediment Processes in lacustrine environment) at *EPFL* (Switzerland)
- Nov-Dec 2013:** Invited researcher (Research Program on Geophysical Flows) at *KITP* (University of California Santa Barbara, USA)
- Since 2012:** Researcher at CEREMA - *Laboratoire Domaines Océaniques UMR 6538*

---

## Bernard LE GALL

Researcher at the French National Centre for Scientific Research (CNRS)  
Laboratory Domaines Océaniques (UMR6538)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.02.98.49.87.56  
e-mail : [blegall@univ-brest.fr](mailto:blegall@univ-brest.fr)



### Professional experience & expertise

- 1983:** PhD in the Department of Geology, University of Brest.
- 1984-2015:** Researcher at the European Institute for Marine Studies (laboratory Domaines Océaniques, UMR 6538 CNRS, Plouzané) for the French National Centre for Scientific Research
- 1989-1991:** Expert for the French Petroleum Institute (Rueil-Malmaison)

**1984-1995:** Research works focused on the structure of the NW European variscan front.

**1995:** Habilitation to drive research, University of Brest.

**1995- 2015:** Research works focused on structural studies of extension devices (Passive continental margin of Portugal, E et W Greenland, ocean ridges (Indian Central Ridge, Woodlark Basin), Continental Rift (East Africa: Djibouti, Ethiopia, Kenya, Tanzania), igneous provinces (Karoo au Botswana, South Africa, Mozambique, Malawi).

#### **Collective responsibility**

**1984:** Responsible for mapping contract with the French Bureau of Geological and Mining Research

**1990:** Coordinator of Integrated Action Programs with Belgium (city of Leuven)

**2004-2014:** Coordinator of Integrated Action Programs with Portugal (city of Lisbon)

**2004-2014:** Responsible and coordinator of cooperation program UBO/CERD with Djibouti

**2002-2005:** Member of the board of directors IUEM, member of the Scientific Council for the evaluation (section 35 & 36, University of Brest and University of Rennes)

**2006-2009:** Member of the Scientific Council of the International Program MAWARI.

---

### **Pascal LE ROY**

Senior Lecturer at the University of Brest, Department of Geology  
Laboratory Domaines Océaniques (UMR6538)  
European Institute for Marine Studies  
Rue Dumont d'Urville, Technopole  
Tel : +33.02.98.49.87.26  
e-mail : Leroy@univ-brest.fr



#### **Professional experience**

**1999-2016:** Senior lecturer at the University of Brest

**1998-1999:** Temporary Lecturer and Research Assistant) at the University of Bordeaux I

**1997-1998:** Geophysicst, Gardlines Survey Company, R.U.

**1993-1997:** PhD in the Department of Geology, University of Brest.

**1993:** Master graduate in marine geosciences, University of Brest.

#### **Scientific activities**

**Tools:** Seismic reflection, bathymetry and coring of continental shelves and coastal domains.

**Topics:** Shelf and shoreface Quaternary and Neogene stratigraphy, Sand Ridge and submarine dunes, incised valley systems, active tectonics/ stratigraphy relationship, modern carbonate environment.

**Work at sea:** about 30 scientific cruises (10 chief and co-chief).

**Regions of interests:** Brittany shelf, Moroccan shelves, New Caledonia, Mozambic Channel.

### **3. Notice de l'opération (dossier « Notice » du CD-Rom)**

**3.1. Résumé des principaux résultats scientifiques (fichier « Résumé.doc)**

**3.2. Illustrations (fichiers « carte\_1.jpeg ; ... (en CMJN, 300 Dpi)**

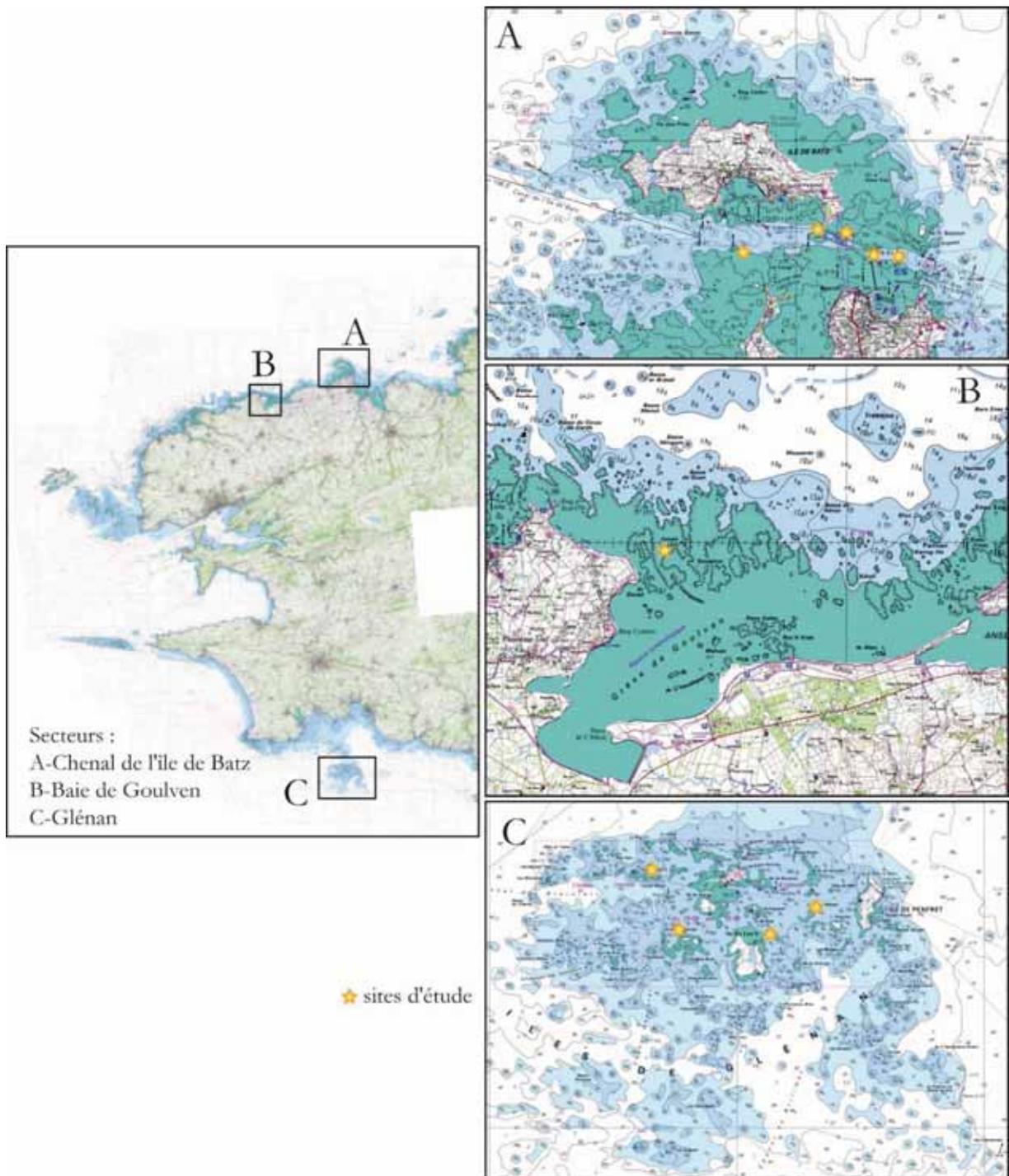
La légende est annexée au texte de la notice (Arial 10).

#### 4. Fiche d'état du site

Compte tenu de la nature des opérations, aucune fiche d'état des sites n'est fournie dans ce rapport.

#### 5. Pièces à fournir

##### 5.1. Document(s) cartographique(s) de localisation de l'opération et du (ou des) gisements



5.2. Arrêté d'autorisation et avis de l'autorité maritime



MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION

Arrêté du 01/06/2016 n° 2016 – 71

Relatif à une opération archéologique dans le domaine public maritime  
OA 3002

001024

Direction  
générale  
des Patrimoines  
  
Département  
des Recherches  
Archéologiques  
Subaquatiques et  
Sous-Marines

Affaire suivie par

Poste

Références

DRASSM  
147 Plage de l'Estaque  
13016 MARSEILLE  
(France)  
Tél. +33 (0)4 91 14 28 00  
Fax +33 (0)4 91 14 28 14  
le-drassm@culture.gouv.fr

La Ministre de la Culture et de la Communication,

Vu le Code du Patrimoine ;

Vu la demande présentée par M. Pierre STEPHAN, le 15/01/2016 ;

Arrête

**Art. 1** – M. Pierre STEPHAN est autorisé à procéder, en qualité de responsable scientifique, à une opération archéologique de prospection diachronique à compter du 06/06/2016 jusqu'au 07/06/2016.

- Façade maritime : Atlantique
- Département : Finistère
- Commune : Plounéour-Trez
- Intitulé de l'opération : Etude géo-archéologique (avec cerf-volant) structures pêcheries
- Coordonnées géographiques WGS 84 (rayon d'emprise : 150 m) :  
Latitude : 48° 39.57 N; longitude : 004° 17.15 O
- Numéro de la carte marine (SHOM) : 7150
- Profondeur : Estran

**Art. 2** – Conformément à l'article L. 532-8 du Code du Patrimoine, l'opération est exécutée sous la direction effective du titulaire de l'autorisation et placée sous sa responsabilité.

**Art. 3** – L'opération est effectuée sous le contrôle du Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines, qui prescrit toutes mesures qu'il juge utiles pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

Le titulaire de l'autorisation ou le bénéficiaire de la décision doit présenter, à toute demande des autorités compétentes, une copie de ces documents.

Le titulaire de l'autorisation tient régulièrement informé le Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Les mesures nécessaires à la conservation de ces vestiges doivent être prises après son accord.

A la fin de l'opération, le titulaire de l'autorisation adresse au Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines, en double exemplaire plus une version numérique sur cd-rom, un rapport final d'opération (pdf) accompagné des plans précis et des photographies nécessaires à la compréhension du texte et d'un résumé illustré destiné au *Bilan scientifique* annuel du Drassm (fichier texte et fichier illustrations séparés). Pour cette campagne, une carte, mentionnant les découvertes et leurs emplacements doit impérativement être associée à un tableau de coordonnées géographiques correspondantes, exprimées en WGS 84 (degrés et minutes décimales). En outre le rapport devra contenir un inventaire des clichés et des dessins réalisés au cours de l'opération. Le responsable donne un inventaire de l'ensemble du mobilier qui viendrait à être découvert et signale les objets d'importance notable. Enfin, il indique quelles sont les études complémentaires à envisager.

L'ensemble des documents relatifs à l'opération (notes, photographies, relevés, correspondances, etc.) est remis au Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines aussitôt que sont rédigés les rapports, notes ou publications scientifiques sur les recherches effectuées.

**Art. 4 – Prescriptions particulières à l'opération :**

La présente autorisation est accordée pour une prospection diachronique visant à documenter et à caractériser une série de structures sous-marines présumées être des pêcheries.

Il est demandé que chaque pêcherie fasse l'objet d'une localisation précise par GPS en indiquant plusieurs points de référence significatifs. Ainsi les coordonnées géographiques en degrés, minutes, décimales et une description des structures devront figurer dans le rapport final d'opération. Il est également demandé à ce que figure au sein du rapport, l'ensemble de la documentation photographique ou vidéographique (dûment légendée) qui sera réalisée durant l'opération.

Enfin, le rapport devra intégrer un compte-rendu synthétique de l'opération destiné à être publié dans le Bilan scientifique du Drassm.

Concernant le mobilier archéologique :

Aucun mobilier archéologique ne sera prélevé au cours de cette opération.

Concernant les conditions d'intervention :

Les interventions s'effectueront conformément au *Manuel des procédures de sécurité en milieu hyperbare applicable aux activités placées sous le contrôle du Drassm*, qui s'applique sur toute opération archéologique du domaine public maritime.

Le manuel est téléchargeable sur le site du ministère chargé de la Culture : [www.culturecommunication.gouv.fr/Disciplines-et-secteurs/Archeologie/Archeologie-sous-les-eaux](http://www.culturecommunication.gouv.fr/Disciplines-et-secteurs/Archeologie/Archeologie-sous-les-eaux).

**Art. 5 –** Le Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Pour la Ministre et par délégation,

Le Directeur du Département des Recherches  
Archéologiques Subaquatiques et Sous-marines



Michèle L'HOUR

Copie : Préfet maritime



PREFECTURE MARITIME DE L'ATLANTIQUE



Brest, le 28 SEP. 2016

N° 0-33877-2016 PREMAR ATLANT/AEM/NP

PREFECTURE MARITIME  
DE L'ATLANTIQUE

Division « action de l'Etat en mer »

*Régulation • réglementation, finances,  
organisation »*

NOTE

à l'attention de

Monsieur le directeur du département  
des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines

**OBJET** : Avis relatif à une demande d'autorisation de recherches archéologiques sous-marines.

**REFERENCE** : votre courriel du 30 août 2016.

Demandeur : M. Pierre Stephan.

Demande DRASSM n° OA 2955.

Département : Finistère (29).

Lieu : entre l'île de Batz et Roscoff.

Périodes : du 1<sup>er</sup> au 30 octobre 2016 inclus.

Dans le but d'éviter toute interférence avec d'autres activités, le responsable d'opération devra prendre contact avec le sémaphore le plus proche chaque jour au début et à la fin des travaux. L'embarcation devra arborer les marques de navigation adéquates afin de se signaler aux autres usagers du plan d'eau.

Sous réserve du strict respect des règles de sécurité et de la signalisation des opérations (veille VHF 16 obligatoire et signalement de protection avec pavillon *alpha* notamment), j'émet un avis favorable à cette demande.

Tout changement de programme devra être signalé par mail à l'adresse suivante :

- [com-brest.u3\\_copscot@marine.defense.gouv.fr](mailto:com-brest.u3_copscot@marine.defense.gouv.fr).

Pour le préfet maritime de l'Atlantique et par délégation,  
l'administrateur général de 2<sup>ème</sup> classe des affaires maritimes  
Daniel Le Diréach  
adjoint au préfet maritime chargé de l'action de l'Etat en mer,



**Ministère de la Culture et de la Communication**  
 Direction générale des Patrimoines  
 Sous-direction de l'Archéologie  
 Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines

Cajon réservé au DRASSM

Page(s) : \_\_\_\_\_ OA : \_\_\_\_\_  
 N° d'enregistrement DRASSM : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

**Sébastien Le Grand**  
 Contrôleur de sécurité  
 hyperbare

**Michel L'HOUE**

Vice de contrôleur de sécurité hyperbare      Vice de directeur du DRASSM

**DOCUMENT DE CHANTIER**  
**ANNEXE 2**

---

Commune : Batz, Roscoff Date de l'opération : du 01/10/16 au 30/10/16  
 Intitulé de l'opération : \_\_\_\_\_  
 Profondeur(s) : 0-5 m  
 Navire(s) support : Navires de Station de Roscoff (Zoé, Aurelia)  
 Embarcation(s) de sécurité :

Caisson hyperbare référent : Brest

N° de téléphone : 02 98 34 70 98 / 02 98 22 33 33

Chef de service : Maryvonne VILARINHO

N° de téléphone : \_\_\_\_\_

SAMU, SMUR : 15  
 CROSS Corsen :

POMPIERS : 18/112 (portable)  
 VHF canal 16 / Tél Urgence: 196 / 02 98 89 61 55

Procédure utilisée/ DRASSM / Manuel de procédure ou autre : Drassm  
 Données de plongée utilisées : MT12  
 Paliers (air / oxygène) :  
 Majoration (temps, altitude) :

Profondeur	Temps	Paliers
12	60	.

Conditions particulières du site : Pas de conditions particulières  
 Consignes générales de plongée en rapport avec le site : aucune  
 Procédure de rappel d'urgence : pétard  
 Procédure d'appareillage d'urgence du site : bouée sur ligne de mouillage, largage rapide

**Responsable d'opération :**  
 Signature **Pierre STÉPHAN**

**Chef(s) d'opération hyperbare :** Yann Fontana  
 Signature(s)



MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION

Arrêté du 01/06/2016 n° 2016 – 71  
Relatif à une opération archéologique dans le domaine public maritime  
OA 3002

001024

Direction  
générale  
des Patrimoines

Département  
des Recherches  
Archéologiques  
Subaquatiques et  
Sous-Marines

Affaire suivie par

Poste

Références

DRASSM  
147 Plage de l'Estaque  
13016 MARSEILLE  
(France)  
Tél. +33 (0)4 91 14 28 00  
Fax +33 (0)4 91 14 28 14  
le-drassm@culture.gouv.fr

La Ministre de la Culture et de la Communication,

Vu le Code du Patrimoine ;

Vu la demande présentée par M. Pierre STEPHAN, le 15/01/2016 ;

**Arrête**

**Art. 1** – M. Pierre STEPHAN est autorisé à procéder, en qualité de responsable scientifique, à une opération archéologique de prospection diachronique à compter du 06/06/2016 jusqu'au 07/06/2016.

- Façade maritime : Atlantique
- Département : Finistère
- Commune : Plounéour-Trez
- Intitulé de l'opération : Etude géo-archéologique (avec cerf-volant) structures pêcheries
- Coordonnées géographiques WGS 84 (rayon d'emprise : 150 m) :  
Latitude : 48° 39.57 N; longitude : 004° 17.15 O
- Numéro de la carte marine (SHOM) : 7150
- Profondeur : Estran

**Art. 2** – Conformément à l'article L. 532-8 du Code du Patrimoine, l'opération est exécutée sous la direction effective du titulaire de l'autorisation et placée sous sa responsabilité.

**Art. 3** – L'opération est effectuée sous le contrôle du Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines, qui prescrit toutes mesures qu'il juge utiles pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.  
Le titulaire de l'autorisation ou le bénéficiaire de la décision doit présenter, à toute demande des autorités compétentes, une copie de ces documents.

Le titulaire de l'autorisation tient régulièrement informé le Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Les mesures nécessaires à la conservation de ces vestiges doivent être prises après son accord.

A la fin de l'opération, le titulaire de l'autorisation adresse au Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines, en double exemplaire plus une version numérique sur cd-rom, un rapport final d'opération (pdf) accompagné des plans précis et des photographies nécessaires à la compréhension du texte et d'un résumé illustré destiné au *Bilan scientifique* annuel du Drassm (fichier texte et fichier illustrations séparés). Pour cette campagne, une carte, mentionnant les découvertes et leurs emplacements doit impérativement être associée à un tableau de coordonnées géographiques correspondantes, exprimées en WGS 84 (degrés et minutes décimales). En outre le rapport devra contenir un inventaire des clichés et des dessins réalisés au cours de l'opération. Le responsable donne un inventaire de l'ensemble du mobilier qui viendrait à être découvert et signale les objets d'importance notable. Enfin, il indique quelles sont les études complémentaires à envisager.

L'ensemble des documents relatifs à l'opération (notes, photographies, relevés, correspondances, etc.) est remis au Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines aussitôt que sont rédigés les rapports, notes ou publications scientifiques sur les recherches effectuées.

**Art. 4 – Prescriptions particulières à l'opération :**

L'opération de prospection impliquera le déploiement d'un cerf volant destiné à réaliser une série de prises de vue aériennes des structures révélées par l'analyse des données Litto 3D.

Cette opération qui constitue également un test méthodologique permettra de réaliser un relevé topographique des structures susceptibles d'appartenir à un barrage de pêche et permettra de générer un MNT ainsi qu'un plan détaillé de la structure présumée anthropique.

Concernant le mobilier archéologique :

Aucun vestige archéologique mobilier ne sera prélevé lors de cette opération.

Concernant les conditions d'intervention :

Les interventions s'effectueront conformément au *Manuel des procédures de sécurité en milieu hyperbare applicable aux activités placées sous le contrôle du Drassm*, qui s'applique sur toute opération archéologique du domaine public maritime, même en l'absence de plongée.

Le manuel est téléchargeable sur le site du ministère chargé de la Culture : [www.culturecommunication.gouv.fr/Disciplines-et-secteurs/Archeologie/Archeologie-sous-les-eaux](http://www.culturecommunication.gouv.fr/Disciplines-et-secteurs/Archeologie/Archeologie-sous-les-eaux) (Art 11/16-3/17/18 et annexes 1/2/3).

**Art. 5 –** Le Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Pour la Ministre et par délégation,

Le Directeur du Département des Recherches  
Archéologiques Subaquatiques et Sous-marines



Michel L'HOUE



Cadre réservé au DRASSM

Façade : Atlantique OA : 3002  
N° d'enregistrement DRASSM : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Sébastien Legendre  
Contrôleur de sécurité hyperbare

Michel L'Hour  
Directeur du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-marines

Visa du contrôleur de sécurité hyperbare  
Visa du directeur du DRASSM

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES**  
**ANNEXE 3**

✓ Réponse demandée en respectant la trame du document et la numérotation

## **1- Renseignements généraux**

### **1.1- Nature des travaux**

La mission consistera à faire voler un cerf-volant à une hauteur de 70 m environ au-dessus de la structure archéologique. Le survol se déroulera à l'échelle de basse mer sur une durée de 45 min. Le cerf-volant est équipé d'un appareil photo qui permettra la prise de vues aériennes. En parallèle, des cibles seront installées au sol et leur position sera relevée au GPS. La durée totale de l'opération ne devrait pas dépasser 1:30.

### **1.2- Horaires et hébergement**

Les horaires sont fixés par la marée. L'intervention se débutera 45 minutes avant l'heure de la basse mer du jour définie par le SHOM. Elle s'achèvera 45 minutes après la basse mer.

### **1.3- Effectifs**

L'équipe sera composée de 3 opérateurs : M. Ronan Autret (doctorant, personnel de l'Université de Bretagne Occidentale), M. Pierre Stéphan (personnel CNRS), Melle Marine Paul (stagiaire de master, Université de Bretagne Occidentale)

### **1.4- Avis d'ouverture de chantier**

Il s'agit d'une intervention ponctuelle, non destructive, basée uniquement sur l'observation. Aucun chantier ne sera ouvert.

### **1.5- Médecine du travail**

MEDICINE DE PREVENTION DES PERSONNELS, SUMPPS 13, RUE DE LANREDEC, 29238 BREST CEDEX 3  
medecinedutravail@univ-brest.fr

### **1.6- Accès au bateau support ou au lieu du chantier**

L'accès au site d'intervention se fera à pied. Le site se situe à une distance de 500 m du rivage.

### **1.7- Liste du matériel utilisé**

1 cerf-volant / 1 appareil photographique / 1 GPS différentiel / 30 cibles (disques en plastiques)

## **2- Installation du chantier**

Compte-tenu de la faible fréquentation du site, du caractère éphémère de l'opération et de

## **3- Risques inhérents au chantier**

L'estran investigué est relativement plan, mais il est constitué de masses rocheuses localement recouvertes de fucus. Il existe donc un risque de chute légère (glissade) sur les rochers.

#### **4- Matériel utilisé sur le chantier**

##### **4.1- Bateau support et embarcations annexes**

Aucun bateau ou embarcation ne sera utilisé.

##### **4.2- Appareils à pression de gaz**

Aucun matériel de ce type ne sera utilisé.

##### **4.3- Moyens logistiques**

Aucun moyen logistique ne sera utilisé.

#### **5- Mode opératoire**

Aucune plongée sur le site ne sera réalisée.

#### **6- Moyens de protection collective**

##### **6.1- Protection contre les chutes**

##### **6.2- Protection particulière applicable aux scaphandriers**

##### **6.3- Protection contre le feu**

##### **6.4- Stockage des carburants et des huiles**

##### **6.5- Manipulation de l'oxygène**

#### **7- Moyens de protection individuelle**

##### **7.1- Habilitations et assurances**

Aucune plongée sur le site ne sera réalisée. Aucune habilitation particulière concernant les plongées. Notre mission sera encadrée par des Ordres de mission validées par le directeur du laboratoire LETG-Brest. Nous serons donc assurés par notre employeur (Université de Bretagne Occidentale, CNRS).

##### **7.3- Démobilisation des plongeurs à l'issue de leur séjour**

Aucune plongée sur le site ne sera réalisée.

##### **7.4- Protection particulière lors des manutentions**

##### **7.5- Armement des embarcations**

Nous n'utiliserons pas d'embarcation sur le site.

##### **7.6- Information au personnel**

#### **8- Procédure en cas d'accident**

##### **8.1- Accident non lié à la plongée**

En cas d'accident non lié à la plongée, les secours seront déclenchés par M. Pierre Stéphan, M. Ronan Autret ou Melle Marine Paul par les moyens de la téléphonie mobile. Les services de secours contactés seront les pompiers (Centre de secours de Plouescat, Boulevard de l'Europe, 29430 Plouescat, téléphone : 02 98 69 61 99). L'une des trois personnes susnommées sera responsable des premiers soins. Nous nous tenons dans l'obligation de fournir un compte-rendu écrit, corroboré par témoins, en cas d'accident.

SECTION II - DETAIL DES OPERATIONS REALISEES EN 2016 ET PREMIERS  
RESULTATS

## 1- Etat des connaissances avant l'opération et problématiques scientifiques

Les barrages à poissons (*fishweirs*), ou pêcheries, constituent un type de techniques traditionnelles de pêche qui a longtemps constitué pour les habitants des rivages côtiers l'un des principaux modes de subsistance. Le principe de tels barrages est de contraindre le poisson à emprunter un passage étroit dans lequel il sera pêché au moyen d'un filet emmanché ou à se diriger vers un piège d'où il ne pourra s'échapper. Dans certains systèmes simples, cette zone de capture n'est pas formalisée et le poisson est seulement prélevé à l'arrière d'un muret de pierres à basse mer. Dans ce dernier cas, les barrages forment des infrastructures lourdes et sont susceptibles d'avoir laissé des traces archéologiques sur les estrans. Un barrage est toujours associé à une zone « pêchante », parfois appelée l'« oeil » de la pêcherie. C'est le cas particulièrement sur les installations en V, forme la plus commune rencontrée sur la bande littorale.

Les barrages à poissons semblent avoir été inventés par les communautés de chasseurs-cueilleurs du Mésolithique. Les plus anciennes structures de ce type ont été découvertes sur les côtes de Hollande et du Danemark et sont datées entre 7000 et 8000 cal BP. Dans les îles britanniques, les barrages remontent aux périodes néolithiques et à l'âge du Bronze. De nombreuses structures sont également attribuées aux époques médiévales. En France, plusieurs programmes de recherche ont été lancés au cours des années 2000 pour étudier les anciens pièges à poissons. En Basse-Normandie, les travaux coordonnés par C. Billard (Billard et al., 2013a ; 2013b) ont porté sur les pêcheries en bois, très bien conservées du fait de leur ensevelissement partiel sous les sédiments fins du Golfe normand-breton. La présence de bois a permis l'obtention de nombreuses datations par le radiocarbone et par la dendrochronologie, ainsi que le recueil d'informations techniques et de données précieuses sur l'exploitation de la ressource en bois (Bernard et al., 2012 ; Billard et Bernard, 2016).

En Bretagne, un premier inventaire des barrages à poisson à partir de prises de vue aériennes de l'IGN et de prospections pédestres a été réalisé par Daire et Langouët (2010, 2011), aidé en cela par un dépouillement des archives historiques et un analyse des toponymes locaux indicateurs de la présence de pêcheries à proximité des côtes. Plus de 800 vestiges en pierre ont ainsi été recensés (Daire et Langouët, 2010, 2011). Une fouille archéologique a été réalisée sur la pêcherie du Taureau, dans l'estuaire du Léguer (Daire et al., 2016), permettant de mieux documenter l'architecture de ce type de vestiges et d'apporter un éclairage inédit sur la chronologie des installation de pêche. En Mer d'Iroise, Gandois et al. (2011, 2013, 2015) ont réalisé une série de plongées sur les monuments submergés et une prospection des estrans lors des basses mers de grand coefficient. Toutefois, en l'absence de fouilles systématiques sur l'ensemble des vestiges inventoriés, aucune attribution chronologique fiable n'a pu être établie par le biais de méthodes de datation conventionnelles. Pour contourner ce problème, Daire et Langouët (2011) ont proposé une approche permettant de déduire l'âge de chaque vestige en les positionnant par rapport aux anciens niveaux marins relatifs. Cette tentative s'est néanmoins heurtée à deux principaux verrous méthodologiques :

- (i) l'absence de données fiables sur les niveaux marins holocènes dans la région,
- (ii) un positionnement altitudinal approximatif des structures sur l'estran.

Ces deux verrous semblent aujourd'hui levés, ce qui motive ce projet de recherche. En effet, il existe désormais une courbe fiable de la remontée du niveau marin relatif pour les 8000 dernières années dans l'ouest de la Bretagne (Stéphan et Goslin, 2014 ; Stéphan et al., 2015 ; Goslin et al., 2015). En outre, les

vestiges peuvent être positionnés précisément en profondeur grâce aux données alti-bathymétriques récentes produites dans le cadre du programme Litto3D, disponibles sur l'ensemble du Finistère.

En 2014, dans le cadre du PEPS Terre-Mer co-porté par l'IUEM, des premiers travaux dans ce sens ont été menés dans l'archipel de Molène où de nombreuses prospections sur l'estran et des observations subaquatiques avaient déjà révélé un fort potentiel archéologique (Gandois et al. 2011, 2013, 2015). A cela s'ajoutait également la présence de nombreux restes de poissons sur différents sites archéologiques de l'archipel (Dréano et al., 2013) témoignant de la consommation d'une ichtyofaune très diversifiée et de taille variable, supposant des pratiques de pêche peu sélectives par le biais de barrages à poissons. Un travail fin sur les données bathymétriques (repérage des anomalies de surface) a donc été réalisé. Il a permis de recenser 33 structures inédites (Stéphan et al., sous-presse) trop profondes pour être repérées sur des photos aériennes. Ces édifices s'étirent sur un linéaire total de 4,4 km. Certaines des structures sont composées de dalles très volumineuses qui sont considérées comme de véritables mégalithes. La datation relative des structures indiquent que les plus anciennes semblent remonter au Mésolithique final (quasiment contemporaines des plus anciennes pêcheries connues dans le monde), posant la question d'un mégalithisme précoce dans cette région. Une première campagne de levés bathymétriques à très haute résolution a été menée sur quelques structures en particulier, permettant de mieux documenter l'architecture et l'implantation spatiale des vestiges (Figure 1).

Le **premier objectif** de cette opération était donc de prolonger ce travail exploratoire et prometteur à travers l'acquisition de nouvelles données bathymétriques à très haute résolution à l'aide du sondeur multi-faisceaux (SMF) dans quelques secteurs bien définis où des vestiges ont été repérés, mais où les données disponibles actuellement ne sont pas de qualité suffisante pour documenter les structures archéologiques. Trois secteurs ont été sélectionnés initialement en raison de leur forte densité en vestiges archéologiques et/ou de leur excellent état de conservation :

- 1-Le zone Batz-Roscoff et l'île de Batz ;
- 2-L'archipel des Glénan
- 3-La baie de Goulven.

Le **deuxième objectif** de cette opération était d'acquérir des données sismiques HR à l'aide du CHIRP afin de déterminer l'épaisseur de la couverture sableuse et le degré d'ensevelissement de certains barrages (en particulier dans l'archipel des Glénan). Cette action présentait une dimension exploratoire et devait permettre de tester cette méthode d'investigation sur ce type d'objets. Toutefois, le présent rapport ne fera aucune mention de ce travail qui n'a pas pu être réalisé en 2016 faute de temps et de moyens.

Le **troisième objectif** de cette opération était l'observation directe de certains monuments submergés par une série de plongées sous-marines permettant l'analyse morphologique des blocs qui composent ces structures. Ce travail devait permettre de déterminer la nature pétrographique des blocs afin de déterminer leur provenance (proche ou lointaine). Cet objectif n'a été atteint qu'en partie seulement puisque seule une journée de plongée a été réalisée dans le secteur de Batz-Roscoff.

Enfin, cette opération avait pour **quatrième objectif** de poursuivre l'analyse fine des données Litto3D sur l'ensemble des côtes du Finistère afin de :

- 1- cartographier précisément les barrages à poissons du Finistère,

- 2- définir leur caractéristiques morphométriques (hauteur, longueur, volume, implantation),
- 3- estimer leur état de conservation (degré d'érosion et d'ensevelissement),
- 4- estimer les volumes d'eau et les potentialités de capture,
- 5- déterminer leur période de fonctionnalité et leur âge.

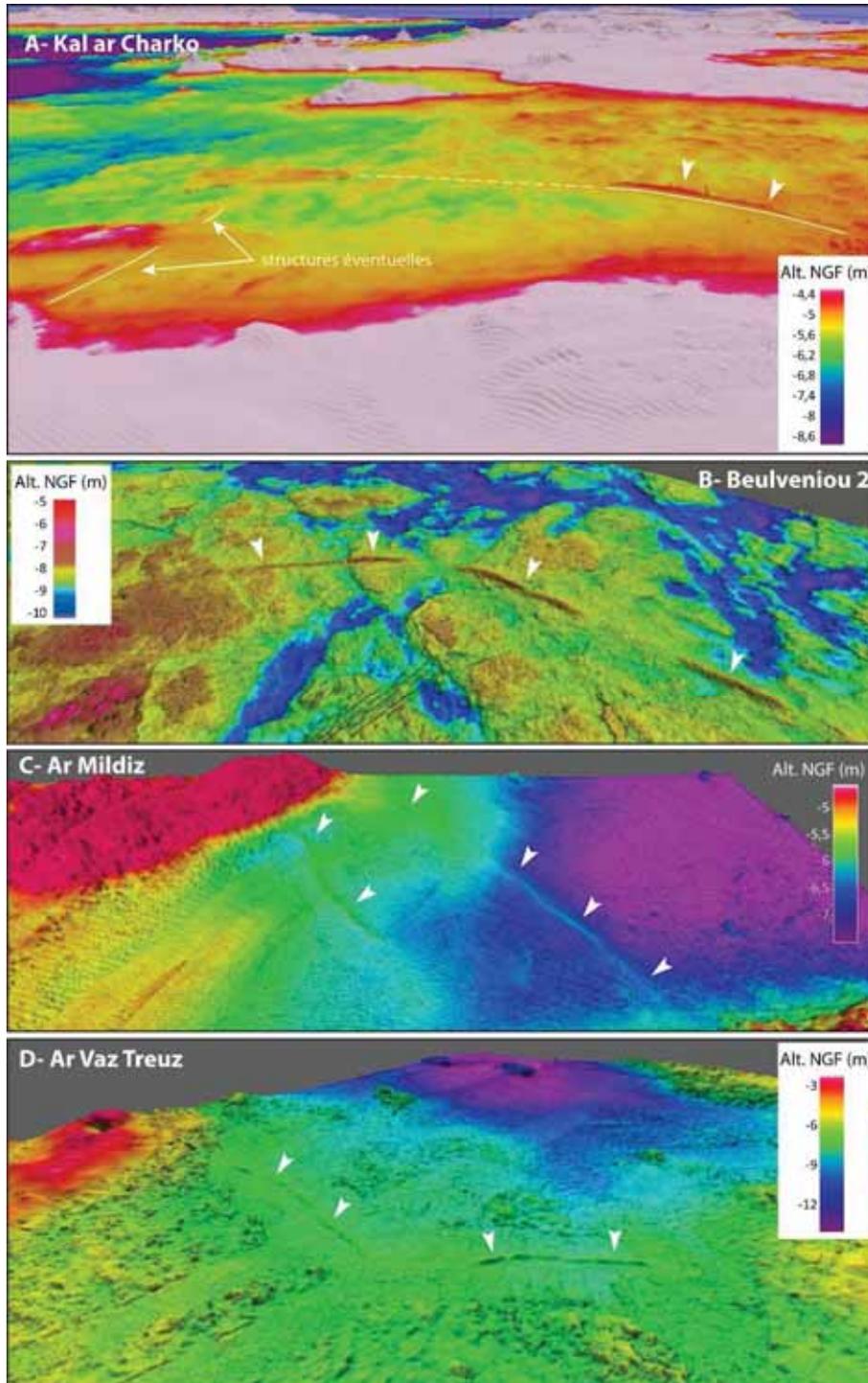


Figure 1 : Modèles numériques de terrain illustrant la présence de barrages de pêche dans l'archipel de Molène (Stéphan et al., 2016).

A ce jour, seul l'inventaire des structures situées entre la Baie de Lannion, à l'est, et la commune du Conquet, à l'ouest, a été réalisé dans le cadre du travail de Master 1 de Marine Paul. Il aura pour objectif de

tester plusieurs algorithmes de détection automatique afin de repérer rapidement des anomalies de surface sur les MNT. Nous chercherons à voir si ces anomalies correspondent à des vestiges archéologiques ou à des éléments naturels du relief à travers une analyse de la morphologie sous-marine environnante.

Enfin, il convient de préciser que ce travail s'inscrit dans une dynamique de recherche collaborative plus large, qui associe notamment les chercheurs du laboratoire Géosciences Marines-Ifremer (Axel Ehrhold et Gwenaël Jouet). Une réponse à l'appel à projet générique lancé pour 2017 par l'ANR a été formulée (lettre d'intention). Le projet « HISTO-RISK » dirigé par Florence Verdin (laboratoire AUSINIUS de Bordeaux) comprends un volet destiné à l'étude des vestiges archéologiques côtiers, les barrages à poissons y compris, en collaboration avec Agnès Baltzer (PR, Université de Nantes) et Marie-Yvonne Daire (DR, CNRS). Un sujet de thèse a également été déposé cette année auprès de la Région Bretagne (Bourse ARED). Enfin, les prospections subaquatiques sur les pêcheries de l'archipel de Molène sont poursuivies par Henri Gandois (Université de Paris 1, laboratoire Trajectoires), en collaboration avec le Parc Naturel Marin d'Iroise.

## 2- Stratégie et méthodes

### 2.1. La détection des vestiges archéologiques à partir des données Litto3D-Finistère

Ce travail a été réalisé dans le cadre du stage de Master 1 de Marine Paul effectué au printemps 2016 au sein du Laboratoire LETG-Brest Géomer (Université de Bretagne Occidentale). Les objectifs étaient de :

- 1- réactualiser l'inventaire des barrages de pêcheries et de confirmer/infirmier les vestiges inventoriés par Daire et Langouët (2010) à l'aide des mesures Litto3D ;
- 2- tester le potentiel de détection qu'offre la donnée Litto3D, notamment dans la possible découverte de structures inédites ;
- 3- proposer une méthodologie adaptée à cette détection.

Le produit Litto3D Finistère a été obtenu à partir de mesures effectuées au lidar mixte (topo-bathymétrique), au lidar bathymétrique et au sondeur multifaisceaux (SMF), lors de trois campagnes bathymétriques :

- 1- En 2010 : Levé du PNMI, complété par des données SMF du SHOM et de l'Ifremer par utilisation d'un capteur bathymétrique HawkEyeIIa ;
- 2- En 2011 : Levé Ifremer sur la zone Natura2000 à Penmarc'h par laser bathymétrique HawkEyeIIb ;
- 3- Entre 2012 et 2013 : Volet maritime de l'opération Litto3D par utilisation d'un laser bathymétrique LADS MkIII et d'un lidar topo-bathymétrique RIEGL VQ-820-G.

Ces données ont été fusionnées aux mesures réalisées par l'IGN à l'aide d'un laser topographique, permettant d'obtenir le produit final litto3D Finistère, composé de 4863 dalles kilométriques (partie terrestre et maritime).

Les semis de points (x,y,z) ont fait l'objet d'un nettoyage et d'une procédure de validation par le SHOM et l'IGN. Dans notre étude, les données Litto3D nettoyées et validées ont été extraites sous la forme

de 415 dalles de 2x2 km de dimension le long de la côte nord du Finistère, depuis la baie de Lannion à l'est jusqu'à la Pointe Saint-Mathieu à l'ouest, en intégrant également l'archipel de Molène et l'île d'Ouessant. Au total, une superficie de 830 Km<sup>2</sup> a été prospectée (figure 2).

Le nuage de points a servi ensuite de base pour modéliser une surface à travers la production de MNT. Durant cette étape, deux options sont possibles : soit on estime des valeurs altimétriques à chaque unité de surface à partir de la triangulation des points, soit on génère une grille de points régulière en attribuant à chaque nœud de la grille sa valeur moyenne en considérant son voisinage (méthode d'interpolation de type Krigeage). Cette méthode a pour objectif de lisser les valeurs et de proposer une estimation des pentes entre les points de la grille. C'est cette seconde méthode que nous avons utilisée. La maille des grilles d'interpolation a été déterminée à partir d'une analyse des variogrammes et de la densité moyenne des points de mesure alti-bathymétrique au voisinage des pêcheries, selon les recommandations de Hengl (2006). Cette analyse a permis de fixer une résolution minimale des MNT à 0.7x0.7 m.

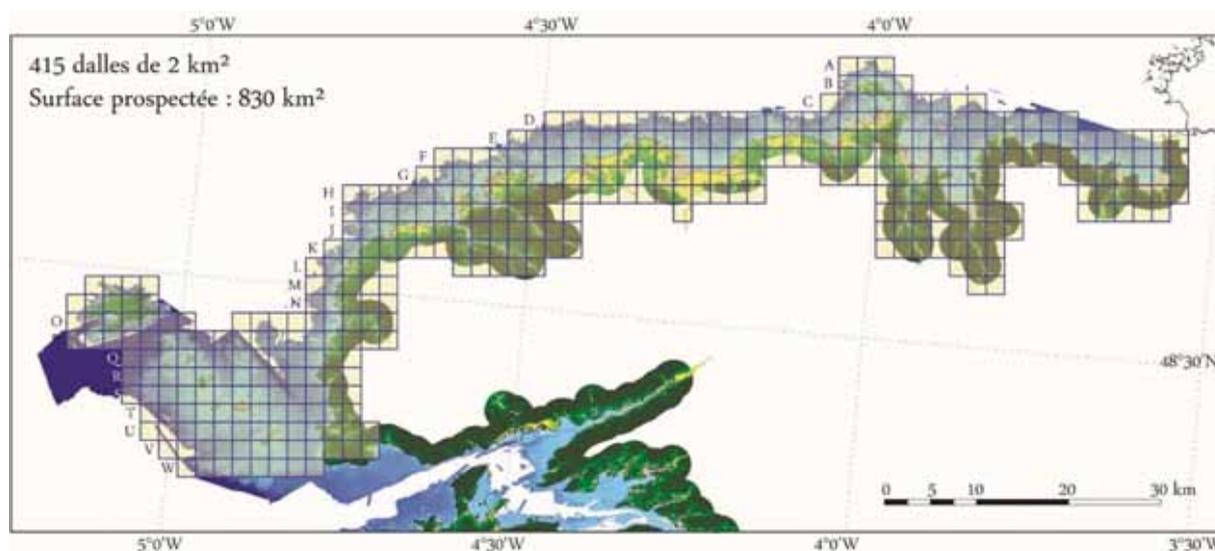


Figure 2 : Quadrillage utilisé pour la prospection des structures submergées à partir des données Litto3D dans le nord du Finistère.

## 2.2. Le traitement des MNT

La télédétection, les systèmes d'information géographiques et le traitement des données spatiales sont devenues des outils couramment employés dans la prospection archéologiques. Depuis quelques années, les Modèles Numériques de Terrain (MNT) basés sur les données LIDAR sont apparus comme de nouvelles sources de données utiles dans la détection, la cartographie et le suivi des vestiges archéologiques (Challis et al., 2011 ; Stular et al., 2012). Cet outil permet de s'affranchir des contraintes de visibilité ou d'accessibilité que l'on rencontre souvent lors de prospections dites « traditionnelles » (Devereux et al., 2005 ; Chase et al., 2011). De nombreuses études ont proposé des outils spécifiques de traitement des MNT pour faciliter la détection des zones terrestres. De nombreuses méthodes de visualisation des données LIDAR ont été proposées pour aider à l'identification d'éléments d'origine anthropique dans le relief. Toutefois, peu d'entre elles se sont penchées sur les environnements côtiers et la détection des structures archéologiques ennoyées.

Il nous a donc semblé intéressant de tester ces différentes méthodes afin de comparer l'efficacité relative des différentes techniques.

Visuellement, il est difficile d'analyser un MNT directement car les palettes de couleurs ou de nuances de gris qu'on est en mesure de percevoir (et de générer dans les logiciels de SIG) sont trop restreintes pour rendre compte de toutes les subtilités dans les variations du relief. Toute une phase du travail consiste donc à traiter ce MNT en accentuant localement les contrastes afin de faire ressortir visuellement l'information encapsulée dans le modèle. Une des techniques les plus simples est de réaliser une illumination artificielle du MNT, c'est-à-dire de projeter une source lumineuse artificielle en lui donnant une direction (azimut) et une élévation, permettant de créer des ombrages et ainsi de visualiser le relief. C'est généralement en usant de cette technique que l'on présente le résultat des données LiDAR (Bewley et al., 2005 ; Georges-Leroy et al., 2009).

Selon ce que l'on cherche à mettre en évidence, il est toutefois possible de mettre en œuvre différents modes de traitement qui vont chacun rendre compte d'un aspect de l'objet (butte, fossé, dépression, etc.) que l'on cherche à identifier. C'est pourquoi on peut parler d'une approche cubiste, en gardant à l'esprit que chaque mode de visualisation rend compte d'une manière particulière d'observer l'objet, qui peut être cohérente avec les autres modes de visualisation ou discordante, sans que cela remette en cause l'existence de l'objet en question. Il existe de nombreuses recherches sur ces modes de visualisation ainsi que des modèles de traitement déjà développés et implantés dans des logiciels d'environnement SIG ou de traitement d'image.

Dans cette étude, six traitements spécifiques (filtres) ont été appliqués aux MNT afin de tester leur efficacité en matière de détection des barrages de pêcheries (figure 3) :

1- Le filtre **Relief** (composition colorée) correspond au MNT obtenu suite à l'interpolation des données Litto3D.

2- Le filtre **Pente** renforce les contrastes topographiques indépendamment de la gamme de couleur employée. L'image de pente est obtenue en calculant le taux de variation maximal des valeurs d'un pixel par rapport aux huit pixels voisins. La valeur de pente la plus importante (en degrés) est alors retenue pour construire l'image qui accentue ainsi les anomalies topographiques en discordance avec l'environnement alentour. Toutefois, à lui seul, ce filtre est inutile. Il est donc toujours ajouté en transparence au filtre « Relief ».

3- Le filtre **Hillshading** ou *ombrage* propose d'éclairer le relief selon différents angles à partir d'une source lumineuse hypothétique. L'ombrage est calculé à partir de trois paramètres : l'angle d'éclairage de la source lumineuse, sa direction et la pente. Le facteur principal reste la position hypothétique du soleil. Il est donc possible de faire varier son azimut (entre 0° et 360°) et son altitude (entre 0 et 90°). Cet algorithme est l'un des plus utilisés dans la prospection archéologique à partir de données Lidar (Crutchley 2006 ; Imhof 2007 ; Devereux et al., 2008 ; Challis et al., 2011). Cependant, il présente un inconvénient majeur : celui de masquer certaines anomalies selon l'azimut utilisé. Pour cette étude, quatre angles d'azimut ont été utilisés : 45°, 180°, 270° et 315°. Une valeur de 45° a été utilisée pour l'altitude de la source lumineuse.

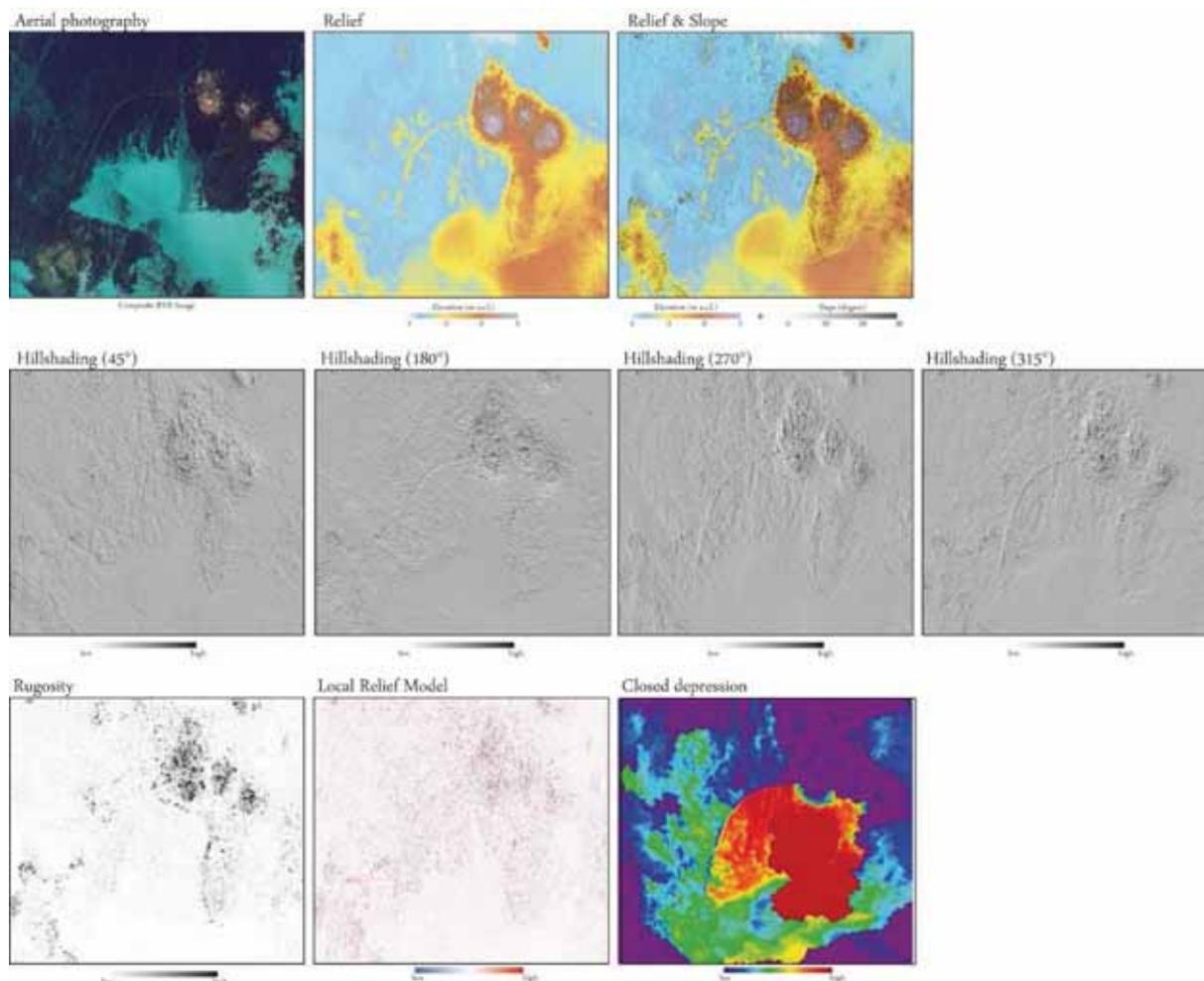


Figure 3 : Exemple de traitements d'images utilisées pour la détection des barrages de pêcheries (ici sur le barrage de Lagad oen en baie de Goulven).

4- Le filtre *Rugosité* a été développé pour la classification des habitats benthiques et reflète la granularité des fonds. L'outil « Rugosité » est un filtre de l'application BTM « *Benthic Terrain Modeler* », (Rinehart et al., 2004 ; Wright et al., 2005) Celle-ci permet l'analyse des terrains benthiques pour la classification des fonds marins selon des caractéristiques spécifiques. La rugosité peut être définie comme l'état de surface de la structure physique du fond marin. Cette donnée peut être utilisée dans des études de l'habitat benthique (Dunn & Halpin, 2009), de géomorphologie du fond marin. Dans le cas de cette étude cet indice est utilisé pour déceler des anomalies de la nature du sol pouvant correspondre à des implantations anthropiques.

5- Le filtre *Local Relief Model* est un outil développé par Hesse (2010) afin de masquer l'effet de la variation naturelle de la topographie. Du MNT originel va être soustrait une valeur moyenne de pente, permettant ainsi d'accentuer les discordances topographiques en lissant ces valeurs moyennes. La visualisation du résultat se fait selon une échelle de couleur binaire afin de distinguer efficacement les valeurs positives et négatives.

6- Le filtre *Closed depression* ou « *cuvette* » est généralement utilisé en hydrographie afin d'identifier les zones de rétention des eaux lors de leur écoulement le long des pentes. Le sens du débit est déterminé à partir du calcul de la pente la plus raide. Certaines zones où convergent ces flux sont alors identifiées. Cet

outil souligne la présence d'obstacles à l'écoulement et nous a semblé utile de le tester dans le cas des pêcheries en pierre car ces ouvrages ont pour fonction d'isoler sur l'estran un plan d'eau au moment du jusant. Plusieurs algorithmes (Freeman, 1991 ; Martz et Garbrecht, 1992, 1998, 1999) ont été mis en place pour cartographier finement ces cuvettes, lors du calcul du sens du débit. Les MNT ont été exploités sous SagaGIS (« *System for Automated Geoscientific Analyses* »).

Enfin, les *vues aériennes* les plus récentes provenant de l'IGN (orthophotographies prises entre 2012 et 2013) ou de sociétés privées telles que Microsoft (vues aériennes prises entre 2010 et 2012 disponibles à partir du moteur de recherche Bing) ont été utilisées pour confronter la méthode de prospection aérienne classique (employée par Daire et Langouet, 2010, 2011) avec les autres types de traitements utilisant les données Litto3D.

### 2.3. Levés bathymétriques et plongées sous-marines dans le chenal de l'île de Batz

#### 2.3.1. Acquisition et traitement des levés bathymétriques

Les levés bathymétriques ciblés sur les structures identifiées à partir des données Litto3D dans le chenal, entre le port de Roscoff et l'île de Batz (figure 4), ont été réalisés les 19 et 20 avril 2016 à l'aide d'un sondeur multifaisceaux (SMF) EM3002 (Kongsberg) installé sur le Néomysis, le navire de station de l'IUEM. Le sondeur est couplé avec une centrale d'attitude Octans III Subsea (Ixsea), l'ensemble étant immergeable grâce à un système de rails monté à bâbord du navire. Une antenne GPS dédiée est positionnée sur le toit de la cabine. Les données de navigation, positionnement horizontal et élévation dépendante de la marée, sont corrigées en mode PPK (post-processing kinematics) avec le logiciel GraphNav en utilisant les données de la station du Réseau GNSS Permanent la plus proche, située à Roscoff. La vitesse du son est obtenue par des profils ponctuels de bathy-célérimètre (Reson SVP15) et la mesure en continu d'une sonde de célérité (miniSVS Valeport) positionnée à proximité de l'antenne de transducteurs du SMF. Le nuage de sondes recalé est alors 'nettoyé' à l'aide du logiciel QuINSy (QPS) pour filtrer les sondes aberrantes ou celles obtenues sur des faisceaux trop rasants. La densité de sondes permet d'obtenir un MNT avec un maillage à 20 cm. La grille résultante est référencée par rapport au RGF93 de l'IGN.

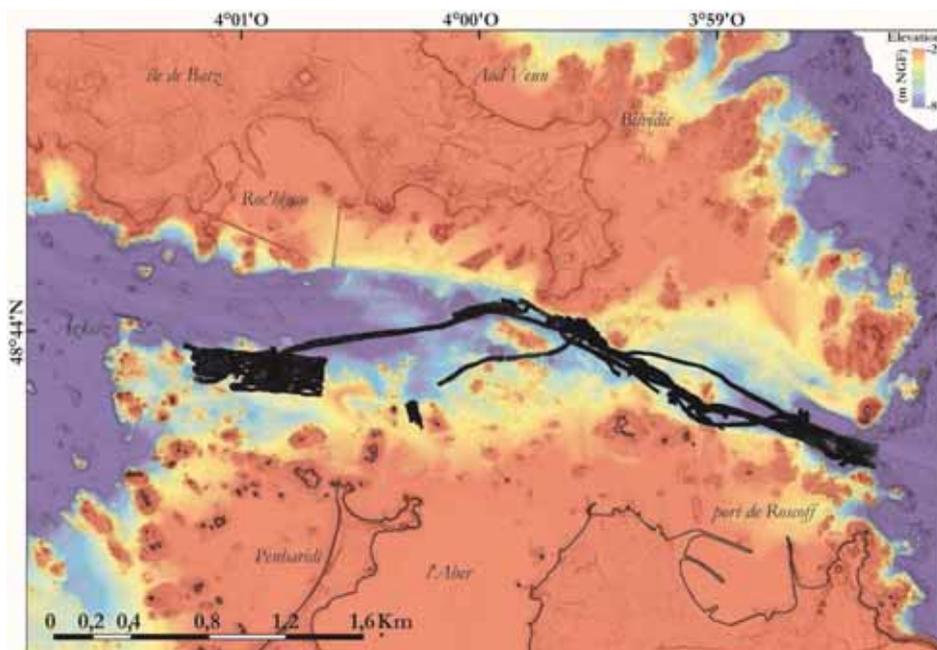


Figure 4 : Tracé de la zone relevée au Sondeur Multi-Faisceaux (en noir) entre Batz et Roscoff.

## 2.3.2. Les plongées de reconnaissance

Sur la base de ces premières images des fonds marins, une série de trois plongées sous-marines (figure 5) ont été effectuées le 10 octobre 2016 par les membres du service plongée de la station biologique de Roscoff à partir du navire de station Aurelia (MX 929636Z, FGG 3607, 227 794 020). Les points de plongées et le parcours des plongeurs ont été définis à partir des données bathymétriques afin d'optimiser les observations. Plusieurs vidéos ont été réalisées à l'aide d'une go-pro pour fournir des détails sur les objets rencontrés en plongée.

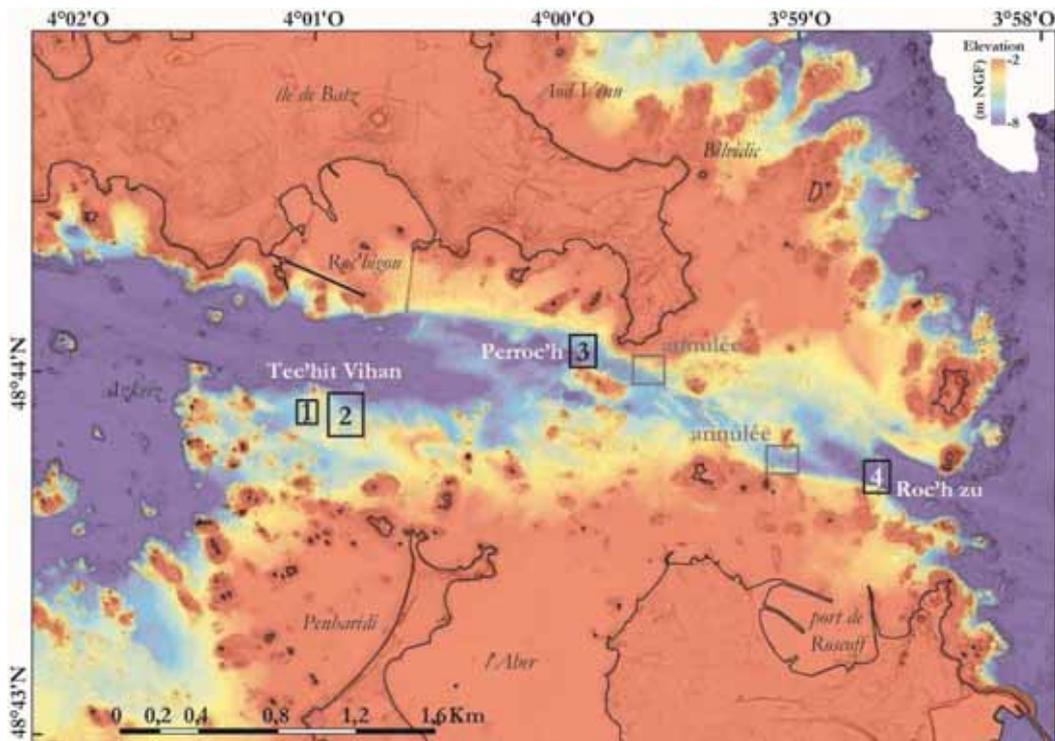


Figure 5 : localisation des quatre plongées réalisées le 10/10/2016 dans le chenal entre Batz et Roscoff.

Les deux premières plongées se sont déroulées au matin sur la structure la plus occidentale, près d'une roche appelée *Tec'hit Vihan* (figures 6 et 7). En dépit d'une bonne visibilité sous-marine et d'une très bonne géolocalisation des alignements de pierres plantées, plusieurs dizaines de minutes ont été nécessaires pour découvrir le site et démarrer l'acquisition des images sous-marines.

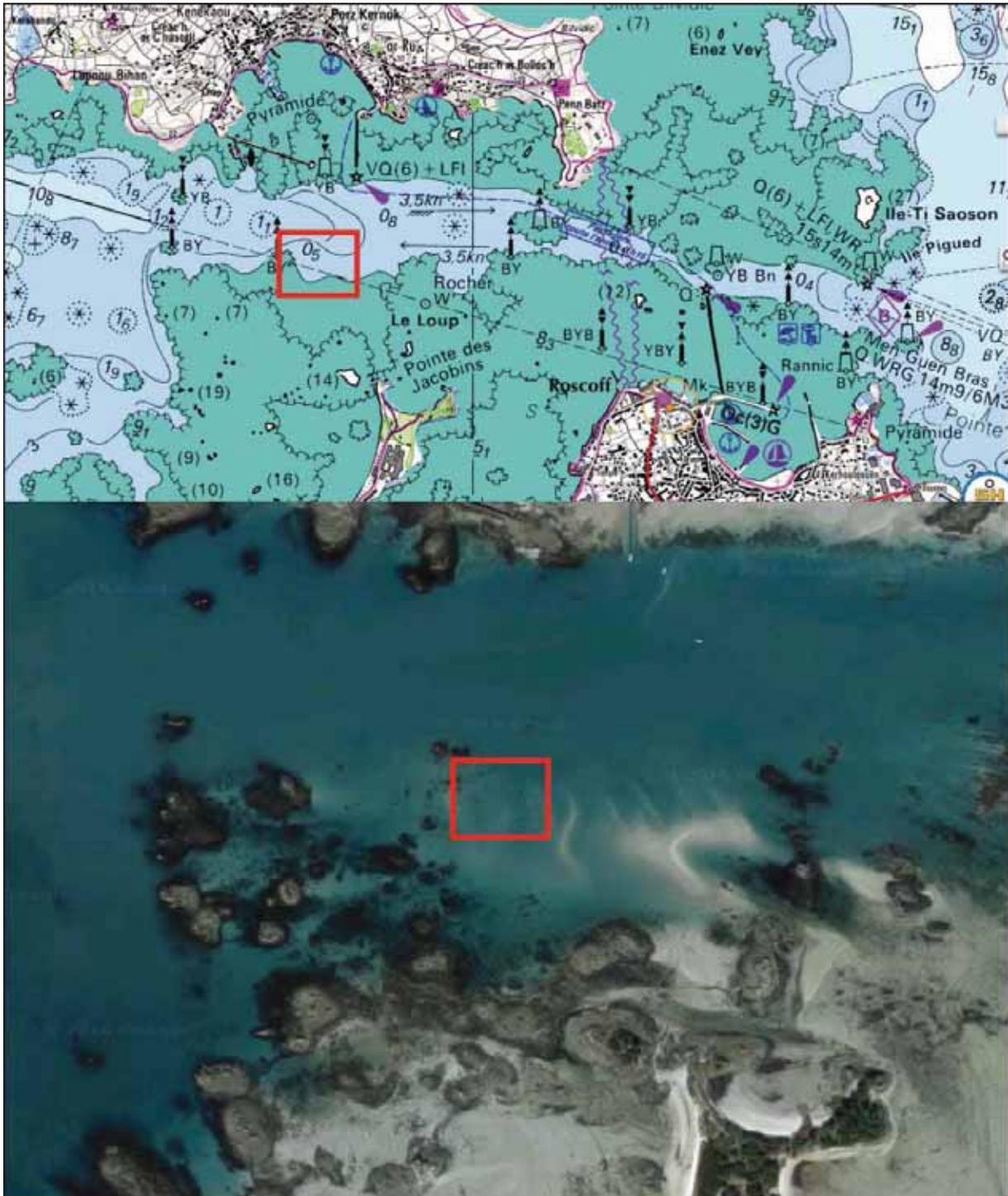


Figure 6 : Localisation des deux premières plongées le long du barrage de *Tec'hit Vihan*.

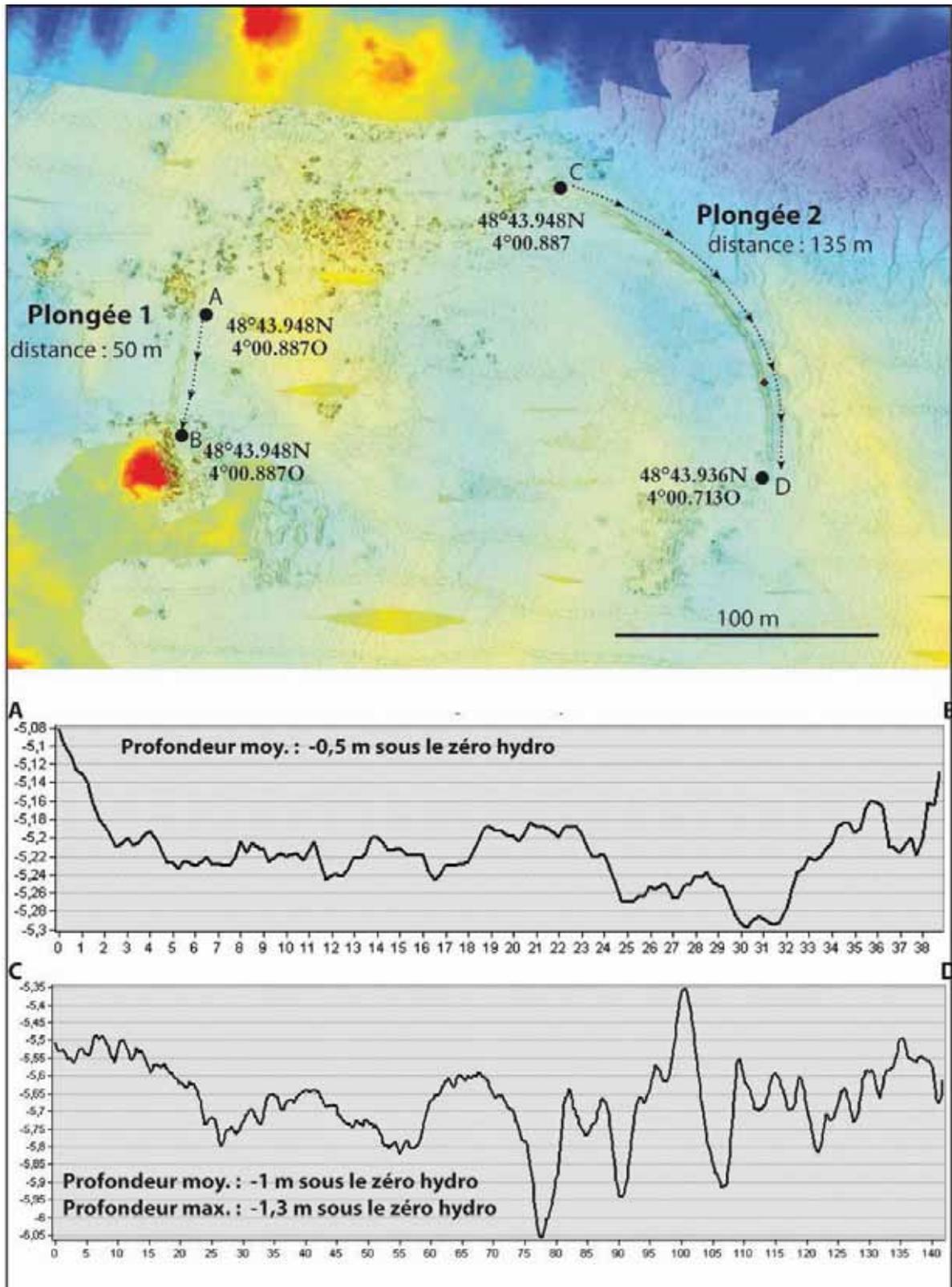


Figure 7 : Plan des deux premières plongées sur le barrage de *Tec'bit Vihan*.

Les deux plongées suivantes ont eu lieu l'après-midi du 10/10/2016. Elles ont duré une vingtaine de minutes chacune le long des barrages de *Perroc'h* (figures 8 et 9) et de *Roc'h zu* (figures 10 et 11). Il faut noter que deux plongées supplémentaires étaient prévues initialement, mais elles ont été annulées pour des

raisons de sécurité. Les secteurs envisagés sont situés le long de l'axe de navigation entre l'île de Batz et le continent, particulièrement fréquenté (figure 5).

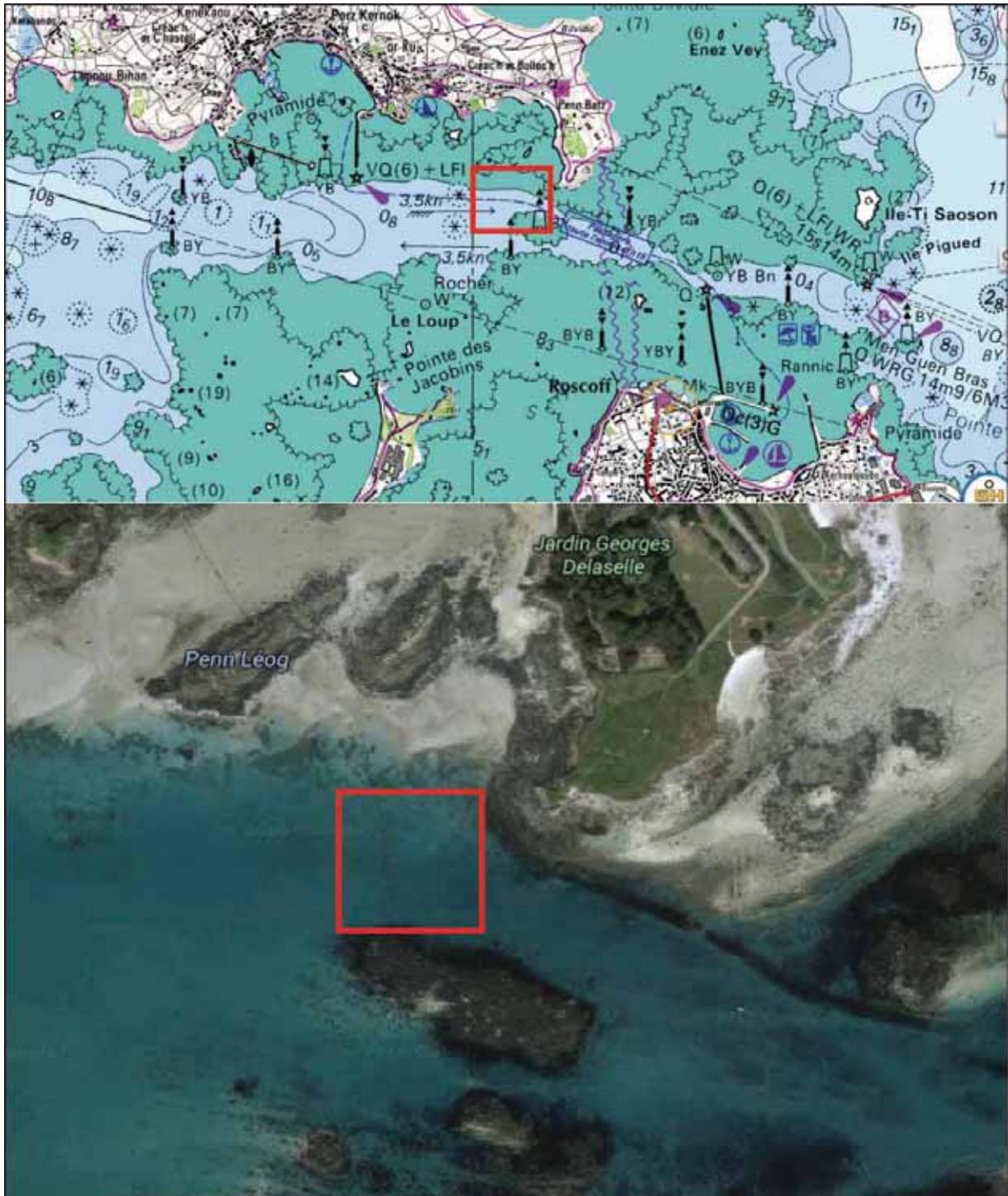


Figure 8 : Localisation de la troisième plongée le long du barrage de *Perroc'h*.

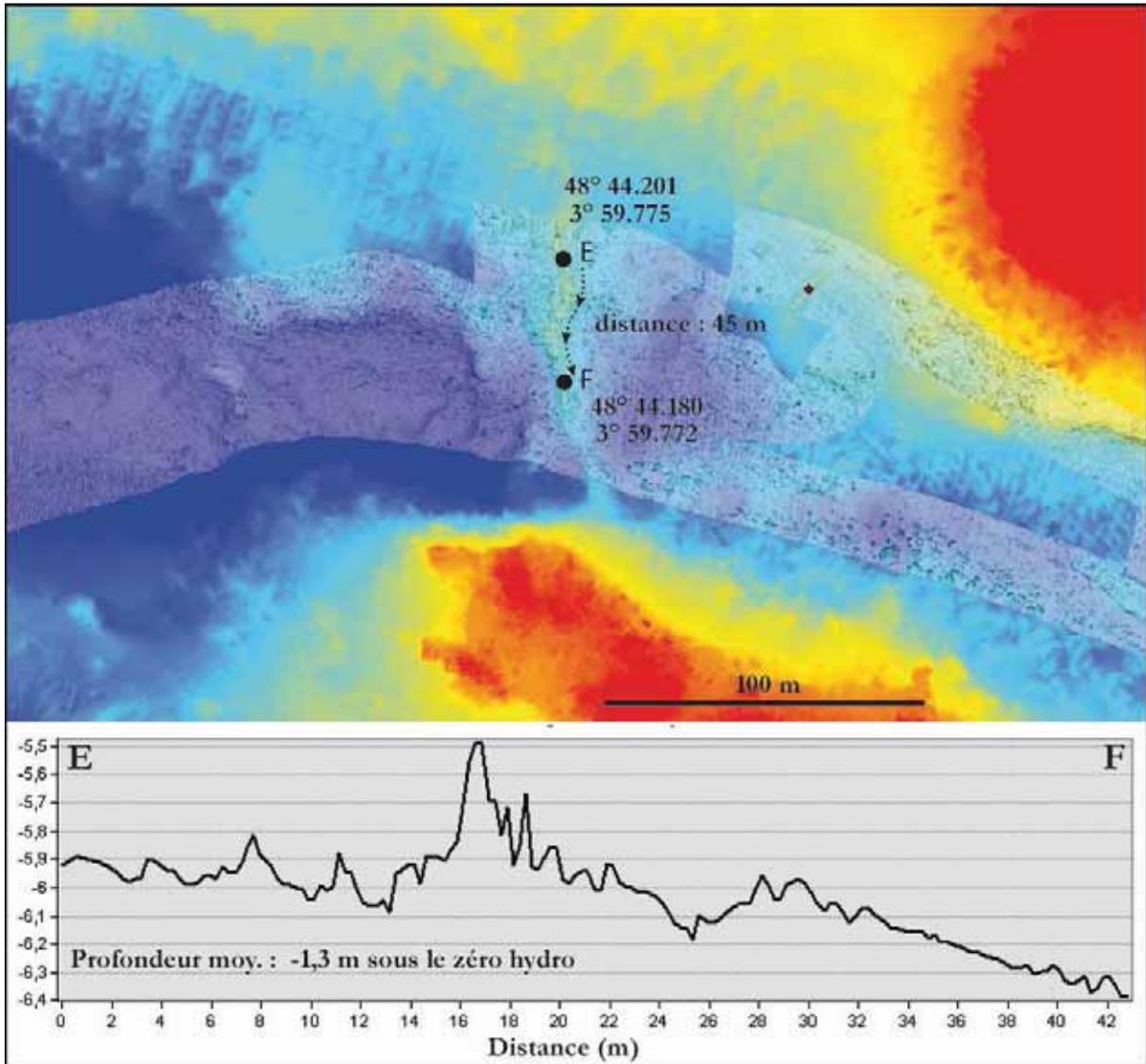


Figure 9 : Plan de la troisième plongée le long du barrage de *Perroc'h*.

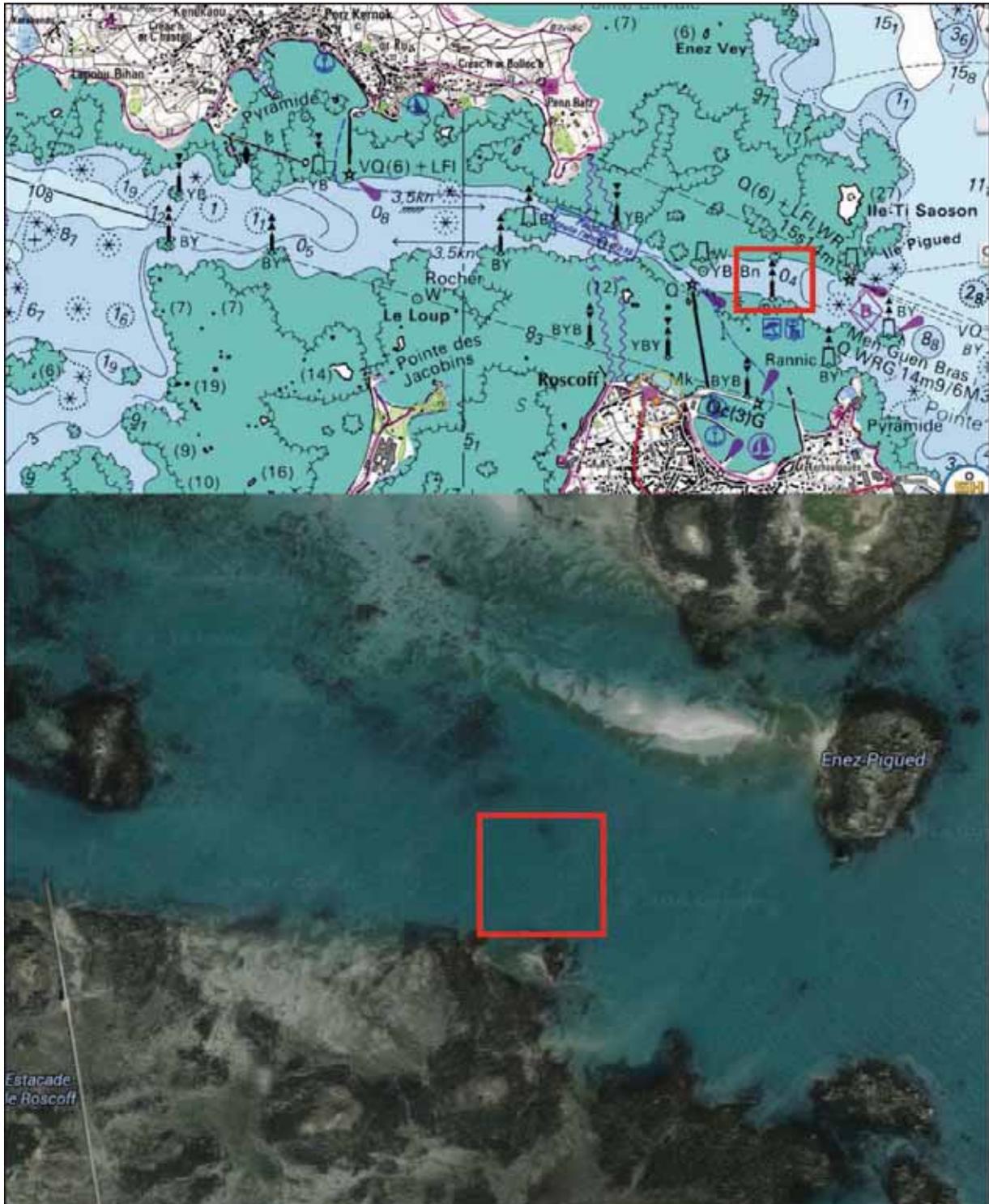


Figure 10 : Localisation de la quatrième plongée le long du talus de *Roc'h zu*.

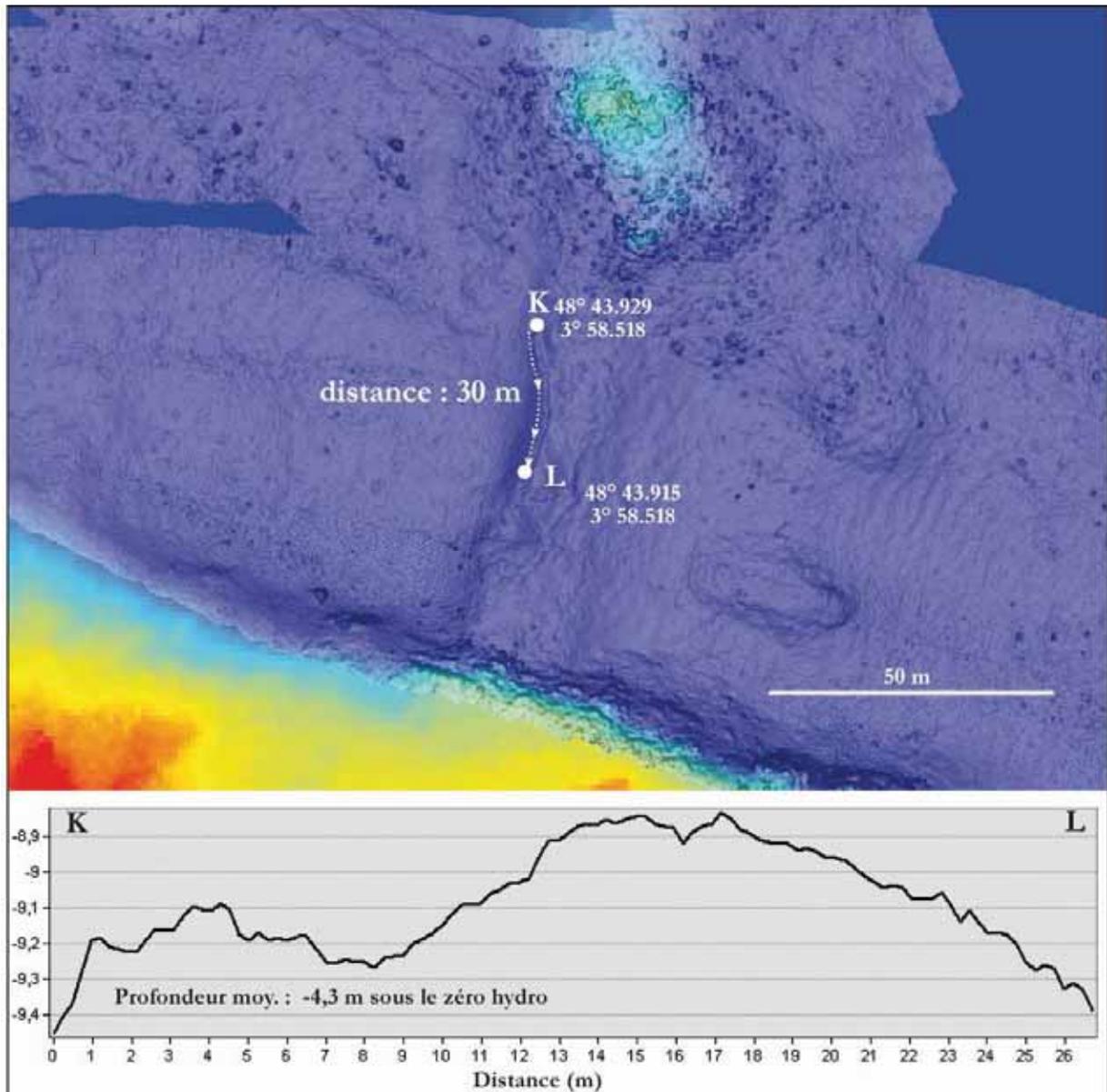


Figure 11 : Plan de la quatrième plongée le long du talus de Roc'h zu.

## 2.4. Etude du barrage de Lagad oen (Baie de Goulven)

### 2.4.1. Déroulement des missions de terrain

Deux missions de terrain ont été réalisées en Baie de Goulven sur le barrage de Lagad oen. La première mission a eu lieu le 6 juin 2016 lors d'une marée de coefficient 102-103. Elle a consisté en une reconnaissance du barrage de pêche (figure 12) et du terrain environnant. Cette mission nous a permis de prendre connaissance des contraintes d'accessibilité du site et de mieux définir le temps d'intervention possible sur place lors d'une basse mer de fort coefficient.

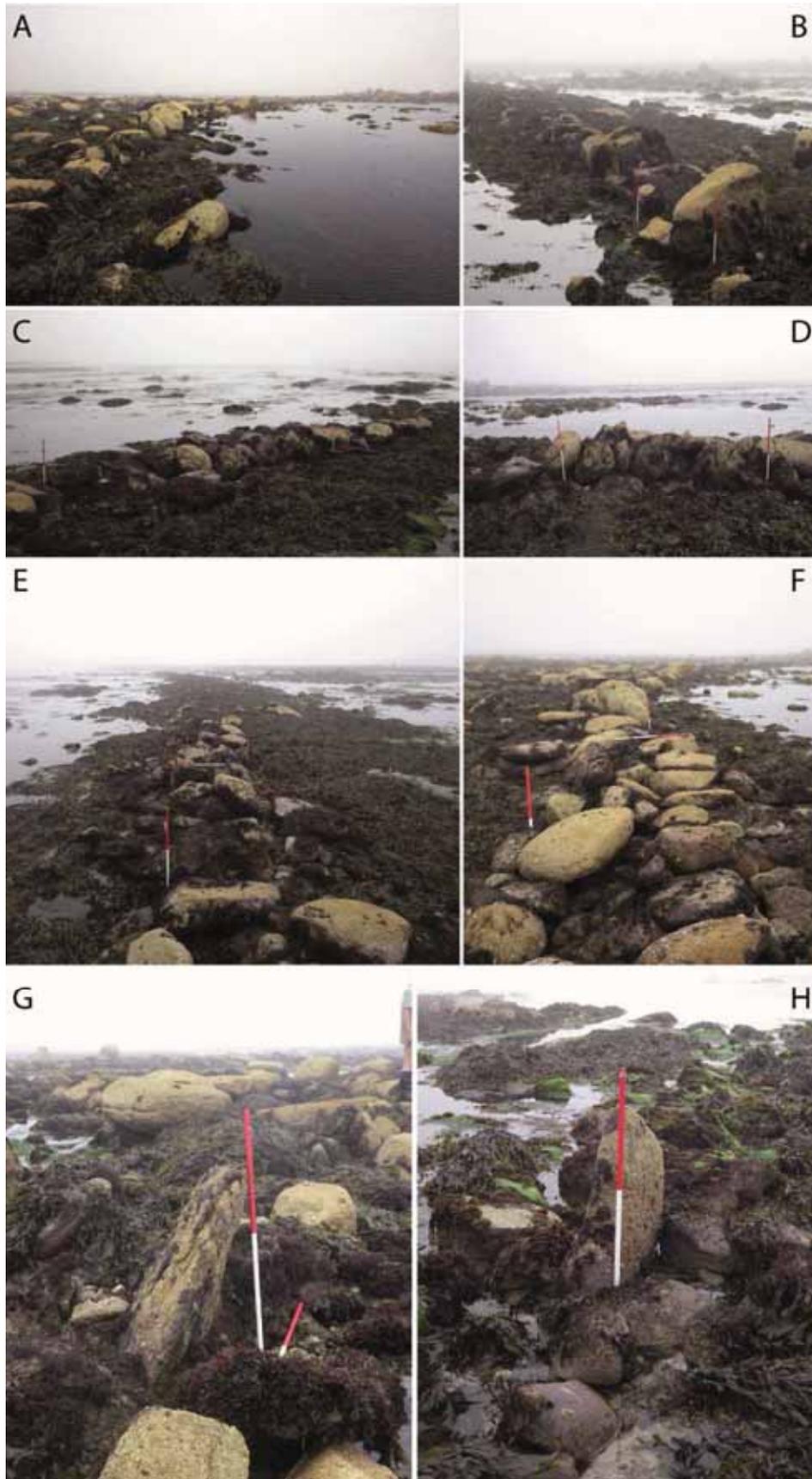


Figure 12 : Photographies prises le 06/06/2016 à l'occasion d'une première mission de reconnaissance sur le barrage de Lagad oen (baie de Goulven).

Une seconde mission a eu lieu le 5 juillet 2016 par une marée de coefficient 96, au cours de laquelle nous avons tenté d'effectuer un survol du barrage au cerf-volant équipé d'un appareil photographique. Après avoir installé un réseau de cibles au sol et relevé leur position au DGPS, nous avons fait décoller le cerf-volant dans des conditions météorologiques peu propices. La vitesse du vent, insuffisante et irrégulière, ne nous a pas permis de mener à bien cette acquisition dont le but était la réalisation d'un MNT à haute résolution du barrage par photogrammétrie. Quelques clichés seulement ont été obtenus (figure 13). Pour cette raison, nous envisageons d'effectuer un survol par drone en 2017 afin de nous soustraire de ce type de contraintes.

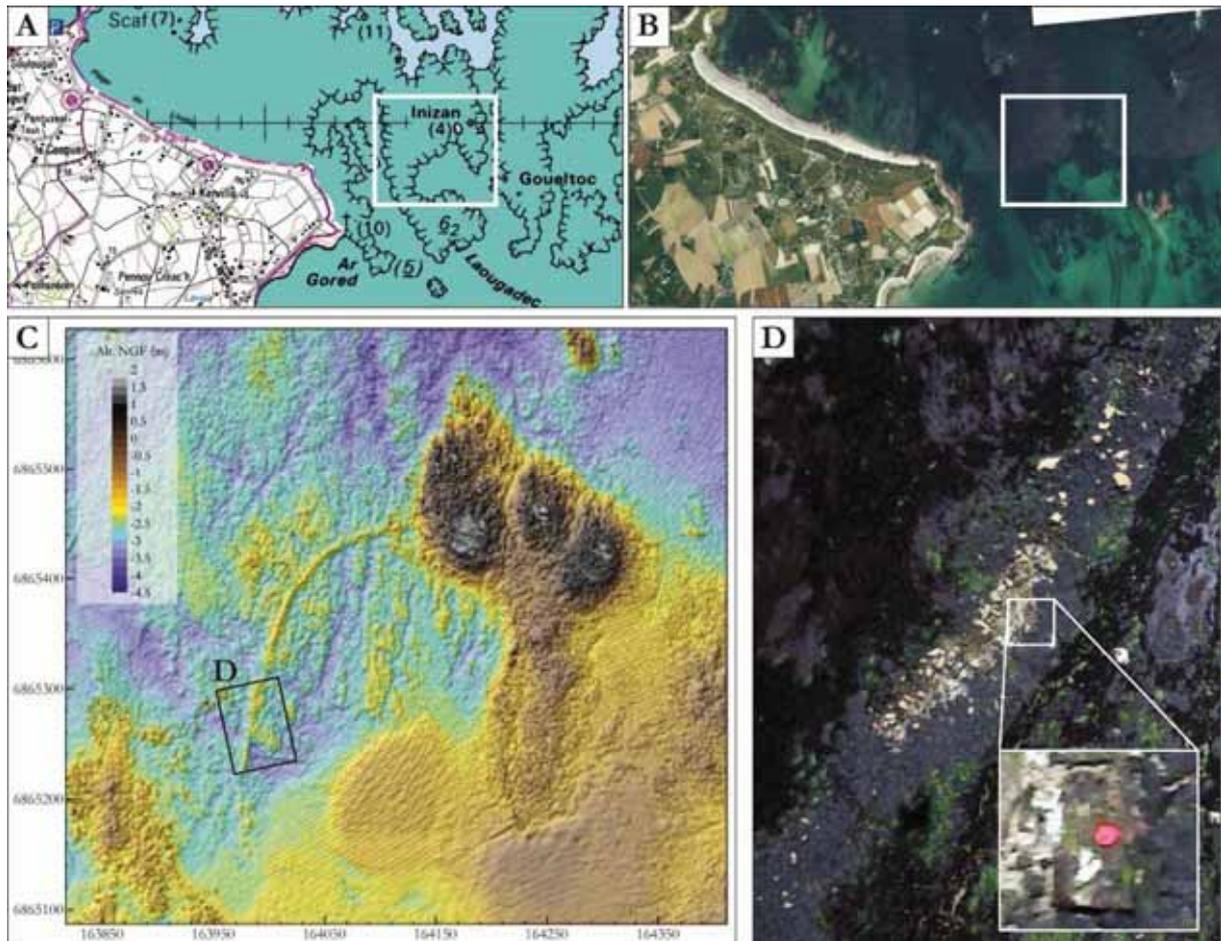


Figure 13 : Localisation du barrage de Lagad oen. A. Extrait de la carte marine du SHOM (source : Géoportail). B : Orthophotographie (source : Géoportail). C : Modèle Numérique de Terrain issue des données Litto3D. D : Photographie aérienne obtenue par cerf-volant et zoom sur une cible installée sur le terrain afin de géoréférencer les images.

#### 2.4.2. Analyse pétrographique des blocs constituant le barrage

Durant la mission du 5 juillet 2016, l'un d'entre nous (Bernard Le Gall) a effectué une série d'observations géologiques afin de définir la nature pétrographique des blocs constituant le barrage et d'établir la provenance de ces blocs et l'organisation générale du barrage.

## **2.5. Le secteur de l'archipel des Glénan**

En dépit de nos ambitions initiales, nous n'avons entrepris aucune mission de terrain dans le secteur de l'archipel des Glénan, faute de temps et de moyens. Pour 2017, il a été évoqué une campagne d'acquisition de données Lidar bathymétrique dans la Chambre des Glénan, en collaboration l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), dans le cadre d'une recherche doctorale qui a démarrée au 01/11/2016 au sein du laboratoire LETG-Rennes.

### 3. Résultats

#### 3.1. Vers une réactualisation de l'inventaire des barrages de pêcheries du Léon

Dans un premier temps, notre travail a permis de confirmer/infirmier, à partir des données Litto3D, la présence des structures repérées par Daire et Langouët (2010, 2011). Sur un total de 146 barrages repérés par les auteurs le long des côtes du Nord-Finistère (figure 14) :

- 36 barrages sont totalement invisibles sur les MNT, en dépit de la bonne résolution des données Litto3D dans ces secteurs. Ce résultat met en évidence les limites de la prospection aérienne qui, à elle seule, présente le risque de confondre les structures anthropiques avec certains éléments naturels du paysage intertidal tels que les lignes de végétation (zoostères) ou d'algues.
- 14 barrages sont situés dans des secteurs où l'analyse des données alti-bathymétriques ne permet pas de trancher en faveur d'une origine naturelle ou anthropique des éléments visibles sur les MNT. En effet, ces barrages sont alignés dans le sens des grandes lignes du relief (dépressions ou rocheuses, bancs de sables) et des observations de terrains seraient nécessaires afin de s'assurer qu'il s'agit bien de vestiges archéologiques.
- 7 structures semblent correspondre à des barrages de pêcheries compte tenu de leur disposition particulière, mais la faible densité des données Litto3D limite les possibilités d'interprétation et laisse subsister un doute quant à leur nature.
- 1 structure est invisible car détruite.
- 88 barrages sont attestés par les données Litto3D.

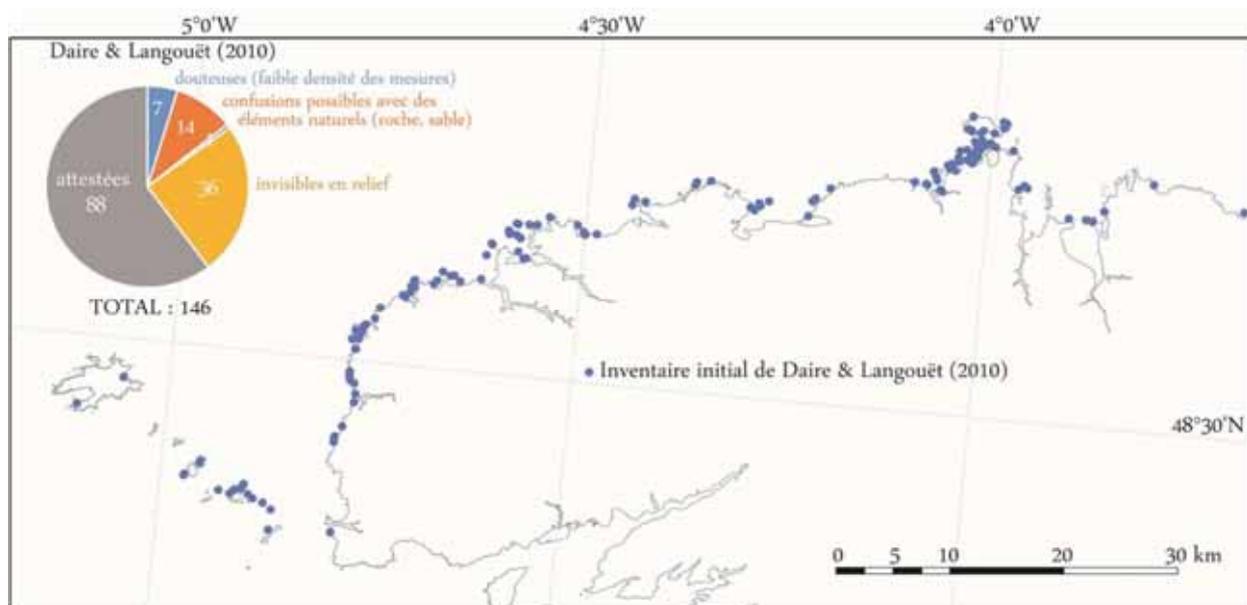


Figure 14 : Localisation des structures inventoriées par Daire et Langouët (2010).

L'analyse des données Litto3D a également permis de détecter 135 nouvelles structures archéologiques (figure 15). Toutefois, 21 d'entre elles restent à valider par des mesures alti-bathymétriques plus fines et/ou des observations subaquatiques car la densité des points de mesure n'est pas suffisamment forte pour être catégorique sur leur nature anthropique. 6 barrages sont alignés dans le sens des grandes lignes du relief inter- ou sub-tidal et pourraient également correspondre à des éléments naturels du relief. Là encore, des informations plus précises sont nécessaires.

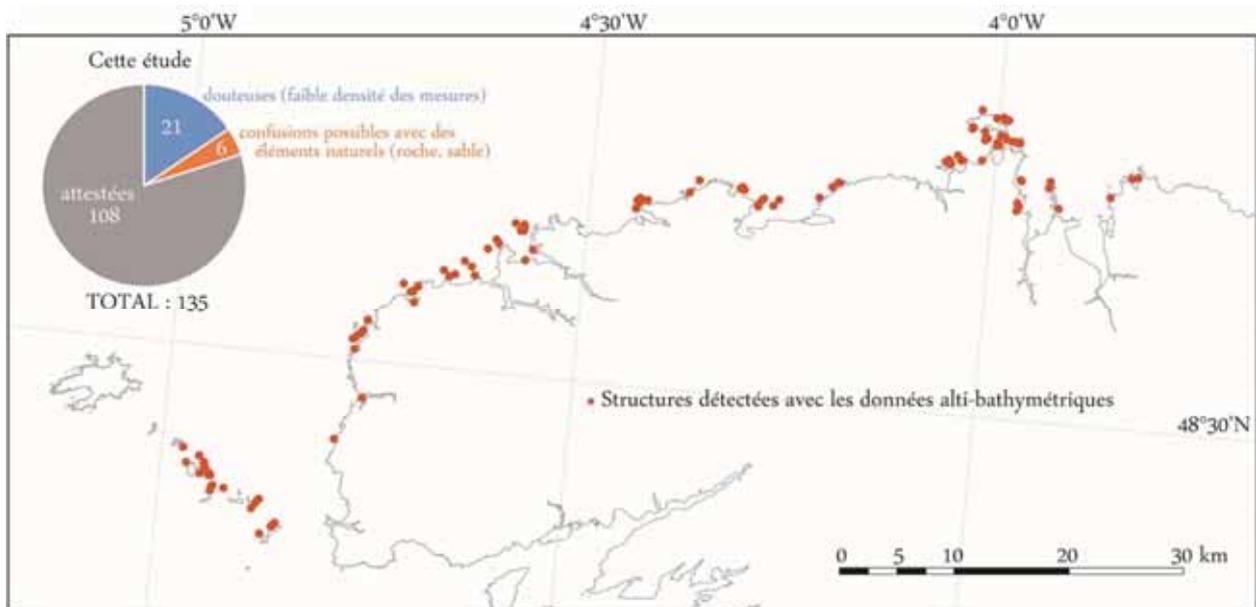


Figure 15 : Localisation des structures inédites détectées à partir des données alti-bathymétriques Litto3D dans le nord du Finistère.

Ainsi, si on écarte les vestiges considérés comme 'douteux', le secteur géographique étudié compte 196 structures dont 135 structures inédites repérées à l'aide de la donnée Litto3D (figure 16).

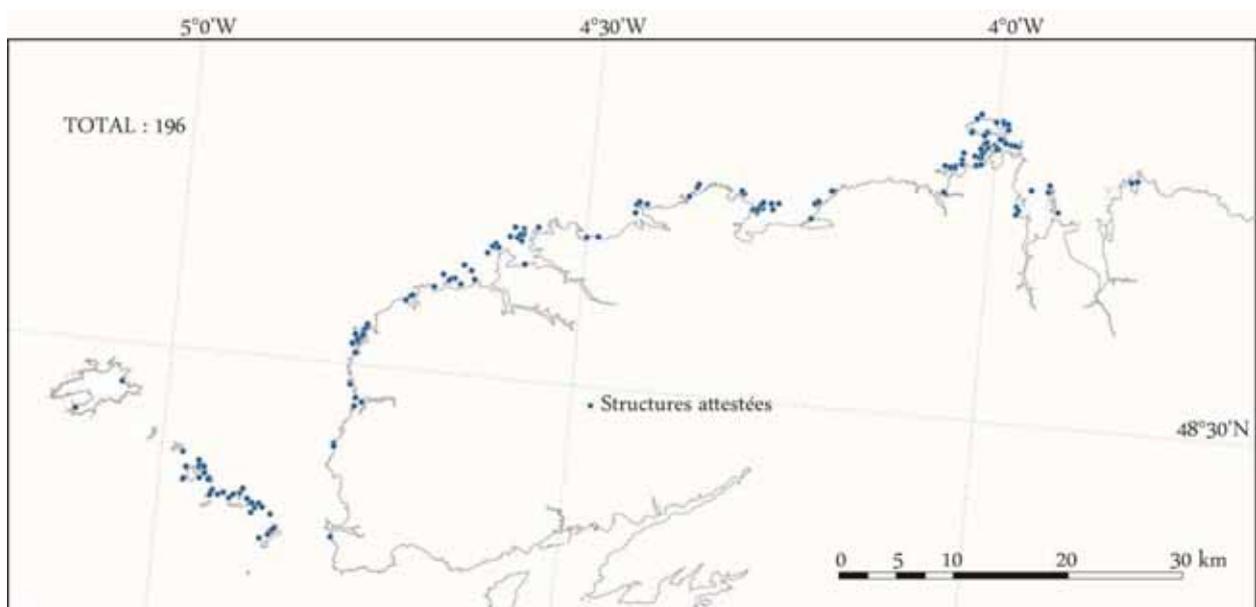


Figure 16 : Localisation des barrages de pêche attestés dans le nord du Finistère. *NB : certaines d'entre elles demandent toutefois à être confirmées par des observations subaquatiques.*

### 3.2. Quelle efficacité des filtres dans la détection des structures ?

L'un des objectifs de cette étude était la mise en place d'une méthodologie capable d'aider à la détection des structures archéologiques dans les petits-fonds et sur les estrans du Finistère, en s'appuyant sur l'analyse des MNT et la visualisation de certaines anomalies du relief. Il s'agissait, en somme, de mettre en place une chaîne de traitement semi-automatique qui permette un repérage rapide des vestiges sur les MNT et évite une observation détaillée du relief, plus chronophage et nécessitant un regard de « spécialiste ». Pour tester la capacité prédictive des différents traitements employés, nous avons donc comparé les résultats obtenus après une analyse détaillée des MNT avec le nombre de barrages visibles sur les images produites par les différents filtres (figure 17).

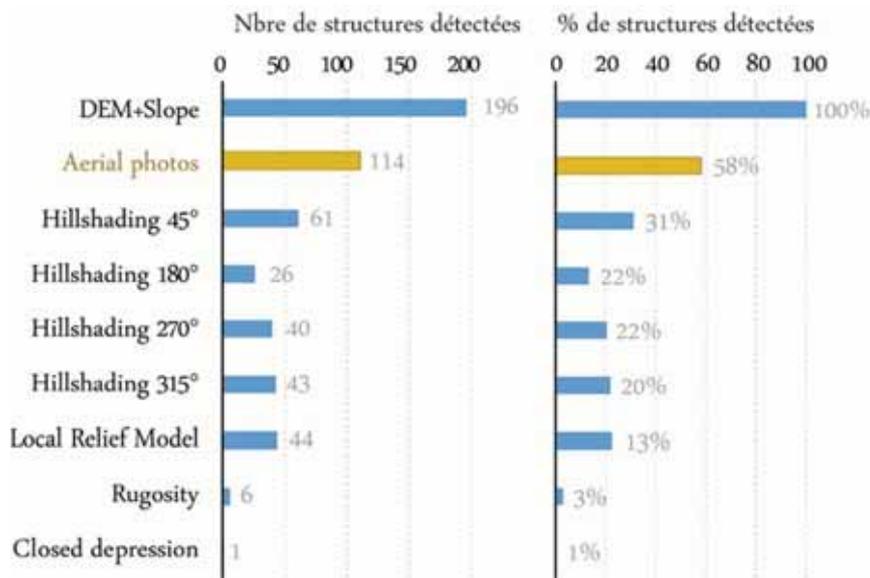


Figure 17 : Nombre et proportion des structures détectées à partir des différents filtres appliqués au MNT.

Le graphique ci-dessus (figure 17) recense le nombre de barrages identifiés en fonction des différents filtres employés. Au total, l'analyse couplée des MNT et de la pente permet de repérer 196 structures. Seulement 58% d'entre elles (N=114) sont visibles à partir d'images aériennes. Cela souligne l'intérêt de la donnée Litto3D dans la détection de ce type de vestiges archéologiques, en particulier ceux situés dans des profondeurs importantes (figure 18). En effet, de nombreuses structures situées en zone sub-tidale sont invisibles sur les prises de vue aérienne car elles sont masquées par la couverture algale ou du fait d'une faible transparence des eaux côtières.

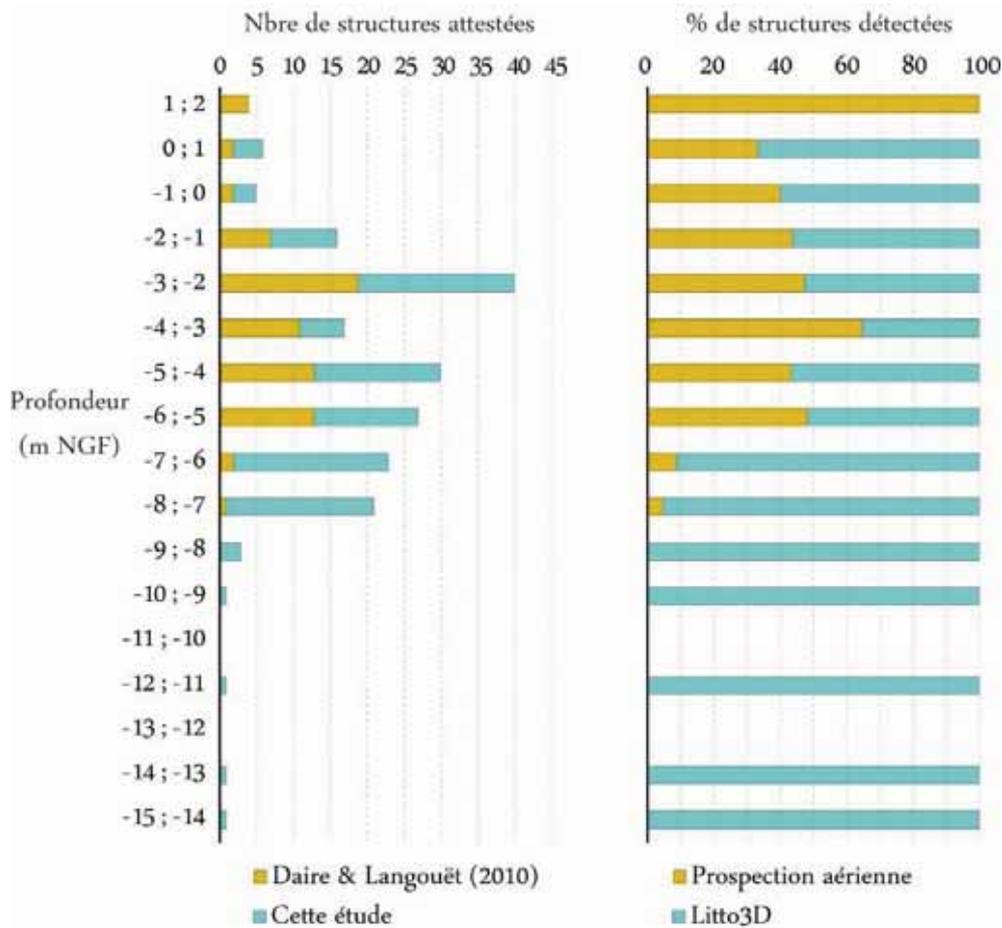


Figure 18 : Nombre de barrages de pêcheerie repérés par prospection aérienne (Daire et Langouët, 2010) et par la donnée Litto3D, en fonction de la profondeur à laquelle ils se situent. *NB : en-deçà de la profondeur de -10m NGF, la nature anthropique des structures repérées est douteuse et demande à être confirmée par des observations subaquatiques.*

En ce qui concerne les filtres utilisés dans notre étude, ils sont, d'une manière générale, peu efficaces pour la visualisation des structures. Le *Hillshading* permet d'identifier au mieux un tiers des barrages visibles en relief. Dans le détail, les résultats varient entre 20% et 31% selon l'angle d'inclinaison de la source lumineuse. Il est probable qu'une méthode combinant ces différentes inclinaisons (par exemple les algorithmes PCA de Devereux et al. (2008) ou MDOW de Nunniger et al. (2010) ait donné de meilleurs résultats. Le filtre *LRM* montre également une faible efficacité dans la détection des pêcheeries. Seulement 13% des barrages sont visibles sur les images LRM. Ce filtre ne semble donc pas adapté aux zones inter et subtidales du Nord Finistère caractérisées par de faibles pentes moyennes et une topographie de détail assez chaotique. Le calcul de la rugosité présente également un très faible intérêt et ne permet de détecter que 3% des structures (N=6). Les structures visibles à partir de ce filtre se situent toutes sur des fonds majoritairement sableux et se démarquent donc de leur environnement immédiat. Toutefois, la grande majorité des barrages sont localisés sur des estrans rocheux et caillouteux qui présentent une granularité identique. Cela explique la faible efficacité de ce filtre. Enfin, l'outil « *Closed depression* » ne fonctionne que sur un secteur particulier (le barrage de Lagad oen), tandis qu'il est totalement inefficace sur les autres structures.

### 3.3. Analyse des relevés bathymétriques et description des barrages identifiés dans le chenal de l'île de Batz

Une fois traités, ces levés ont fourni une image précise des fonds marins, dans le chenal séparant l'île de Batz du port de Roscoff. Ils ont permis de localiser et mieux caractériser six structures repérées par le Litto3D.

### 3.3.1. La pêcherie de *Tec'hit Vihan* (figures 19 à 21)

Il s'agit d'un dispositif extrêmement bien conservé qui se compose de deux murets prenant appui sur plusieurs têtes de roche et isolant un bassin ouvert sur le sud (figure 19). Dans ce secteur, les fonds sont principalement sableux et le barrage en pierre se détache nettement du relief environnant. L'état de conservation remarquable de cette structure s'explique probablement par son enfouissement temporaire sous une dune sous-marine (ou une série de dunes) assez massive, bien visible en photographie aérienne et en bathymétrie.

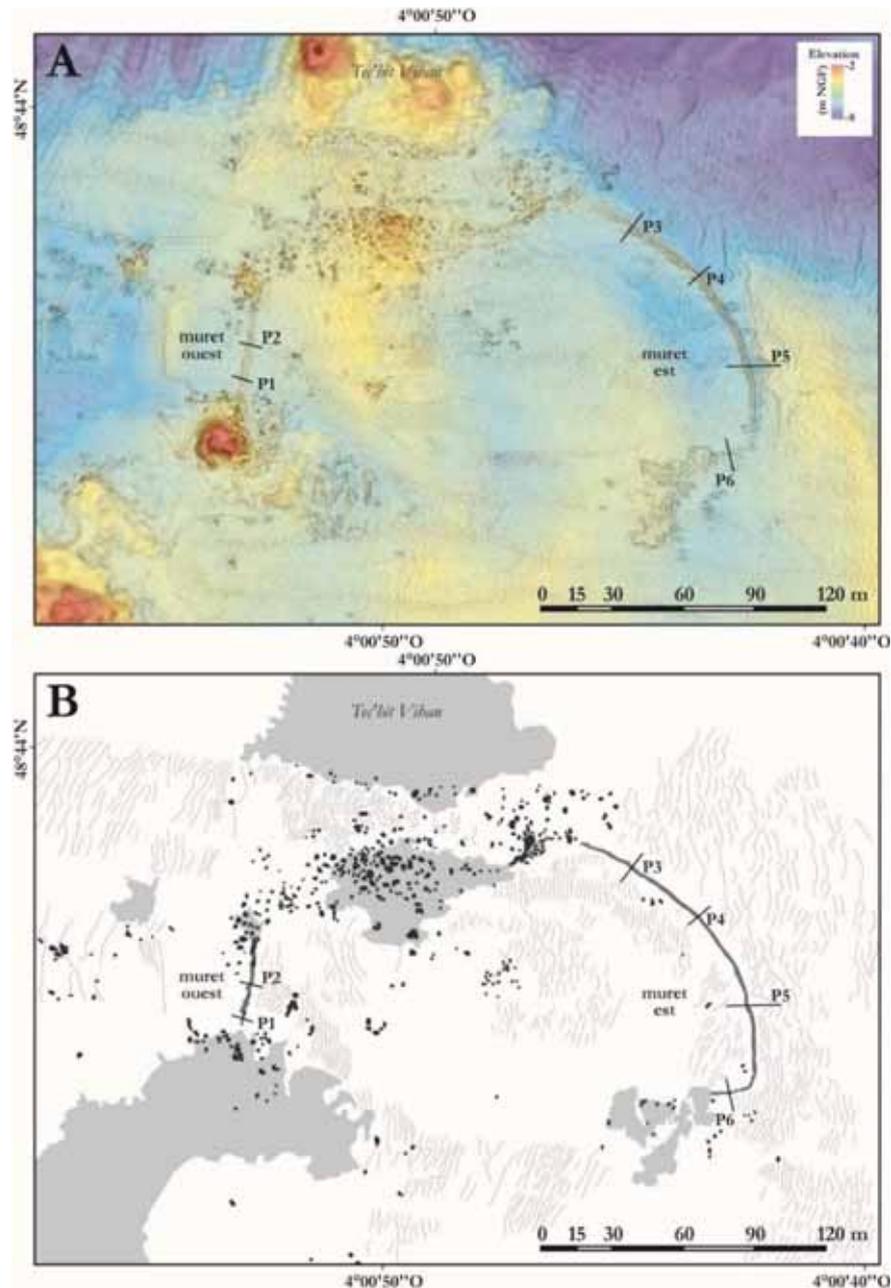


Figure 19 : Relevé bathymétrique du barrage de *Tec'hit Vihan* (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires environnant (B).

Le muret occidental est rectiligne et s'étire sur 50 m de long. Sa largeur est variable, comprise entre 1 m dans les secteurs les mieux conservés et 2,5 m là où le muret semble partiellement démantelé. Sa hauteur peut atteindre 80 cm. Les images prises en plongée livrent peu d'information sur la nature des roches qui le composent en raison de la présence de grandes laminaires.

Le muret oriental est continu sur une longueur totale de 195 m. Son tracé général est curviligne, sauf à ses extrémités nord et sud, où le muret forme un coude qui prend appuie sur deux affleurements rocheux partiellement recouverts par une couverture sableuse d'où émerge quelques blocs de taille métrique, peut-être en place avant que le mur ne soit construit. La largeur de l'ouvrage est comprise entre 1 et 1,5 m, pour une hauteur relative voisine de 1 m en moyenne (figure 20). La base du barrage étant ensevelie sous une couverture de sable, on peut envisager une hauteur initiale encore supérieure au mètre. Les images prises en plongée ont révélé un très bon état de conservation des éléments de construction. La plupart des pierres sont en place, plantées de chant et jointives, voire légèrement tuilées (figure 21).

Notons que l'analyse des données Litto3D n'avait pas permis de repérer la pêcherie de *Tec'hit Vihan*, du fait de leur trop faible résolution spatiale. Cela souligne le rôle essentiel de ce paramètre dans la détection des structures sous-marines. Ainsi, la découverte de vestiges inédits n'est pas à exclure si, à l'avenir, des mesures bathymétriques plus fines sont réalisées dans les petits-fonds du Léon. En outre, il faut mentionner que cette structure n'était pas mentionnée dans l'inventaire initial de Daire et Langouet (2010) car, jusqu'à une date récente, ce barrage était entièrement recouvert par le sable. Ce n'est qu'à la faveur d'un démaigrissement récent des fonds que cette pêcherie est apparue.

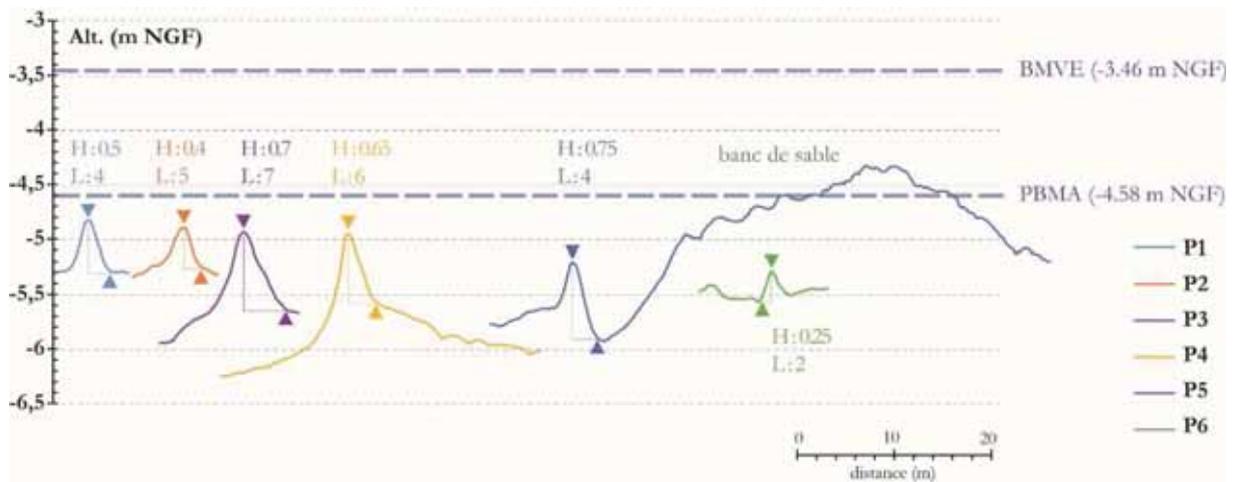


Figure 20 : Profils bathymétriques des murets de *Tec'hit Vihan*. H : hauteur ; L : largeur. La localisation des profils est indiquée sur la figure 19.

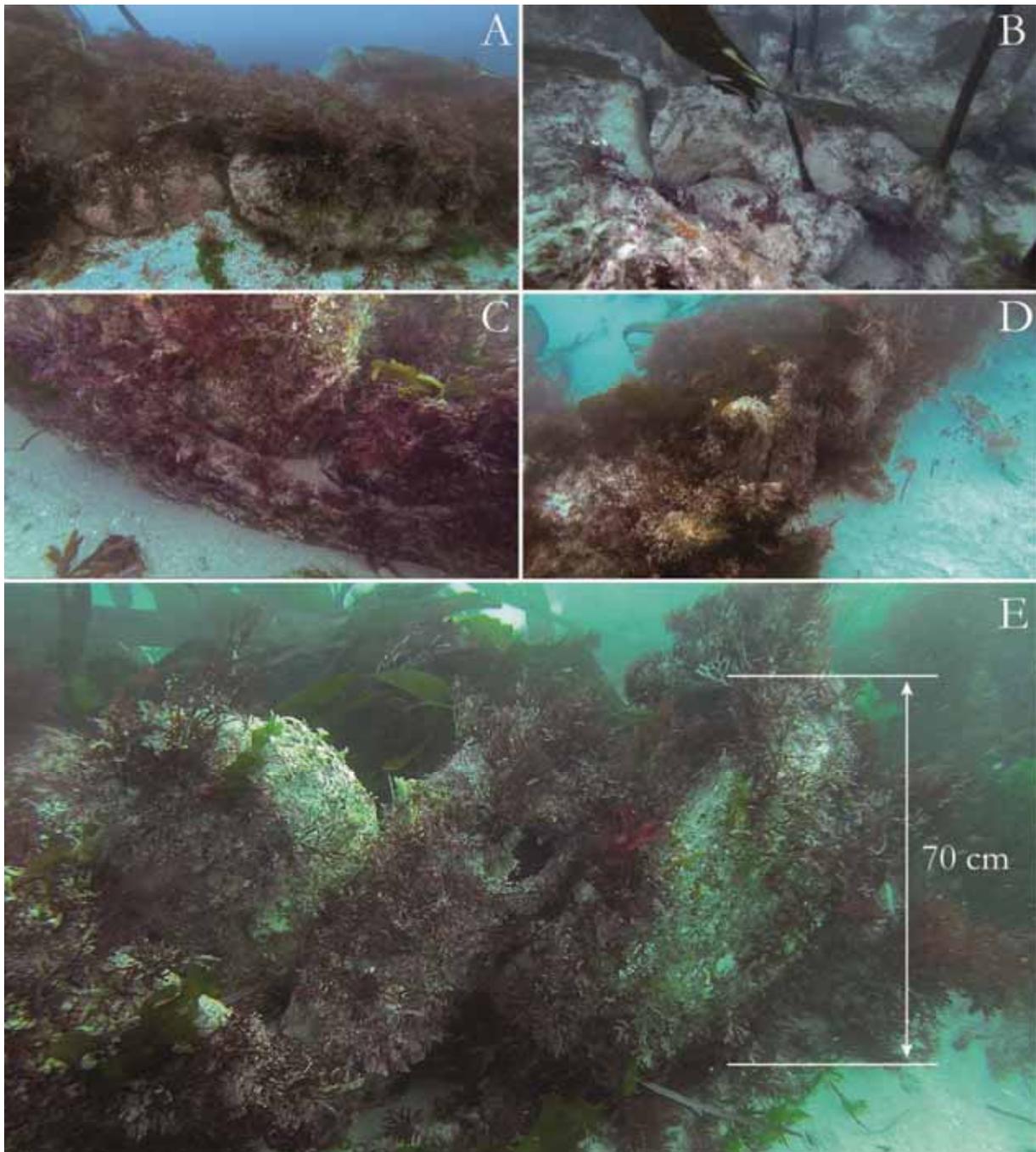


Figure 21 : Photographies sous-marines des barrages de *Perroc'h* (A & B) et de *Tec'hit Vihan* (C, D, & E).

### 3.3.2. Le barrage de *Perroc'h* (figure 22)

Le barrage de *Perroc'h* s'étire une longueur de 150 m, selon une orientation générale nord/sud. Il relie l'écueil rocheux de *Perroc'h* à l'île de Batz et se dispose perpendiculairement l'axe du chenal de marée. Cette disposition, contraire aux sens des courants de marée empruntant le chenal, permet d'écarter l'hypothèse d'une forme naturelle. Il s'agit ici d'une structure anthropique. Les observations en plongées révèlent, dans les portions les mieux conservées, l'alignement de blocs jointifs de taille pluri-décimétrique (figure 22).

En plan, le barrage présente un tracé légèrement sinueux. Il n'est pas impossible que ce tracé soit dicté par la présence d'affleurements rocheux sur lesquels le barrage vient s'appuyer par endroits. En effet, dans ce secteur, la couverture sédimentaire paraît peu épaisse, probablement du fait des forts courants de marée qui balayent quotidiennement les fonds. Elle laisse apparaître une multitude de cailloux et de blocs de taille variable qui forme les points hauts d'écueils partiellement ensevelis.

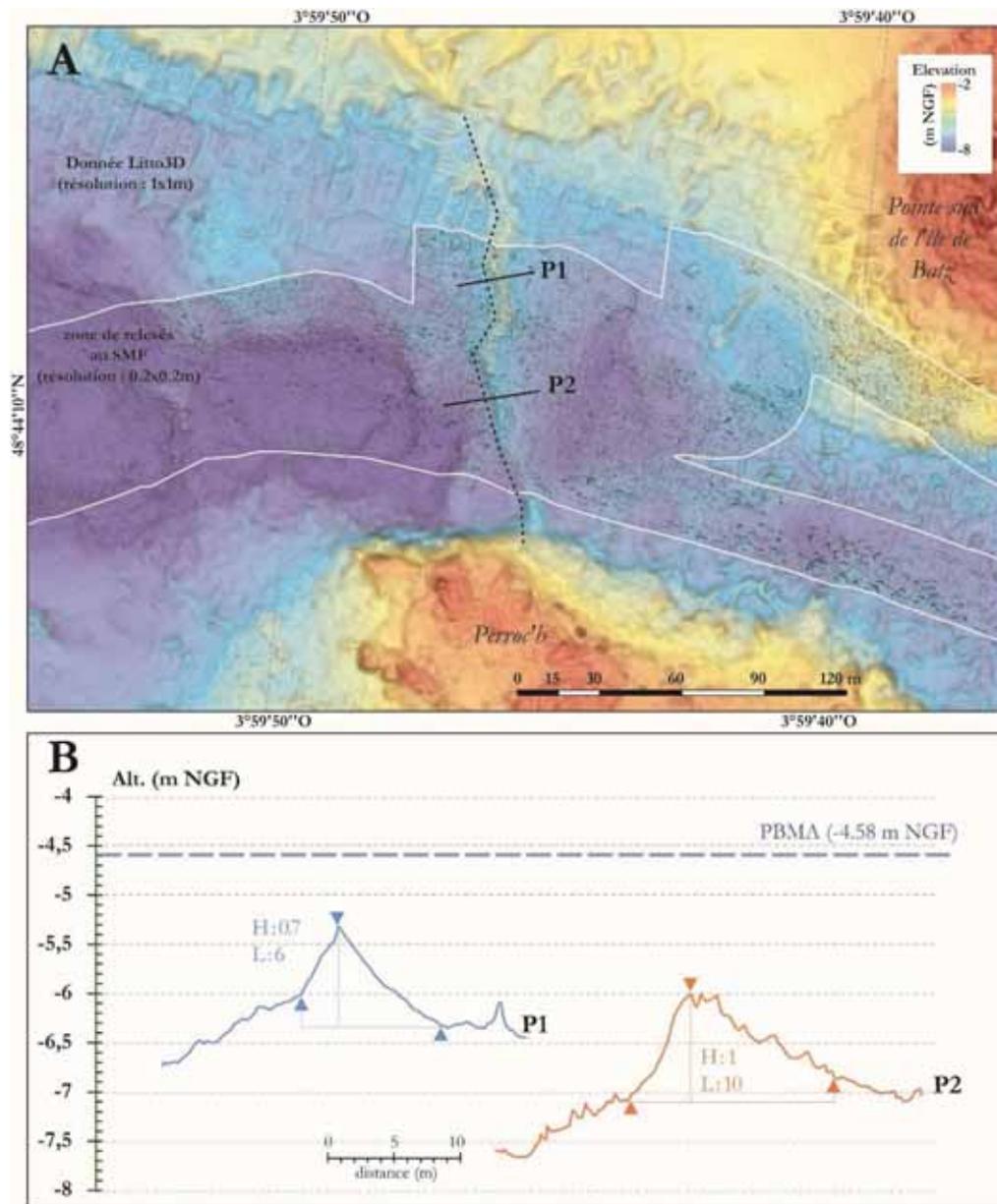


Figure 22 : Relevé bathymétrique du barrage de *Tec'hit Vihan* (A) et Profils bathymétriques des murs (B).  
H : hauteur ; L : largeur.

Les relevés bathymétriques révèlent un état de conservation de la structure assez mauvais, en particulier dans sa partie sud où les profondeurs sont plus importantes et où les courants de marée sont probablement plus forts. Dans sa partie nord, le barrage est partiellement protégé par les reliefs rocheux qui atténuent les effets érosifs des courants de marée. Néanmoins, certaines portions ont conservé une élévation relativement importante. Au niveau du profil 1, le mur est haut de 0.7 m environ, tandis qu'il atteint 1 m de hauteur au niveau du profil 2 (figure 22).

La largeur du barrage est comprise entre 6 et 10 m le long du profil 1 (figure 22) et entre 10 et 15 m le long du profil 2 (figure 22). Ces valeurs sont importantes et témoignent vraisemblablement d'un étalement de la structure au fil du temps et d'un ensevelissement de la base du mur par une couverture sableuse. Par ailleurs, le barrage présente un profil très dissymétrique : la pente tournée vers l'ouest est nettement plus raide (environ 30 %) que la pente tournée vers l'est (environ 15%). Cela s'explique peut-être par une érosion/accumulation différentielle de part et d'autre de l'obstacle.

Le sommet du barrage est situé à -5.3 m NGF au niveau du profil 1 (figure 22) et à -6 m NGF au niveau du profil 2 (figure 22), soit entre 0.7 et 1.4 m sous les plus basses mers astronomiques (PBMA). La base de cette structure se situe à une altitude comprise entre -6 et -7.1 m NGF, soit 1.4 à 2.5 m sous les plus basses mers astronomiques (PBMA).

La fonction de ce barrage est difficile à déterminer. Il pourrait s'agir d'un barrage de pêche ou d'une ancienne chaussée permettant de relier l'île au continent par des moyens pédestres. A ce jour, il nous paraît prématuré de nous prononcer en faveur de l'une ou l'autre de ces hypothèses. Une reconstitution paléogéographique de ce secteur permettrait de remettre en contexte cette structure, à une période où le niveau marin relatif était sous son niveau actuel.

### 3.3.3. Le barrage de Porz ar C'hleguer (figures 23 à 28)

Aucune plongée n'a été réalisée sur le barrage de Porz ar C'hleguer. Les informations dont nous disposons se limitent donc aux relevés bathymétriques issus des données Litto3D-Finistère et aux relevés SMF effectués dans le cadre de cette étude (figure 23).

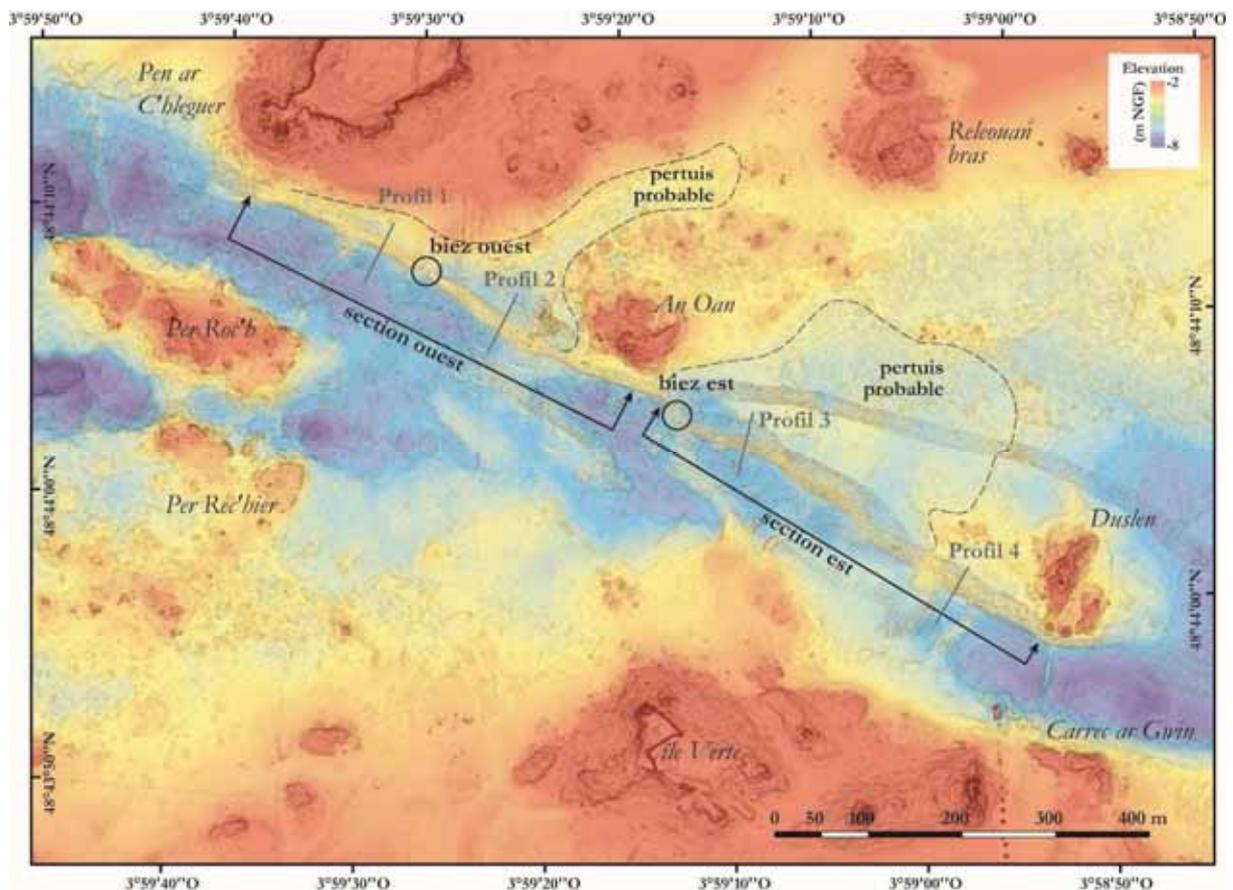


Figure 23 : Relevé bathymétrique du barrage de Porz ar C'hleguer.

En plan, la structure s'étire sur 950 m de long, dans l'axe du chenal de l'île de Batz dont il ourle la rive nord, depuis la pointe de Pen ar C'hleguer à l'ouest jusqu'à l'écueil de Duslen à l'est (figure 23). Sa largeur moyenne se situe autour de 10-12 m, mais elle peut dépasser la vingtaine de mètres en de nombreux endroits. Cet édifice est donc remarquable par ses dimensions et le volume de cailloux et de blocs qui le constituent, à tel point qu'il figure sur un grand nombre de cartes anciennes (figure 24). Le dépouillement Ecartons tout de suite l'origine naturelle de cette construction qu'on ne peut attribuer à un ancien cordon de galets démantelé lors de la transgression marine, ou à quelque autre témoin d'une ancienne ligne de rivage. Les accumulations de galets et de blocs se forment uniquement dans des secteurs très exposés aux houles, ce qui n'a jamais été le cas du chenal de l'île de Batz. Par conséquent, il s'agit bien qu'une construction humaine.

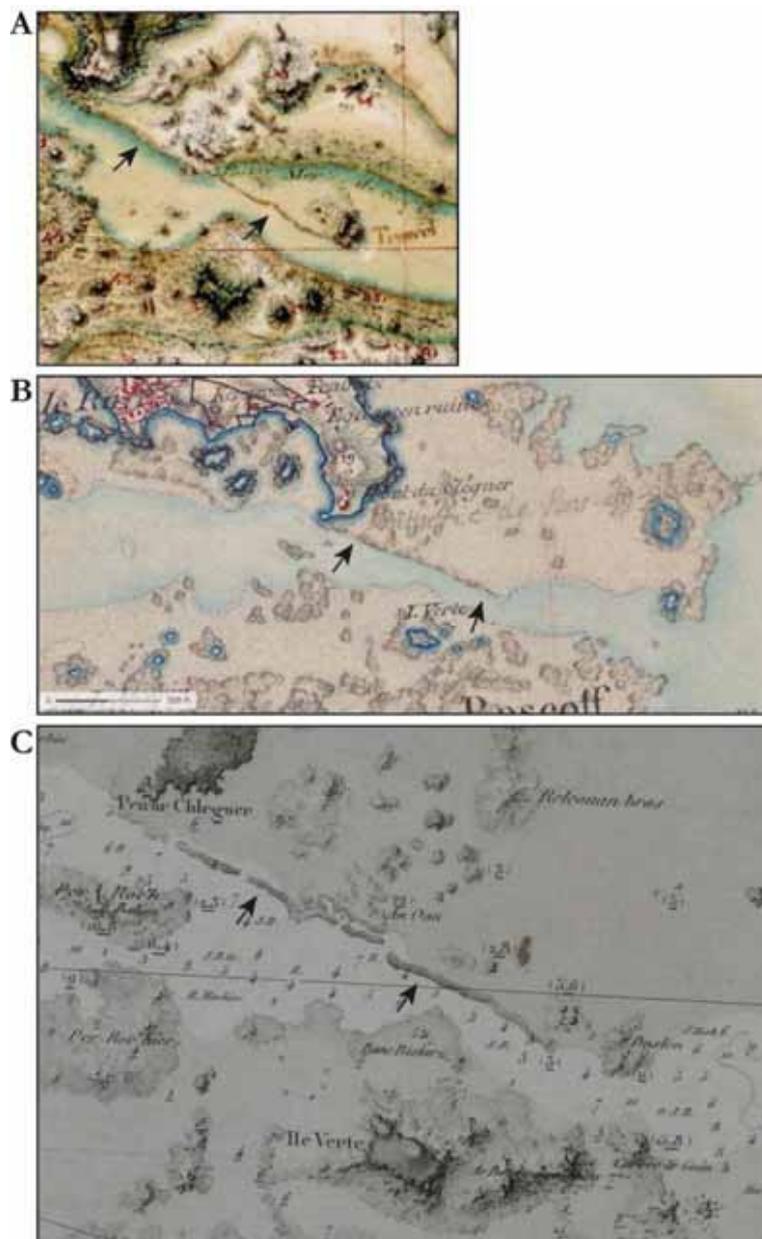


Figure 24 : Extrait de cartes anciennes sur lesquelles figure le barrage de Porz ar C'hleguer (A : Extrait de la carte des ingénieurs géographes du Roy (1789-1830) ; B : Extrait de la carte de l'Etat-Major dressée entre 1820 et 1866 (source : Géoportail) ; C : Extrait de la carte du Pilote Français publiée en 1843.

Les relevés bathymétriques au SMF ont permis de cartographier les principaux cailloux et blocs affleurant en surface, du moins ceux dont la taille est suffisante pour être cartographiés (taille pluri-décimétrique à métrique). Cette cartographie révèle une répartition assez homogène des éléments lithiques de grande taille sur l'ensemble du barrage. On notera une concentration un peu plus importante de blocs à proximité des écueils rocheux, là où l'érosion marine a débité naturellement des éléments de gros calibre. Ces secteurs ont pu constituer des zones préférentielles de prélèvements de matériel lithique pour l'édification du barrage. A mesure que l'on s'en éloigne, la dimension des blocs se fait toutefois plus petite. Ainsi, d'une façon générale, le barrage de Porz ar C'hleguer est formé d'un amoncellement de cailloux et blocs hétérométriques et aucune organisation d'ensemble ou disposition architecturale particulière ne se distingue sur nos images bathymétriques.

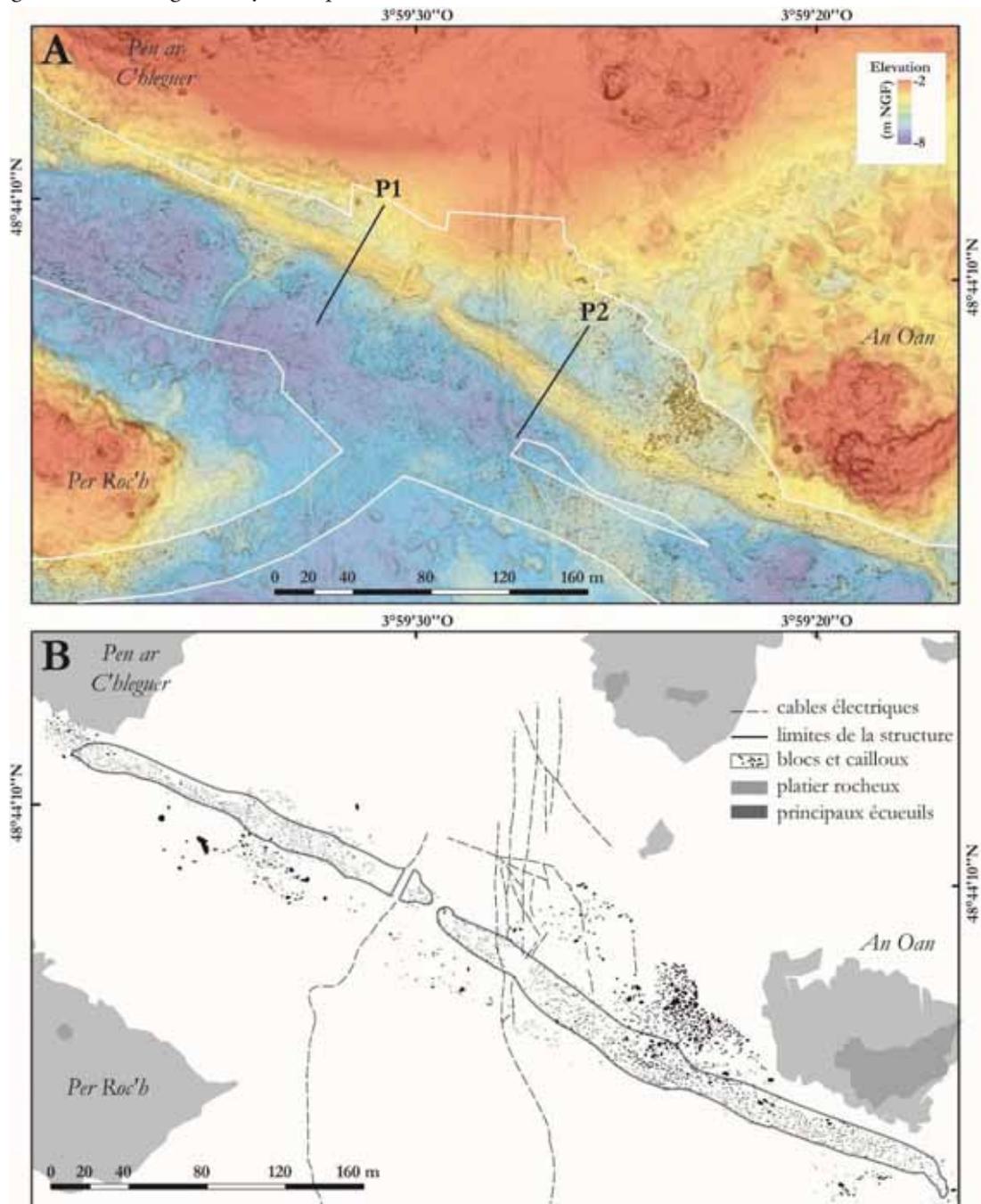


Figure 25 : Relevé bathymétrique de la section ouest du barrage de Porz ar C'hleguer (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires et anthropiques environnants (B).

Dans le détail, cette structure se décompose en deux sections de longueur équivalente. La section ouest s'allonge sur près de 400 m, depuis la pointe de Pen ar C'hleguer jusqu'au rocher d'An Oan (figure 25). De nombreux câbles sous-marins parcourent les fonds marins dans ce secteur selon un axe nord-sud, reliant ainsi l'île de Batz au continent. Il s'agit, pour l'essentiel, de câbles électriques de petites dimensions posés directement sur le fond, dont le plus ancien a été installé en 1864 pour alimenter le sémaphore de l'île en électricité. Par la suite, plusieurs générations de câbles ont été mises en place au cours du 20<sup>e</sup> siècle, formant un réseau enchevêtré, visible sur les images bathymétriques. A la fin des années 1960, une canalisation sous-marine d'eau potable a été mise en place pour raccorder l'île aux ressources du continent et pallier le déficit hydrique chronique (Chiron, 2007). Contrairement aux câbles sous-marins, la mise en place de cette conduite d'eau potable a nécessité des travaux de nivellement des fonds. C'est à cette occasion qu'une tranchée, large d'environ 3 m, a été creusée perpendiculairement au barrage de *Porz ar C'hleguer*, modifiant localement sa morphologie.

Actuellement, le sommet du barrage se situe à une profondeur comprise entre -3.6 m et -4.4 m NFG, soit quelques décimètres seulement au-dessus des plus basses mers astronomiques (figure 26).

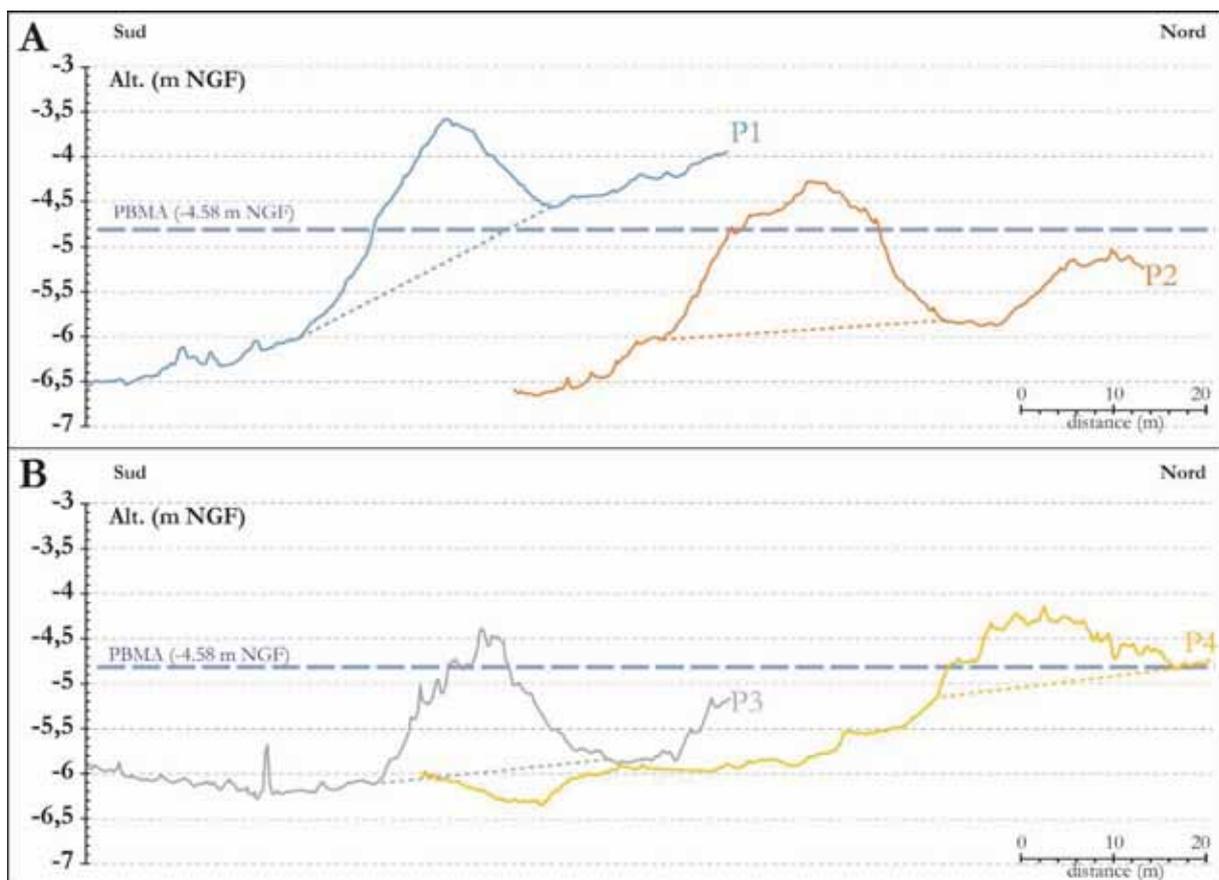


Figure 26 : Profils bathymétriques du barrage de *Porz ar C'hleguer*. La localisation des profils est indiquée sur les figures 23, 25 et 27.

Ainsi, lors des grands coefficients de marée, le barrage émerge encore partiellement (figure 27). La base externe du barrage, tournée vers le sud, se situe à la profondeur moyenne de -6 m NGF. Elle se distingue nettement sur les profils bathymétriques par une ligne de rupture de pente très nette avec les fonds plans du

chenal de l'île de Batz. La base interne, tournée vers le nord, présente une profondeur moindre, comprise entre -4.6 et -5.4 m NGF. Compte tenu de sa morphologie particulière, la hauteur relative du barrage est difficile à déterminer précisément, mais on peut avancer des valeurs comprises entre 1,5 et 2,5 m.



Figure 27 : Photographies de la section ouest du barrage de Porz ar C'hleguer prises lors de la basse mer du 11 mars 2016 par coefficient 116. A. Vue vers l'est depuis la pointe de Pen ar C'hleguer (cliché : Pierre-Yves Decausse). B. Vue vers l'ouest depuis l'écueil de An Oan (cliché : Pierre-Yves Decausse).

La fonction de ce barrage est difficile à déterminer. Cette section ouest présente toutes les caractéristiques morphologiques d'un barrage de pêche, isolant un vaste pertuis de forme allongé, au débouché duquel se présente un biez d'environ 5 m de large. Si l'on considère que les barrages de pêcheries ont été édifiés au voisinage du niveau moyen de la mer (Daire et Langouët, 2010), on peut attribuer cette construction à l'âge du Bronze ancien, vers 4000 à 4500 ans BP, lorsque le niveau marin relatif se situait 4 à 5 m sous l'actuel. Toutefois, il existe peu d'équivalents de barrage de pêche aussi volumineux attribué à l'Âge du Bronze. Aussi, on peut avancer une seconde hypothèse : celle d'une chaussée reliant l'île de Batz au continent à basse mer lors de périodes plus récentes. Une prospection pédestre lors d'une basse mer de vive-eau permettrait peut-être de déceler d'éventuels alignements de pierres plantées de champs ou des dispositifs architecturaux plus complexes qui permettrait de trancher en faveur de l'une ou l'autre de ces deux fonctions.

La seconde section du barrage de Porz ar C'hleguer s'étire sur une longueur de 500 m, du rocher d'An Oan à celui de Duslen (figure 28). Son sommet se situe à une profondeur comprise entre -5.3 et -4.1 m NGF. Sa base externe se trouve à une profondeur variant de -5,5 m à -6 m NGF. Sa base interne est situées à une plus faible profondeur, entre -5.6 m et -4.8 m NGF. Ces métriques nous permettent donc d'estimer la hauteur relative de cette structure entre 1.3 et 1.6 m, comme le montrent les profils 3 et 4 de la figure 26. Le barrage isole du Chenal de l'île de Batz un vaste pertuis qui débouche sur un biez d'une vingtaine de mètres de large. Là encore, toutes ces caractéristiques renforcent l'hypothèse d'une ancienne pêcherie, contemporaine de la section ouest. Toutefois, l'hypothèse d'une chaussée ne peut être totalement exclue. Peut-être même que ce barrage a assuré ces deux fonctions, soit simultanément, soit à des périodes différentes.

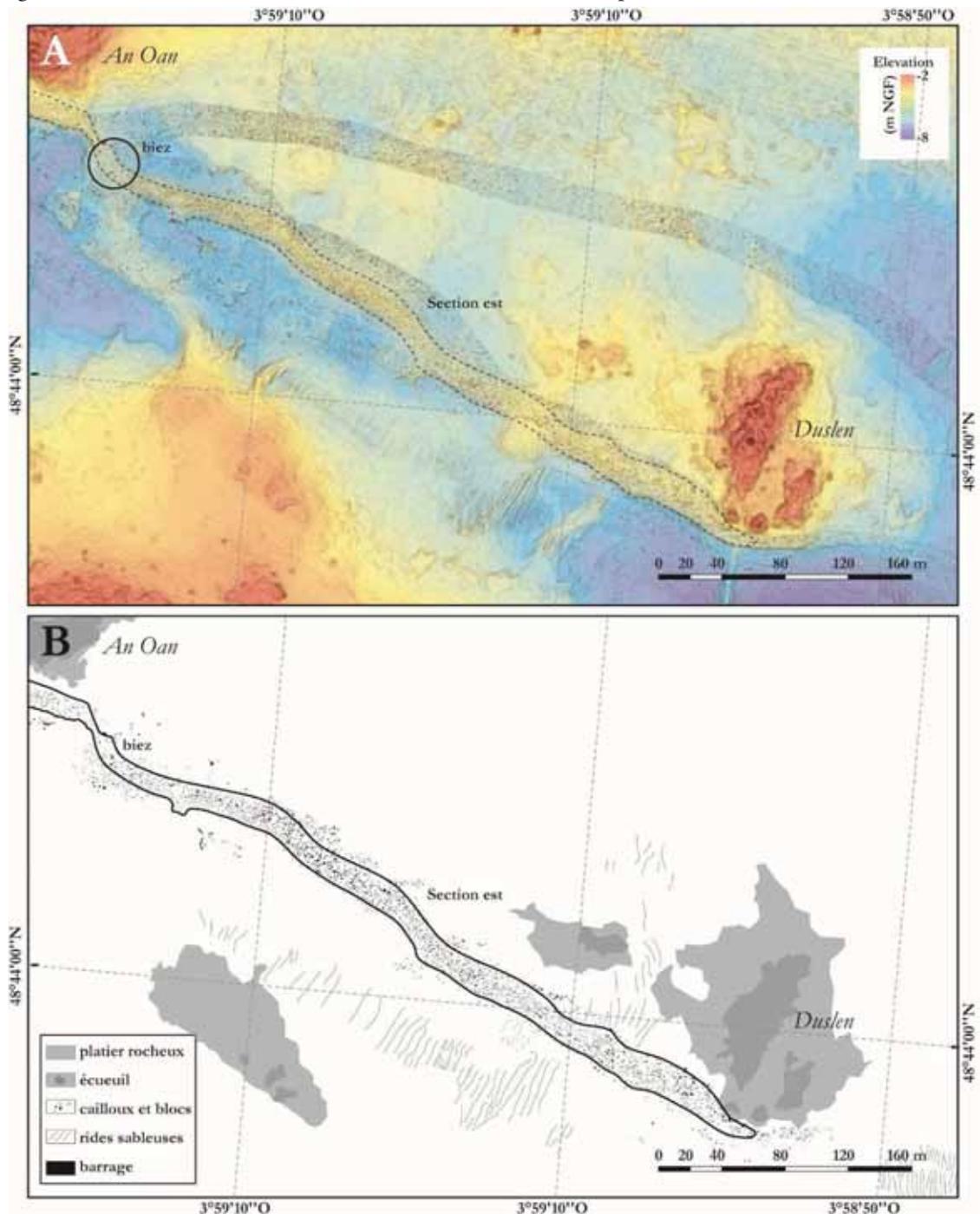


Figure 28 : Relevé bathymétrique de la section ouest du barrage de Porz ar C'hleguer (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires et anthropiques environnants (B).

## 3.3.4. La barrage d'An Uslenn

Le barrage d'An Uslenn se situe à une quarantaine de mètres à l'est de l'estacade, dans le fond du Chenal. Aucune plongée n'a pu être réalisée en raison d'un fort trafic maritime ne permettant pas de garantir la sécurité des plongeurs dans ce secteur et de forts remous liés à la proximité de ce secteur avec l'estacade. Cette dernière génère des courants localement tourbillonnaires, suffisamment puissants pour remobiliser les sédiments du fond, comme le montre la figure 29.

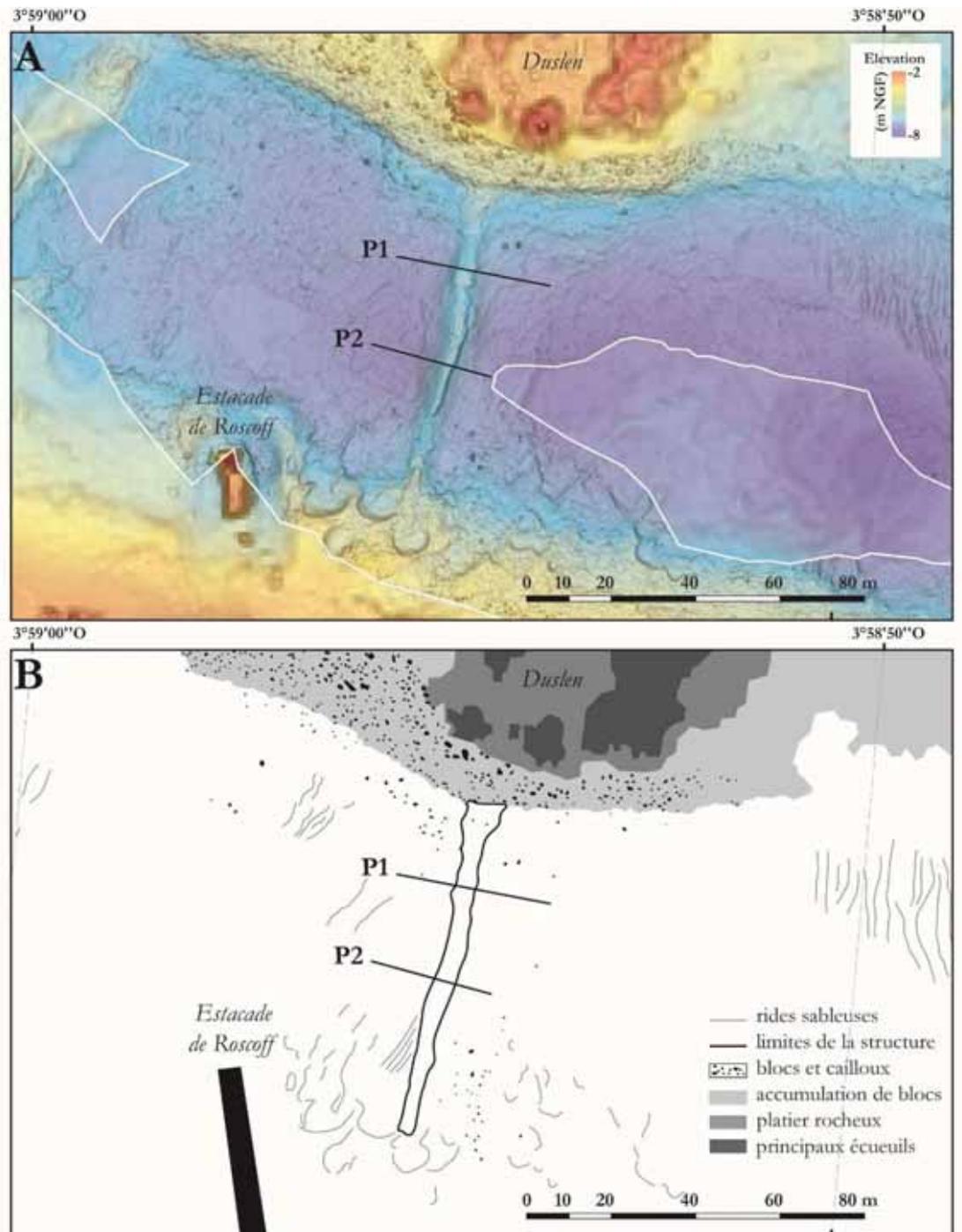


Figure 29 : Relevé bathymétrique du barrage d'An Uslenn (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires et anthropiques environnants (B).

Le barrage d'An Uslenn s'étire perpendiculairement au Chenal selon une direction nord/sud, sur une longueur de 80 m. Sa partie sud est en grande partie ensevelie sous le sable, tandis que son extrémité nord est reliée à l'écueil de Duslen, lui-même connectée au barrage de Porz ar C'hleguer. La largeur de cette structure est comprise entre 3 et 4 m. Son sommet se situe à une profondeur moyenne de -5,7 m NGF et sa base entre -6,9 et -7,5 m NGF, soit 2,3 à 2,9 m sous les plus basses mers astronomiques. Sa hauteur est comprise entre 0,9 m dans les secteurs les plus érodés et 1,7 m dans les endroits les mieux conservés (figure 30). Cette structure présente de fortes similitudes morphologiques avec celle de Perroc'h et peut être interprétée comme une ancienne pêcherie ou comme une chaussée permettant de traverser le chenal par des moyens pédestres en rejoignant Duslen.

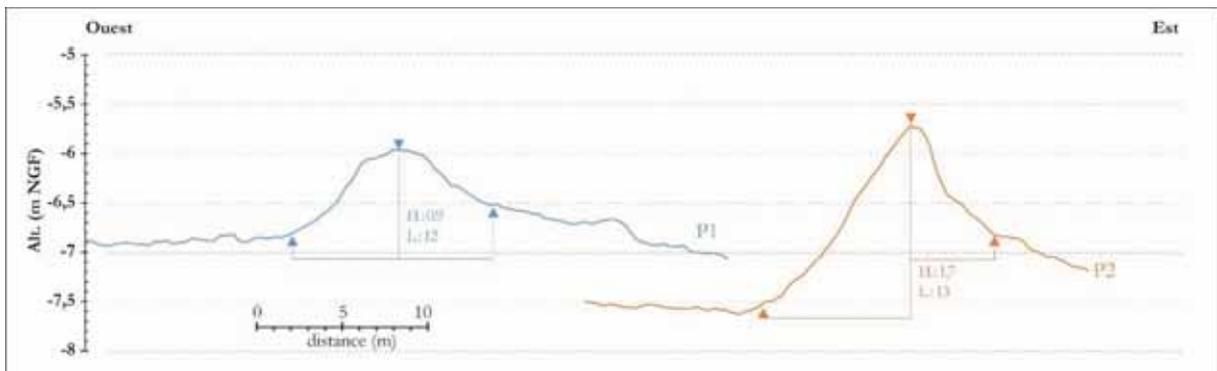


Figure 30 : Profils bathymétriques du barrage d'An Uslenn. La localisation des profils est indiquée sur la figure 29.

### 3.3.5. Le talus de Roc'h zu

La forme identifiée dans le secteur de Roc'h zu s'apparente plus à un talus qu'à un véritable barrage. En effet, cette structure présente une longueur de 70 m et se dispose perpendiculairement à l'axe du chenal selon une orientation nord-sud. Sa largeur est d'environ 30 m pour une hauteur de 1,5 m. Il s'agit donc d'une structure très étalée dont le sommet se situe à une profondeur moyenne de -8,7 m NGF et sa base à la profondeur de -11 m NGF (figures 31 et 32).

Bien que ce talus s'apparente fortement à un banc sableux sub-tidal, ses dimensions ainsi que la présence de grandes dalles de tailles métriques repérées en plongée à son sommet permettent d'exclure son origine naturelle. Il peut s'agir d'une ancienne construction humaine dont les blocs auraient piégé le sable en transit dans le fond du chenal. Toutefois, la mauvaise visibilité lors de la plongée n'a pas permis de recueillir des images de grande qualité. Il est donc difficile d'en dire plus sur cette structure. Notons, par ailleurs, la présence d'un étrange monticule ovoïde à quelques dizaines de mètres à l'est de ce talus, que l'on distingue nettement sur l'image bathymétrique.

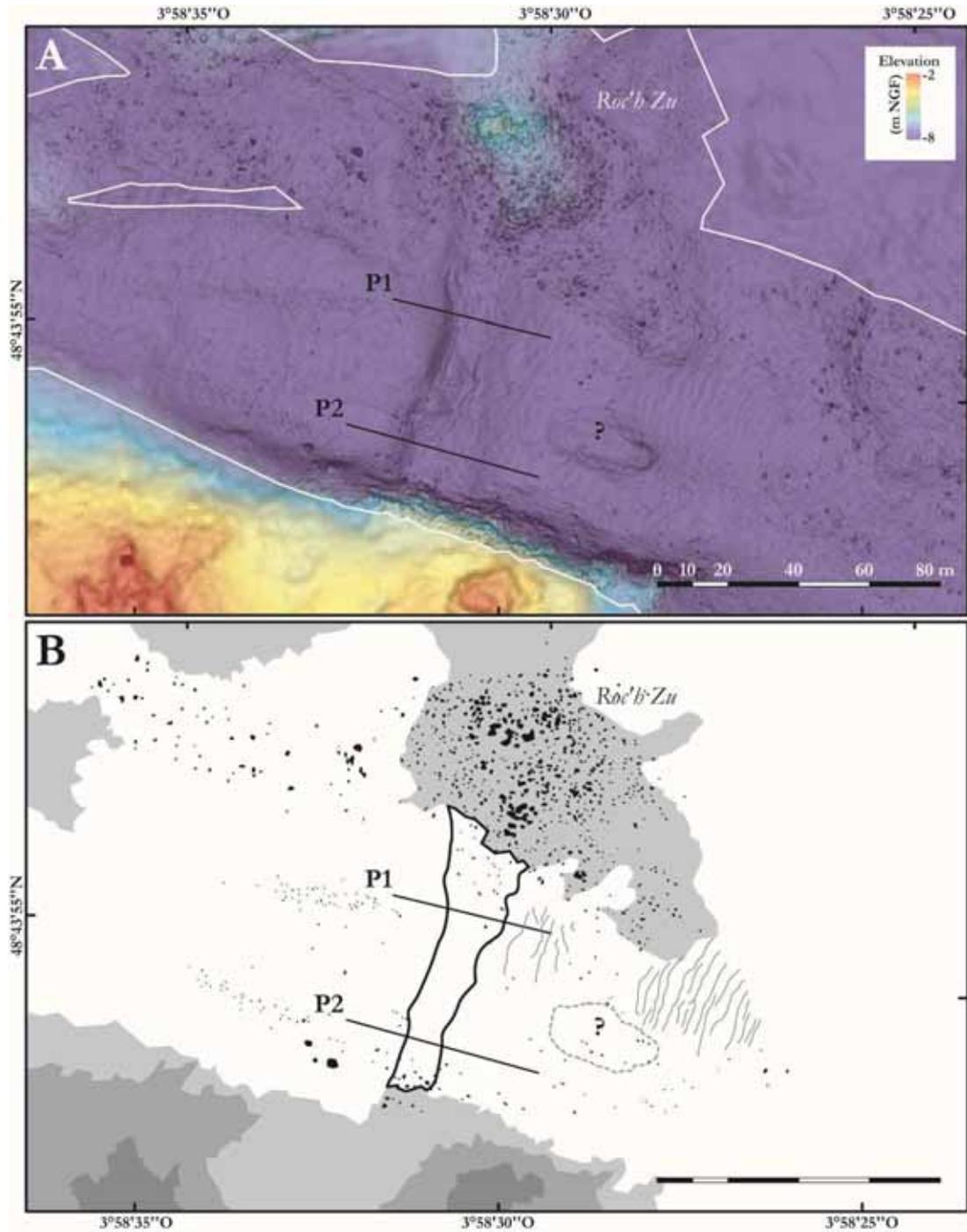


Figure 31 : Relevé bathymétrique du barrage de *Roc'h zu* (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires environnants (B).

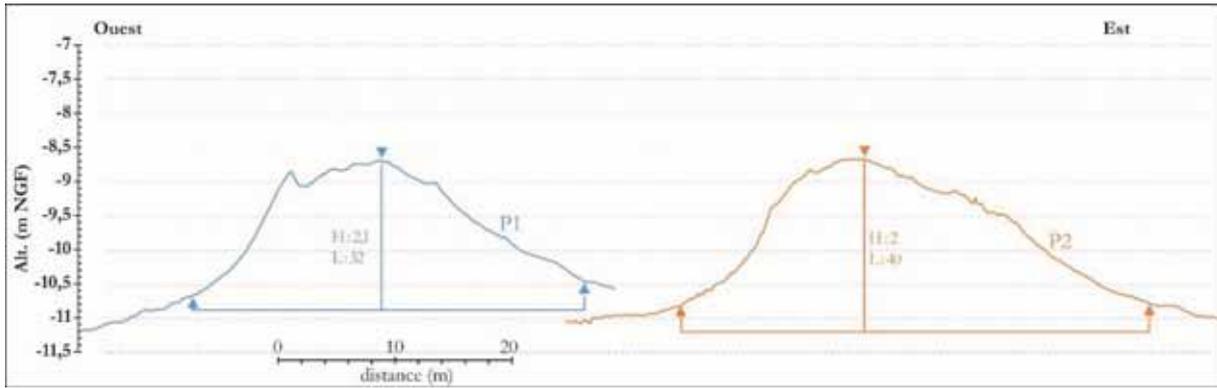


Figure 32 : Profils bathymétriques du barrage de Roc'h zu La La localisation des profils est indiquée sur la figure 31.

### 3.4. Le barrage de Lagad oen (baie de Goulven) : étude pétro-structurale préliminaire (B. Le Gall)

D'un point de vue géologique, le barrage de pêche de Goulven se situe au niveau du complexe granitique de Brignogan qui, daté à 292 Ma, représente l'ultime événement magmatique régional de l'ensemble du dispositif hercynien armoricain. L'approche géologique préliminaire menée sur ce barrage de pêche fournit déjà quelques informations pertinentes concernant (1) la provenance locale versus distale des blocs qui le composent et (2) son origine anthropique versus naturelle. Ces premiers résultats devront être confirmés par une étude plus approfondie de l'ensemble de la structure.

L'étude pétrographique comparative des faciès granitiques exposés en bord de plage et sur l'estran, d'une part, et ceux observés dans la plupart des blocs de la pêche, d'autre part, démontre sans aucune ambiguïté leur étroite similitude pétrographique, caractéristique du granite de Brignogan. Dans les deux cas de figures, il s'agit d'une roche claire (leucocrate), riche en feldspaths alcalins et en micas blancs (muscovites), à faciès porphyrique (cristaux de feldspaths de grandes dimensions). Mais, l'indicateur le plus discriminant est un minéral relativement peu courant, la cordiérite, symptomatique du granite de Brignogan, qui le distingue du granite de Cléder, également exposé à proximité sur l'estran. Sur la base de ce diagnostic lithologique et pétrographique, on peut donc affirmer que les blocs constituant le barrage de pêche de Goulven ont une origine très locale et n'ont donc subi qu'un transport minimal.

L'étude géométrique du barrage fournit des éléments suggérant l'origine mixte, à la fois anthropique et naturelle, de la pêche. D'une longueur d'environ 350 m, celle-ci présente une forme arquée, composée de deux segments d'égale longueur, mais se démarquant clairement selon les critères suivants.

Le segment méridional, d'orientation rectiligne et subméridienne, forme une ride rocheuse relativement large (moyenne estimée à 8 m) et à topographie basse. Les blocs qui la constituent sont de grandes dimensions, souvent plurimétriques. Son extrémité nord est marquée par un 'bloc' de grande taille (5 x 3 m) qui paraît appartenir au substratum granitique en place. Il est remarquable de noter que la direction subméridienne de ce premier segment est parallèle à un réseau de fractures (diaclasses) découpant le massif granitique exposé sur le rivage. Cette coïncidence directionnelle permet d'envisager que cette 'ride' de roches soit le reliquat d'une lanière granitique in situ, encadrée par un réseau de diaclasses, et partiellement épargnée par l'érosion.

A l'inverse le segment nord forme une ride d'allure arquée vers le NE, plus étroite (4 m en moyenne) et légèrement plus haute. La géométrie des blocs granitiques aussi diffère par leurs dimensions moindres. Une telle géométrie arquée exclut a priori tout contrôle d'origine structurale. Cette hypothèse, qui sous-entend l'origine anthropique de ce segment nord, est confortée par la présence de quelques dalles granitiques, de forme parallélépipédique, anormalement redressées et prenant appui sur des blocs de plus grandes dimensions et d'allure trapue, probablement en place au-dessus du granite-source enfoui. Au NE, le segment nord vient s'ancrer sur un vaste pointement granitique d'échelle cartographique.

L'étude géométrique et pétrographique (préliminaire) du barrage de pêcherie de Goulven nous amène à envisager son origine hybride. Le segment nord, d'allure arquée, a probablement été érigé par les hommes de l'époque entre deux affleurements granitiques voisins ; l'un de grandes dimensions au NE, l'autre au sud formant une ride étroite, subméridienne, isolée, préservée par l'érosion. La construction du segment nord paraissant avoir elle-même mis à profit la présence de quelques blocs granitiques naturels, 'en place'.

#### 4- Conclusion et perspectives

L'exploitation des données Litto3D a permis la découverte de nombreuses structures inédites dans les petits-fonds du Nord-Finistère. Différents filtres, mis au point dans le but de faciliter la visualisation de structures archéologiques à partir de données Lidar, ont été testés sur une superficie de 830 km<sup>2</sup>. Même si l'efficacité de ces filtres a été mise en évidence dans de nombreuses études, leur intérêt reste limité lorsqu'ils sont appliqués aux données Litto3D. La faible densité des points de mesure dans le domaine sub-tidal est en partie responsable de ce mauvais résultat. Il apparaît donc nécessaire de croiser les regards experts des géomorphologues et des archéologues pour distinguer ce qui relève de structures naturelles (bancs de sable ou de roche) de ce qui relève de structures archéologiques. Néanmoins, près de 135 nouvelles anomalies bathymétriques ont été identifiées par rapport à l'inventaire des pêcheries réalisé par Daire et Langouët (2010). Une base de données est actuellement en cours de construction pour mettre à jour les données morphométriques sur les barrages de pêcherie. Cette tâche sera menée à bien au printemps 2017 dans le cadre d'un travail de Master 2.

En parallèle, un travail plus précis a été réalisé sur quelques secteurs géographiques ciblés. Dans le chenal qui sépare l'île de Batz du continent, une campagne de mesures bathymétriques à haute résolution a été réalisée au printemps 2016. Les images des fonds marins obtenues à l'aide d'un sondeur multifaisceaux ont permis la découverte de plusieurs barrages dont la fonction reste à déterminer pour nombre d'entre eux. Toutefois, ces MNT ont servi à mieux documenter ces vestiges en renseignant leur morphologie et en permettant la réalisation d'une cartographie fine de ces structures. Les premières observations effectuées dans le cadre d'une plongée sous-marine ont mis en évidence quelques premiers éléments de construction. Sur la pêcherie de *Tec'hit Vihan*, des séries de pierres plantées de champs et disposées de façon tuilée ont été observées.

En baie de Goulven, un barrage de pêcherie inédit repéré à l'aide des données Litto3D a fait l'objet de plusieurs missions d'observation. Une campagne d'acquisition d'images aériennes par cerf-volant a également été effectuée lors d'une basse mer de vive-eau en juin 2016. Toutefois, cette mission s'est soldée par un échec, faute de temps pour mener à bien cette acquisition. Ce barrage ne découvrant qu'à l'étale de basse mer, le temps d'intervention sur la structure se limite à une dizaine de minutes seulement. Une nouvelle mission est donc envisagée en 2017. Le survol sera réalisé à l'aide d'un drone afin de réduire au maximum

le temps d'intervention. Ce travail permettra de reconstituer finement la structure à partir d'un traitement par photogrammétrie.

Enfin, nous regrettons de n'avoir pas pu réaliser la mission bathymétrique aux Gléan. Aussi, une nouvelle demande d'opération sera soumise en 2017. Cette mission devrait être couplée à une acquisition de données au Lidar Bathymétrique dans le cadre d'un travail de doctorat qui a débuté à l'automne 2016 à l'Université de Rennes (Thibaut Peres).

## 5- Références bibliographiques

Bernard V., Billard C., Daire M.-Y., Langouët L., Le Digol Y. (2012) – Du bois pour les pêcheries : Archéologie littorale et dendro-archéologie des périodes médiévales dans l'Ouest de la France, in M. Melin et C. Mougne (dir.), *L'homme, ses ressources et son environnement dans le Nord-ouest de la France à l'âge du Bronze : actualité de la recherche*, Actes du séminaire archéologique de l'ouest du 22 mars 2012, Editions de Géosciences Rennes, 7, 149-160.

Bewley R.H., Crutchley S.P., Shell C.A. (2005) – New light on an ancient landscape: lidar survey in the Stonehenge World Heritage Site. *Antiquity*, 79, 636-647.

Billard C., Bernard V., Quevillon S. (2013a) – Potentiel et méthodes d'approche des pêcheries littorales de Basse-Normandie (France), in M.-Y. Daire, C. Dupont, A. Baudry, C. Billard, J.-M. Large, L. Lespez, E. Normand, C. Scarre (dir.), *Ancient Maritime Communities and the Relationship between People and Environment along the European Atlantic Coasts*, British Archaeological Reports, Oxford: Archaeopress, p. 3-12.

Billard C., Bernard V., Bouffigny A., Clavel B., Couturier B., Jaouen G., Le Digol Y., Quevillon S., Roparst A. (2013b) – Techniques et modes d'exploitation des pêcheries sur le littoral normand (France) : un essai de bilan de dix années de travaux archéologiques, in M.-Y. Daire, C. Dupont, A. Baudry, C. Billard, J.-M. Large, L. Lespez, E. Normand, C. Scarre (dir.), *Ancient Maritime Communities and the Relationship between People and Environment along the European Atlantic Coasts*, British Archaeological Reports, Oxford: Archaeopress, p. 139-150.

Billard C., Bernard V. (2016) - *Archéologie et histoire des pêcheries littorales du département de la Manche*. Presses Universitaires de Rennes, collection archéologie et culture, 720 p.

Challis K., Forlin P., Kincey M. (2011) - A Generic Toolkit for the Visualization Features on Airborne lidar elevation Data. *Archaeological. Prospection*, 18, 279-289.

Chase A.F., Chase D., Weishampel J. (2011) - Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science*, 38, 387-398.

Crutchley S. (2006) - Light detection and ranging (lidar) in the Witham Valley, Lincolnshire: an assessment of new remote sensing techniques. *Archaeological Prospection*, 13, 251-257.

Daire M.-Y., Langouët L. (2010) – *Les anciens pièges à poissons des côtes de Bretagne, un patrimoine au rythme des marées...*, Coédition CRéAA – AMARAI, Les dossiers du Centre Régional d'Archéologie d'Alet, AG, 165 p.

Daire M.-Y., Langouët L. (2011) – Dater les anciennes pêcheries par les niveaux marins approche méthodologique et perspectives géoarchéologiques : le Bas Léon, nord Finistère, Bretagne, *Norvès*, 220, p. 69-93.

Daire M.-Y. (2016) – Questions autour de dynamiques estuariennes ou Quand l'archéologie interroge la géomorphologie et réciproquement : le Léguer (Côtes d'Armor, France) comme étude de cas. *25<sup>e</sup> réunions de sciences de la terre, 24-28 octobre 2016, Caen*. Communication orale.

Devereux B.J., Amable G.S., Crow P., Cliff A.D. (2005) - The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies. *Antiquity*, 79, 648-660.

Devereux B.J., Amable G.S., Crow P. (2008) - Visualization of LiDAR terrain models for archaeological feature detection. *Antiquity*, 82, 470-479.

Dréano Y., Gandois H., Pailler Y. (2013) – L'exploitation des poissons dans l'archipel de Molène (Finistère, France) du Néolithique récent à l'âge du Bronze ancien, in M.Y. Daire, C. Dupont, A. Baudry, C. Billard, J.-M. Large, L. Lespez, E. Normand, C. Scarre (dir.), *Ancient Maritime Communities and the Relationship between People and Environment along the European Atlantic Coasts*, British Archaeological Reports, Oxford: Archaeopress, p. 447-457.

Dunn D.C. & Halpin P.N. (2009) - Rugosity-based regional modeling of hard-bottom habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 377, 1-11.

Freeman T.G. (1991) - Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. *Computer Geosciences*, 17, 413-422.

- Gandois H., Stéphan P., Cuisnier D., Cuisnier S., Masson A. (2011) – Prospections sur les estrans lors des grandes marées de mars 2011 et en plongée en avril 2011 sur l'archipel de Molène, in Y. Pailler, H. Gandois (dir.), *Sondage sur un tertre funéraire du Néolithique moyen à la pointe nord du Ledenez Vihan de Kemenez (Le Conquet, Finistère) et sites nouvellement découverts dans l'archipel*, rapport n° 16, SRA Bretagne, 193 p.
- Gandois H., Stéphan P., Cuisnier D., Gladu Y., Lallement F., Priol H (2013) – *Rapport sur les prospections sous-marines et sur la zone d'estran en mer d'Iroise*, opération n°OA-1746, DRASSM, 49 p.
- Gandois H., Berrio L., Blaise E., Dréano Y., Fontana L., Ihuel E., Salanova L., Stéphan P. (2015) - *Rapport d'opération (fouilles archéologiques d'urgence en contexte d'estran) sur les îles de Kemenez, Béniguet et Trielen (Le Conquet, Finistère)*, opération n°OA-2463, Avril 2015, 147 p.
- Georges-Leroy M., Bock J., Dambrine E., Dupouey J.-L. (2009) - Le massif forestier, objet pertinent pour la recherche archéologique. L'exemple du massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle). *Revue Géographique de l'Est*, 49, 1-16.
- Goslin J., Van Vliet-Lanoë B., Spada G., Bradley S., Tarasov L., Neill S., Suanez S. (2015) - A new Holocene relative sea-level curve for western Brittany (France): Insights on isostatic dynamics along the Atlantic coasts of north-western Europe. *Quaternary Science Reviews*, 129, p. 341-365.
- Hengl T. (2006) - Finding the right pixel size. *Computers & Geosciences*, 32, 1283-1298.
- Hesse R. (2010) - LiDAR-derived local relief models (LRM) – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection*, 17, 67-72.
- Imhof E. (2007) - *Cartographic relief presentation*. H. J. Steward (Ed.), ESRI Press, Redlands, USA, 436 p.
- Martz L., Garbrecht J. (1992) - Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models. *Computer Geosciences*, 18, 747-761.
- Martz L., Garbrecht J. (1998) - The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models. *Hydrological Processes*. 12, 843-855.
- Martz L., Garbrecht J. (1999) - An outlet breaching algorithm for the treatment of closed depressions in a raster DEMp. *Computers Geosciences*, 25, 835-844.
- Rinehart R.W., Wright D.J., Lundblad E.R., Larkin E.M., Murphy J., Cary-Kothera L. (2004) – ArcGIS 8.x Benthic Terrain Modeler. Analysis in American Samoa. *Proceedings of the 24th Annual ESRI User Conference*, San Diego, paper1433.
- Stéphan P., Gandois H., Ehrhold A., Le Dantec N., Franzetti M., Baltzer A., Jouet G. (2015). De l'usage de certaines pêcheries à l'âge du Bronze ancien dans l'archipel de Molène. In Y. Pailler (dir.), *Une maison sous les dunes : Beg Ar Loued, île Molène, Finistère. Identité et adaptation des groupes humains en Mer d'Iroise à la transition IIIe-IIe millénaire avant notre ère*, Edition Sidestone Press, Leiden. Sous-presse.
- Stéphan P., Goslin J., Pailler Y., Manceau R., Suanez S., Van Vliet-Lanoë B., Hénaff A., Delacourt C. (2015). Holocene salt-marsh sedimentary infillings and relative sea-level changes in West Brittany (France) from foraminifera-based transfer functions. *Boreas*, 44, 153-177.
- Stéphan P., Suanez S., Fichaut B., Autret R. (2016). Évolution morpho-sédimentaire du littoral de l'archipel de Molène. In Ehrhold A., Le Gall B., Stéphan P., Suanez S., Houlgatte E., Mazé J.-P., Morvan L. (Eds.). *Atlas géologique, géomorphologique et sédimentaire de l'archipel de Molène*. Éd. Quæ, 3 cartes, échelle 1/30 000, livret d'accompagnement, 146 p.
- Stéphan P., Goslin J. (2014). Evolution du niveau marin relatif à l'Holocène le long des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche : réactualisation des données par la méthode des « sea-level index points ». *Quaternaire*, 25, 295-312.
- Stular B., Kokalj Z., Ostir K., Nuninger L. (2012) - Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features. *Journal of Archaeological Science*, 39, 3354-3360.
- Wright D.J., Lundblad E.R., Larkin E.M., Rinehart R.W., Murphy J., Cary-Kothera L., Draganov K. (2005) - *ArcGIS Benthic Terrain Modeler*. Corvallis, Oregon, Oregon State University, Davey Jones Locker Seafloor Mapping/Marine GIS Laboratory and NOAA Coastal Services Center.

## 6- Table des illustrations

Figure 1 : Modèles numériques de terrain illustrant la présence de barrages de pêcherie dans l'archipel de Molène (Stéphan et al., 2016).	22
Figure 2 : Quadrillage utilisé pour la prospection des structures submergées à partir des données Litto3D dans le nord du Finistère.	24
Figure 3 : Exemple de traitements d'images utilisées pour la détection des barrages de pêcheries (ici sur le barrage de Lagad oen en baie de Goulven).	26
Figure 4 : Tracé de la zone relevée au Sondeur Multi-Faisceaux (en noir) entre Batz et Roscoff.	27
Figure 5 : localisation des quatre plongées réalisées le 10/10/2016 dans le chenal entre Batz et Roscoff.	28
Figure 6 : Localisation des deux premières plongées le long du barrage de <i>Tec'hit Vihan</i> .	29
Figure 7 : Plan des deux premières plongées sur le barrage de <i>Tec'hit Vihan</i> .	30
Figure 8 : Localisation de la troisième plongée le long du barrage de <i>Perroc'h</i> .	31
Figure 9 : Plan de la troisième plongée le long du barrage de <i>Perroc'h</i> .	32
Figure 10 : Localisation de la quatrième plongée le long du talus de <i>Roc'h zu</i> .	33
Figure 11 : Plan de la quatrième plongée le long du talus de <i>Roc'h zu</i> .	34
Figure 12 : Photographies prises le 06/06/2016 à l'occasion d'une première mission de reconnaissance sur le barrage de Lagad oen (baie de Goulven).	35
Figure 13 : Localisation du barrage de Lagad oen. A. Extrait de la carte marine du SHOM (source : Géoportail). B : Orthophotographie (source : Géoportail). C : Modèle Numérique de Terrain issue des données Litto3D. D : Photographie aérienne obtenue par cerf-volant et zoom sur une cible installée sur le terrain afin de géoréférencer les images.	36
Figure 14 : Localisation des structures inventoriées par Daire et Langouet (2010).	38
Figure 15 : Localisation des structures inédites détectées à partir des données alti-bathymétriques Litto3D dans le nord du Finistère.	39
Figure 16 : Localisation des barrages de pêcherie attestés dans le nord du Finistère. <i>NB : certaines d'entre elles demandent toutefois à être confirmées par des observations subaquatiques.</i>	39
Figure 17 : Nombre et proportion des structures détectées à partir des différents filtres appliqués au MNT.	40
Figure 18 : Nombre de barrages de pêcherie repérés par prospection aérienne (Daire et Langouet, 2010) et par la donnée Litto3D, en fonction de la profondeur à laquelle ils se situent. <i>NB : en-</i>	

*deçà de la profondeur de -10m NGF, la nature anthropique des structures repérées est douteuse et demandée à être confirmée par des observations subaquatiques.* 41

Figure 19 : Relevé bathymétrique du barrage de *Tec'hit Vihan* (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires environnant (B). 42

Figure 20 : Profils bathymétriques des murets de *Tec'hit Vihan*. H : hauteur ; L : largeur. La localisation des profils est indiquée sur la figure 19. 43

Figure 21 : Photographies sous-marines des barrages de *Perroc'h* (A & B) et de *Tec'hit Vihan* (C, D, & E). 44

Figure 22 : Relevé bathymétrique du barrage de *Tec'hit Vihan* (A) et Profils bathymétriques des murets (B). H : hauteur ; L : largeur. 45

Figure 23 : Relevé bathymétrique du barrage de *Porz ar C'hleguer*. 46

Figure 24 : Extrait de cartes anciennes sur lesquelles figure le barrage de Porz ar C'hleguer (A : Extrait de la carte des ingénieurs géographes du Roy (1789-1830) ; B : Extrait de la carte de l'Etat-Major dressée entre 1820 et 1866 (source : Géoportail) ; C : Extrait de la carte du Pilote Français publiée en 1843. 47

Figure 25 : Relevé bathymétrique de la section ouest du barrage de Porz ar C'hleguer (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires et anthropiques environnants (B). 48

Figure 26 : Profils bathymétriques du barrage de Porz ar C'hleguer. La localisation des profils est indiquée sur les figures 23, 25 et 27. 49

Figure 27 : Photographies de la section ouest du barrage de Porz ar C'hleguer prises lors de la basse mer du 11 mars 2016 par coefficient 116. A. Vue vers l'est depuis la pointe de Pen ar C'hleguer (cliché : Pierre-Yves Decausse). B. Vue vers l'ouest depuis l'écueil de An Oan (cliché : Pierre-Yves Decausse). 50

Figure 28 : Relevé bathymétrique de la section ouest du barrage de Porz ar C'hleguer (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires et anthropiques environnants (B). 51

Figure 29 : Relevé bathymétrique du barrage d'*An Uslenn* (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires et anthropiques environnants (B). 52

Figure 30 : Profils bathymétriques du barrage d'*An Uslenn*. La localisation des profils est indiquée sur la figure 29. 53

Figure 31 : Relevé bathymétrique du barrage de *Roc'h zu* (A) et plan interprétatif de la structure et des éléments morphosédimentaires environnants (B). 54

Figure 32 : Profils bathymétriques du barrage de *Roc'h zu* La localisation des profils est indiquée sur la figure 31. 55

### SECTION III - INVENTAIRE TECHNIQUE

Cet inventaire fait état de toutes les structures visibles en relief à partir des données Litto3D. Les structures douteuses ne figurent pas dans cet inventaire, ainsi que les structures couvertes par une densité de points insuffisante ne permettant pas d'attester avec certitude qu'il s'agit de vestiges archéologiques. Certaines informations ne sont pas renseignées, le travail d'analyse et de traitement des données étant toujours en cours. La typologie se réfère aux travaux de Daire et Langouet (2010, 2011).

Coord. Lambert 93	X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)			Elevation of the top (m NGF)
												min.	mean	max.	
184 030	6 873 216	1	Batz		Pars ar Gored	CL-CS	Daire & Langouet (2010)	yes	174	7	0,5	-3,5	-3	-1,5	-3
186 856	6 872 109	2	Batz		Bilvide	CS	Daire & Langouet (2010)	yes	383	4	1,15	-2,64	-1,55	0,05	-1,65
186 953	6 872 130	3	Batz		Bilvide	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	91	7	1,45	-2,75	-2,45	-2	-2
186 822	6 872 697	5	Batz		Bilvide	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	91	6	0,38	-5,96	-5,7	-4,9	-5,4
184 952	6 871 886	6	Batz		Rupodou	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	55	6	0,22	-1,69	-1,57	-1,28	-1,4
124 511	6 834 479	14	Conquet		Pointe des Renards	DC	Daire & Langouet (2010)	yes	170	15	0,5	-4,8	-4,3	-3,8	-3,9
153 692	6 865 290	15	Kerlouan		Neiz-Vrama	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	130	7	0,4	-2,8	-2,4	-1,8	-1,8
153 692	6 865 290	16	Kerlouan		Neiz-Vramb	AL	This study	yes	55	3,5	0,7	-1,9	-1,7	-1,5	-1,1
158 386	6 866 929	19	Kerlouan		Lestouquet_1	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	180	12	0,4	-6,8	-6,6	-6,4	-6,2
158 279	6 866 829	20	Kerlouan		Lestouquet_2	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	165	8	0,7	-7,9	-7,6	-7,2	-6,8
158 457	6 867 116	22	Kerlouan		Lestouquet_4	AC	This study	no	105	7	0,5	-6,6	-6,4	-6,2	-5,9
126 718	6 846 599	25	Lampaul-Plouarzel		Poris cove (W)	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	160	13	0,35	-3,6	-3,1	-2,7	-2,6
124 850	6 843 143	26	Lampaul-Plouarzel		Porz Tewizigne (NW) a	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	210	10	0,9	-5,8	-5,4	-5	-4,8
124 851	6 843 143	27	Lampaul-Plouarzel		Porz Tewizigne (NW) b	AC	This study	no	100	8	0,6	-5,2	-5	-4,9	-4,7
124 848	6 842 886	28	Lampaul-Plouarzel		Porz Tewizigne (NW) c	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	175	8	0,7	-5,5	-5,2	-5	-4,8
136 003	6 858 427	29	Lampaul-Ploudalmézeau		île du Bcc	DC	Daire & Langouet (2010)	yes	200	5	0,3	-6,9	-6,7	-6,2	-6,6
136 003	6 858 428	30	Lampaul-Ploudalmézeau		île du Bcc	nr	This study	no	125	10	1,1	-7,2	-7	-6,4	-5,5
136 542	6 857 875	31	Lampaul-Ploudalmézeau		roche Goulouarn (W)	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	305	5	0,75	-2,5	-2,55	-1,9	-1,8
139 532	6 861 308	35	Landeda		Kerennoc'h	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	315	4	0,8	-2,7	-2,4	-2,2	-1,7
139 475	6 861 414	36	Landeda		Kern ar Guen	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	284	7	0,4	-3,2	-3	-2,8	-2,7
126 920	6 853 296	38	Landunvez		iled'Yoc'h(S)	CC	Daire & Langouet (2010)	yes	220	8	1	-4,8	-4,6	-4,4	-4
126 863	6 853 277	39	Landunvez		iled'Yoc'h(S)	CC	Daire & Langouet (2010)	yes	155	7	1,15	-5,2	-5	-4,8	-4,2
127 585	6 853 643	41	Landunvez		Begar Guro_1	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	115	8	0,4	-3,4	-2,9	-2,3	-2,5

Coord. Lambert 93 X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)			Elevation of the top (m NGF)
											min.	mean	max.	
127 615	6 853 592	42	Landunvez	BegarCaro_2	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	80	4	0,8	-2,6	-2,4	-2,2	-2
127 829	6 853 843	44	Landunvez	BegarCaro(S)	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	65	6	0,6	-2,3	-2,1	-2	-1,4
131 400	6 856 424	46	Landunvez	Tremazan	DC	Daire & Langouet (2010)	yes	210	3	nr	-2,65	-2,5	-2,4	?
126 857	6 847 362	47	Lanildur	Ruhedu	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	130	7	1	-4,7	-4,5	-4,3	-3,7
101 110	6 846 497	49	Ouessant	PorzGorred	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	230	5	0,4 to 1	-2,9	-2,7	-2,4	-2
105 402	6 848 932	50	Ouessant	PorzLigoudou	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	98	20	2	-2,1	-1,3	0,6	-0,2
134 961	6 858 785	51	Ploudalmzeau	ilsdeBooservo	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	120	12	1,1	-2,8	-2,6	-2,4	-1,8
135 651	6 858 374	52	Ploudalmzeau	ilsdeBec	DL	Daire & Langouet (2010)	yes	300	4	0,7	-2,55	-2,35	-2,2	-2,2
131 918	6 856 831	53	Ploudalmzeau	RochesSegou	BL	Daire & Langouet (2010)	yes	70	10	0,9	-5,9	-5,8	-5,7	-4,8
134 114	6 857 643	57	Ploudalmzeau	Dourlanec	DC	Daire & Langouet (2010)	yes	123	7	0,5	-3,6	-3,4	-3,25	-3,1
169 419	6 863 595	61	Plouescat	EnezErg_1	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	70	3	0,6	-5,1	-5	-4,9	-4,5
169 122	6 863 328	62	Plouescat	EnezErg_2	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	225	10	0,6	-4	-3,85	-3,7	-3,5
168 740	6 863 954	63	Plouescat	PorzMeur	CC	Daire & Langouet (2010)	yes	140	3	0,8	0,5	1	1,5	2
170 811	6 866 513	64	Plouescat	EnezNevez_1	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	95	3	0,55	-4,8	-4,6	-4,4	-4,3
170 792	6 866 522	65	Plouescat	EnezNevez_2	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	80	4	0,5	-4,4	-4,2	-4,1	-4
181 122	6 866 204	70	Plouguilm	Toular_Nouch_1	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	20	2	0,3	1,75	1,8	1,9	1,9
181 026	6 866 329	71	Plouguilm	Toular_Nouch_2	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	60	4	0,2	1,4	1,5	1,6	1,6
180 944	6 866 384	72	Plouguilm	Toular_Nouch_3	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	30	4	nr	1	1,3	1,4	1,4
142 102	6 861 938	73	Plouguerneau	ileWnach(w)_1	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	180	5	0,4	-3,25	-3,15	-3,05	-2,8
142 133	6 861 893	74	Plouguerneau	ileWnach(w)_2	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	135	7	0,4	-2,9	-2,7	-2,5	-2,2
141 773	6 862 206	75	Plouguerneau	ileWnach(w)_3	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	120	4	0,5	-5,3	-5,2	-5,1	-4,9
141 096	6 862 285	76	Plouguerneau	KarregLelan_1	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	122	8	0,6	-6,1	-5,8	-5,6	-5,4
143 711	6 863 132	83	Plouguerneau	PorzMado	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	145	5	0,5	-2,9	-2,7	-2,5	-2

Coord. Lambert 93 X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)			Elevation of the top (m NGF)
											min.	mean	max.	
148 136	6 862 220	86	Plougermeau	EnezAntic_1	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	200	5	0,4	-2,35	-2,2	-2,1	-2
149 200	6 862 264	88	Plougermeau	Kerrachen	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	60	2	0,85	-2,8	-2,4	-2,25	-1,8
163 769	6 864 491	89	Ploumeur-Trez	Goulvenargoad	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	95	1	0,35	-1,05	-0,9	-0,8	-0,6
163 411	6 864 754	90	Ploumeur-Trez	BeganToulou	DC	Daire & Langouet (2010)	yes	130	4	0,9	0,6	0,8	1,1	1,6
164 315	6 864 888	91	Ploumeur-Trez	LagadOen()	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	100	3	0,3	-1,7	-1,6	-1,5	-1,3
164 205	6 865 161	92	Ploumeur-Trez	lagadOen(NE)	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	115	4	0,5	-1,6	-1,4	-1,2	-1,1
165 116	6 865 326	93	Ploumeur-Trez	Gouelroc	BC	Daire & Langouet (2010)	yes	190	12	0,75	-2,9	-2,7	-2,3	-1,8
126 369	6 848 609	94	Porspoder	ileMelon(S)	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	150	4	0,7	-4,65	-4,4	-4,2	-4
126 529	6 852 484	97	Porspoder	PorzharRoc'h	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	92	5	0,9	-5,4	-5,2	-5	-4,5
127 101	6 852 567	98	Porspoder	presqu'ileSaint-Laurent_1	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	60	12	0,5	-3,8	-3,6	-3,3	-3,3
127 111	6 852 533	99	Porspoder	presqu'ileSaint-Laurent_2	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	90	12	0,65	-3,6	-3,4	-3	-3
126 876	6 851 546	100	Porspoder	greveduBourg_1	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	140	9	0,7	-4,6	-4,3	-4,1	-3,6
126 849	6 851 564	101	Porspoder	greveduBourg_2	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	190	11	0,8	-3,8	-3,6	-3,4	-3,1
185 636	6 870 735	109	Roscoff	Roc'harBleiz_2	BL	Daire & Langouet (2010)	yes	170	14	0,5	-4,7	-4,4	-4,1	-4
189 015	6 866 512	114	Saint-Paul-de-Leon	Kersellou_3	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	55	10	0,3	-4,05	-4	-3,9	-3,5
182 027	6 868 802	117	Santec	Bilou_3	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	65	7	0,7	-2,9	-2,8	-2,6	-2,4
181 951	6 868 613	118	Santec	Bilou_4	nr	Daire & Langouet (2010)	yes	175	8	0,3	-4,1	-4	-3,9	-3,8
184 440	6 869 972	119	Santec	Bilou_5	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	87	7	0,5	-4,35	-4,2	-4,1	-3,9
182 619	6 869 017	123	Santec	Theven_3	nr	Daire & Langouet (2010)	yes	40	5	0,7	-2,15	-1,95	-1,8	-1,5
182 619	6 869 017	126	Santec	Theven_6	nr	Daire & Langouet (2010)	yes	41	8	0,45	-2,1	-1,9	-1,7	-1,4
182 657	6 869 401	127	Santec	Theven_7	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	170	5,5	0,55	-4,85	-4,7	-4,55	-4,2
182 787	6 870 020	128	Santec	Theven_8	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	165	3	0,35	-8,1	-7,9	-7,7	-7,7
183 927	6 868 872	129	Santec	Pouldu_1	AL	Daire & Langouet (2010)	yes	80	5	1,1	-1,02	-0,82	-0,62	-0,4

Coord. Lambert 93 X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)			Elevation of the top (m NGF)
											min.	mean	max.	
184 407	6 869 572	130	Santez	Pouldu_2	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	130	6	0,7	-3,2	-3	-2,8	-2,5
184 182	6 869 599	132	Santez	Pouldu_4	CL	Daire & Langouet (2010)	yes	180	9	0,55	-5	-4,8	-4,6	-4,5
183 824	6 869 737	133	Santez	Pouldu_5	BL	Daire & Langouet (2010)	yes	140	15	0,6	-6	-5,8	-5,4	-5,2
184 701	6 870 145	136	Santez	Perhardy_1	BC	Daire & Langouet (2010)	yes	72	3	0,15	0,75	0,6	0,45	0,4
184 440	6 869 972	138	Santez	Perhardy_3	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	110	4	0,4	-2,35	-2,25	-2,15	-2
184 490	6 869 971	139	Santez	Perhardy_4	??	Daire & Langouet (2010)	yes	115	4	0,35	-2,2	-2,1	-2	-1,8
184 999	6 870 512	141	Santez	Perhardy_6	nr	Daire & Langouet (2010)	yes	100	7	0,7	-6	-5,8	-5,6	-5
184 351	6 870 397	142	Santez	Perhardy_7	nr	Daire & Langouet (2010)	yes	100	9	0,45	-3,8	-3,6	-3,4	-3,3
183 580	6 872 062	150	Ritz	Porz Reter	AC	This study	no	66	2	0,45	-2,65	-2,3	-1,75	-1,8
152 733	6 865 268	153	Kerlouan	LogKarreg	AC	This study	no	115	7	0,9	-2,8	-2,6	-2,4	-2
153 013	6 865 498	154	Kerlouan	Enez AmanWest	AC	This study	no	85	4	0,5013	-2,6	-2,5	-2,3	-1,7
135 487	6 858 238	155	Lampaul-Ploudalmezeau	rocheCoulouarn(E)	CL	This study	no	55	4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
127 334	6 852 955	156	Landunvez	ikedYoc'h(S)	CC	This study	no	65	15	0,55	-5,6	-5,2	-5	-4,4
127 410	6 846 953	157	Lanildut	Ruhidub	AL	This study	no	115	7	0,6	-5,4	-5,2	-4,8	-4,7
134 964	6 858 796	158	Ploudalmezeau	ikedRosservo	AL	This study	no	100	11	0,5	-2,65	-2,5	-2,45	-2,35
164 147	6 865 217	159	Ploumeur-Trez	lagadOam(NE)	DC	This study	no	380	4	0,6	-2,7	-2,4	-2,2	-1,8
126 584	6 852 439	160	Porzpoder	PorzharRoc'hb	nr	This study	no	60	8	0,7	-4,6	-4,4	-4,2	-4
182 479	6 868 937	161	Santez	Theven_9	AL	This study	no	130	8	0,4	-2,65	-2,55	-2,45	-2,3
182 585	6 868 940	162	Santez	Theven_10	AL	This study	no	35	8	0,5	-1,6	-1,4	-1,2	-1,35
182 620	6 868 966	163	Santez	Theven_11	AL	This study	no	78	2,5	0,35	-1,9	-1,7	-1,5	-1,45
184 374	6 868 939	164	Santez	Pouldu_8	AL	This study	no	60	7	0,4	-2,7	-2,55	-2,45	-2,25
163 865	6 864 693	166	Ploumeur-Trez	nr	nr	This study	no	65	3	0,6	-1,4	-1,2	-1	-0,9
163 788	6 864 808	167	Ploumeur-Trez	nr	nr	This study	no	155	3	0,5	-1,4	-1,2	-1	-0,9

Coord. Lambert 93 X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)			Elevation of the top (m NGF)
											min.	mean	max.	
165 770	6 865 328	168	Ploumouir-Trez	nr	nr	This study	no	100	6	0,5	-5,1	-4,9	-4,6	-4,4
165 231	6 864 757	169	Ploumouir-Trez	nr	nr	This study	no	200	6	0,65	-2,4	-2,2	-2	-1,6
198 766	6 867 311	170	Primesl-Tregastel	Anse du Dilben	nr	This study	yes	135	nr	nr	-3,65	-3,3	3	-2,8
190 564	6 866 362	171	Carantec	Ile Callor	nr	This study	yes	150	nr	nr	-2,65	-2,6	-2,55	-2,3
184 686	6 870 828	172	Roscoff	Perharidi	nr	This study	no	60	nr	nr	-4,9	-4,7	-4,5	-4,1
187 642	6 864 993	173	Saint-Pol-de-Leon	Pempoul	nr	This study	yes	68	nr	nr	0,65	0,7	0,8	1,95
198 215	6 867 205	174	Plougasnou	Beg an dilben	nr	This study	yes	67	nr	nr	-1,1	-0,9	-0,6	-0,3
191 434	6 864 447	175	Carantec	Pennenez	nr	This study	yes	280	nr	nr	-4,3	-4,2	-4,1	-3,8
187 923	6 870 570	176	Ile_de_Batz	S/E	nr	This study	no	76	nr	nr	-14,7	-14	-13,7	-12,5
190 701	6 866 979	177	Carantec	Ile Callor	nr	This study	yes	160	nr	nr	-4,2	-4	-3,8	-2,7
186 446	6 872 925	178	Ile_de_Batz	Porz Melloc	nr	This study	no	56	nr	nr	-5,9	-5,85	-5,8	-5,15
186 511	6 872 693	179	Ile_de_Batz	Porz Melloc	nr	This study	no	95	nr	nr	-5,36	-5,33	-5,3	-5,2
186 892	6 872 644	180	Ile_de_Batz	Porz Melloc	nr	This study	no	46	nr	nr	-5,6	-5,33	-5,15	-5,23
184 730	6 870 939	181	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidi (w)	nr	This study	no	40	nr	nr	-5,4	-5,35	-5,3	-5
184 712	6 870 884	182	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidi (w)	nr	This study	no	33	nr	nr	-5,32	-5,3	-5,28	-5,1
184 932	6 870 978	183	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidi (w)	nr	This study	no	76	nr	nr	-6,1	-6	-5,9	-5,45
184 466	6 873 607	184	Ile_de_Batz	Porz Melloc	nr	This study	no	160	nr	nr	-7,2	-7,15	-7,1	-6,1
184 694	6 871 606	185	Ile_de_Batz	Roc'higou	nr	This study	no	72	nr	nr	-5,15	-5	-4,8	-4,3
186 538	6 871 123	186	Ile_de_Batz	Penn Batz	nr	This study	no	760	nr	nr	-6,6	-6,45	-6,3	-4,3
186 399	6 871 165	187	Ile_de_Batz	Penn Batz	nr	This study	no	112	nr	nr	-7,1	-6,9	-6,7	-6,2
186 151	6 871 259	188	Ile_de_Batz	Penn Batz	nr	This study	no	150	nr	nr	-6,91	-6,9	-6,8	-5,65
185 826	6 870 597	189	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidi Est	nr	This study	no	44	nr	nr	-2,75	-2,74	-2,73	-2,4
185 817	6 870 511	190	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidi Est	nr	This study	no	102	nr	nr	-3	-2,95	-2,9	-2,38

Coord. Lambert 93 X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)		Elevation of the top (m NGF)
											min.	max.	
186 011	6 870 332	191	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidh Est	nr	This study	no	160	nr	nr	-2,04	-20,4	-1,81
185 830	6 870 306	192	Roscoff/Ile_de_Batz	Perharidh Est	nr	This study	no	195	nr	nr	-1,74	-1,73	-2,42
186 654	6 870 870	193	Roscoff/Ile_de_Batz	Roscoff (N)	nr	This study	no	88	nr	nr	-5,5	5,4	-4,9
187 164	6 870 716	194	Roscoff/Ile_de_Batz	Roscoff (Est)	nr	This study	no	42	nr	nr	-7,5	-7,3	-6,05
181 501	6 868 593	195	Santez	anse du revenn	nr	This study	yes	46	nr	nr	-6,3	-5,9	-5,6
181 573	6 868 709	196	Santez	anse du revenn	nr	This study	yes	58	nr	nr	-6,3	-6,28	-5,8
181 064	6 868 862	197	Santez	dossen	nr	This study	yes	46	nr	nr	-6,9	-6,5	-5,8
162 593	6 866 235	200	Brignonan	nr	nr	This study	yes	36	nr	nr	-1,72	-1,69	-1,55
162 415	6 866 496	201	Brignonan	nr	nr	This study	yes	45	nr	nr	-2,68	-2,6	-2,4
170 663	6 866 492	202	Plouezec	Mentig	nr	This study	no	47	nr	nr	-4,7	-4,5	-4,1
127 551	6 853 212	208	Landunvez	Kerriou	nr	This study	yes	90	nr	nr	-2,75	-2,7	-2,36
127 019	6 852 756	209	Landunvez	Kerriou	nr	This study	yes	95	nr	nr	-7,25	-7,15	-6,6
127 976	6 854 195	210	Landunvez	Kergalen	nr	This study	yes	88	nr	nr	-7,1	-7,05	-7
131 928	6 856 798	212	Porstall	Kerguegan	nr	This study	no	82	nr	nr	-4,5	-4,3	-3,7
137 829	6 858 316	215	Saint_Pabu	nr	nr	This study	yes	105	nr	nr	-6,5	-6,4	-6,02
137 522	6 859 127	216	Saint_Pabu	nr	nr	This study	yes	58	nr	nr	-7,35	-7,15	-7
142 435	6 859 708	217	lanekda	alber wrac'h	nr	This study	yes	70	nr	nr	-1,34	-1,3	-1,1
139 811	6 861 627	218	lanekda	Penn enez	nr	This study	yes	125	nr	nr	-3,5	-3,45	-2,8
140 030	6 861 276	219	lanekda	Penn enez	nr	This study	yes	115	nr	nr	-2,36	-2,3	-2
139 008	6 860 790	220	lanekda	Penn enez	nr	This study	yes	120	nr	nr	-3,65	-3,6	-3,1
142 363	6 863 003	222	Plouguerneau	Lilla	nr	This study	yes	120	nr	nr	-2,9	-2,8	-2,15
142 385	6 862 699	223	Plouguerneau	Lilla	nr	This study	yes	92	nr	nr	-2,85	-2,8	-2,2
142 345	6 862 593	224	Plouguerneau	Lilla	nr	This study	yes	89	nr	nr	-2,9	-2,85	-2,45

Coord. Lambert 93	X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base: (m NGF)		Elevation of the top (m NGF)
												min.	max.	
142 315	6 862 441	225	Plouguerneau	Lilia	nr	This study	yes	135	nr	nr	nr	-2,86	-2,86	-2
142 043	6 862 460	226	Plouguerneau	Lilia	nr	This study	yes	60	nr	nr	nr	-2,55	-2,45	-2,25
141 576	6 863 158	227	Plouguerneau	Lilia	nr	This study	yes	145	nr	nr	nr	-5,3	-5,1	-4,4
152 658	6 864 520	228	Kerlouan	Neiz Vran	nr	This study	yes	75	nr	nr	nr	-6,5	-6,4	-6,1
152 605	6 864 499	229	Kerlouan	Neiz Vran	nr	This study	yes	86	nr	nr	nr	-6,8	-6,7	-6,4
157 545	6 865 995	230	kerlouan	Meneham	nr	This study	yes	56	nr	nr	nr	0,25	0,8	1,25
164 381	6 865 440	231	Goulben	Lagad an oad	nr	This study	yes	75	nr	nr	nr	-2,9	-2,8	-2,4
169 456	6 865 516	232	Goulben	Pozeh ar streat	nr	This study	yes	48	nr	nr	nr	-5,65	-5,55	-5,1
187 797	6 864 660	233	Saint-Pol-de-Leon	Pempoul sud	nr	This study	yes	62	nr	nr	nr	-0,48	-0,26	0,3
187 562	6 864 289	234	Saint_Pol_de_Leon	Pempoul Sud	nr	This study	yes	10	nr	nr	nr	0,27	0,29	0,56
136 893	6 859 652	236	Saint-Pabu	nr	nr	This study	no	90	nr	nr	nr	-5	-4,8	-3
132 107	6 856 879	237	Portsal	nr	nr	This study	no	72	nr	nr	nr	-3,55	-3,35	-2,8
187 811	6 870 548	238	Ile_de_Batz	nr	nr	This study	no	68	nr	nr	nr	-13,9	-13,3	-11,5
187 649	6 870 609	239	Ile_de_Batz	nr	nr	This study	no	94	nr	nr	nr	-11,2	-11	-8,7
187 533	6 870 677	240	Ile_de_Batz	nr	nr	This study	no	40	nr	nr	nr	-8,85	-8,8	-7,65
185 796	6 872 867	241	Ile_de_Batz	nr	nr	This study	no	127	nr	nr	nr	-1,88	-1,82	-1,5
183 544	6 871 907	242	Ile_de_Batz	kerlandu	nr	This study	no	56	nr	nr	nr	-7,75	-7,6	-7,2
124 136	6 835 914	243	Le_conquer	kermorvan	nr	This study	no	49	nr	nr	nr	-7,7	-7,55	-7,4
110 994	6 842 410	244	Belance	Ar Vaz Wenn	AL	This study	no	45	nr	nr	nr	nr	nr	nr
110 963	6 839 820	245	Molene	Ar Roh zu	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	85	4	0,4	nr	nr	nr	nr
111 048	6 839 940	246	Molene	An Toull Braz 2	AC	Daire & Langouet (2010)	yes	120	5	0,3	nr	nr	nr	nr
111 259	6 841 000	247	Molene	Porz Karamoum	AC	This study	no	118	4	0,3	nr	nr	nr	nr
112 501	6 839 970	248	Molene	Kal ar Charlo	CC	This study	no	105	7	0,7	nr	nr	nr	nr

Coord. Lambert 93 X	Y	ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)		Elevation of the top (m NGF)
											min.	mean max.	
113 434	6 839 900	249	Molene	Ar vaz Treuz 1	AC	This study	no	190	2	0,5	nr	-7,7	nr
113 481	6 839 770	250	Molene	Ar vaz Treuz 2	AC	This study	no	157	2,5	1	nr	-7,9	nr
113 400	6 839 960	251	Molene	Ar vaz Treuz 3	AS	This study	no	75	2	0,25	nr	-7,6	nr
113 297	6 839 790	252	Molene	Ar vaz Treuz 4	AL	This study	no	100	4	0,3	nr	-6,8	nr
112 427	6 840 950	253	Molene	Bag ar Gored	AL	Gandois et al. (2013)	yes	65	7	0,2	nr	-3,7	nr
112 511	6 841 200	254	Molene	Gored ar Uspenn	AL	Gandois et al. (2013)	yes	90	5	0	nr	-4,4	nr
112 965	6 840 570	255	Molene	Ar Beanglegd 1	DC	This study	no	106	6	0,3	nr	-7,1	nr
113 005	6 840 500	256	Molene	Ar Beanglegd 2	AC	This study	no	102	6	0,25	nr	-7,1	nr
112 962	6 840 410	257	Molene	Ar Beanglegd 3	AL	This study	no	49	6	0,45	nr	-6,8	nr
112 942	6 840 990	258	Molene	Gored ar Porz down	DS	This study	no	108	8	0,7	nr	-6,2	nr
112 474	6 841 600	259	Molene	Gored ar Bazou riel	AC	This study	no	55	5	0,45	nr	-9,0	nr
113 688	6 838 880	260	ile_uyes_chretien/Trielen	Gored ar Men Vriant 1	DC	This study	no	110	5,5	0,6	nr	-6,4	nr
113 562	6 838 710	261	ile_uyes_chretien/Trielen	Gored ar Men Vriant 2	CC	This study	no	190	4	0,25	nr	-6,0	nr
114 164	6 838 420	262	Kemenez	Klozenn Malaga	BC	Gandois et al. (2013)	no	548	3	0,6	nr	-7,6	nr
114 695	6 838 600	263	Kemenez	Klozenn Malaga Est	AL	This study	no	140	6	0,8	nr	-7,4	nr
115 219	6 838 090	264	Kemenez	Gored ar Cuisnier	CC	Pailler et al. (2009)	no	100	2	1	nr	-4,0	nr
115 678	6 838 450	265	Ledenez_Vihan_de_Kemenez	Gored ar Chlo 1	C	Gandois et al. (2011)	no	50	1	0,4	nr	-3,9	nr
115 576	6 838 400	266	Ledenez_Vihan_de_Kemenez	Gored ar Chlo 2	C	Gandois et al. (2011)	no	75	1	0,4	nr	-4,0	nr
116 242	6 838 560	267	Ledenez_Vihan_de_Kemenez	Gored ar Gazet	AL	Pailler et al. (2009)	yes	60	1	0,5	nr	-4,2	nr
116 482	6 838 880	268	Ledenez_Vihan_de_Kemenez	Gored ar Mildir 1	DS	Gandois et al. (2011)	yes	125	1,5	1	nr	-6,1	nr
116 508	6 838 990	269	Ledenez_Vihan_de_Kemenez	Gored ar Mildir 2	AL	Gandois et al. (2011)	yes	260	1,5	1	nr	-6,8	nr
117 308	6 837 640	270	Litiri	Gored ar Litiri Vraz	AC	Daine & Langouet (2010)	yes	325	5	0	nr	-5,6	nr
116 877	6 838 020	271	Litiri	Gored ar Litiri Vihan	AL	Gandois et al. (2013)	no	70	1,5	0,7	nr	-4,4	nr

Coord. Lambert 93		ID	Locality	Toponym	Type	source	Observed from aerial photos	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Elevation of the base (m NGF)		Elevation of the top (m NGF)
X	Y										min.	max.	
117 578	6 837 190	272	Morgol	Bos ar Muzellog	BL	This study	no	230	7	0,9	nr	-5,0	nr
117 830	6 837 500	273	Morgol	Bos Sant Jozef 1	CS	This study	no	130	4	0,15	nr	-7,9	nr
117 960	6 837 580	274	Morgol	Bos Sant Jozef 2	CS	This study	no	160	8	0,3	nr	-8,5	nr
117 236	6 836 730	275	Morgol	Bos Bi Floch	AL	This study	no	60	2,7	0,5	nr	-4,8	nr
118 996	6 836 590	276	Beulveniou	Beulveniou 1	DC	Gandois et al. (2013)	no	140	2,5	0,9	nr	-7,9	nr
118 246	6 837 230	277	Beulveniou	Beulveniou 2	CL	Gandois et al. (2013)	no	230	4	0,8	nr	-8,4	nr
118 787	6 834 710	278	Beniguet	Porz ar Skao	AL	Gandois et al. (2015)	no	30	4	0,1	nr	-0,7	nr
119 403	6 835 380	279	Beniguet	Beg Toull ar Veoc'h	AL	This study	no	75	6	0,45	nr	-5,0	nr
117 974	6 834 372	280	nr	Molène S/E	nr	This study	no	nr	nr	nr	-6,9	-6,8	-6,7
119 047	6 835 031	281	nr	Molène S/E	nr	This study	no	nr	nr	nr	-6,4	-6,3	-6,2
119 243	6 835 179	282	nr	Molène S/E	nr	This study	no	nr	nr	nr	-6,5	-6,4	-6,3
113 442	6 838 386	283	nr	Molène N/W	nr	This study	no	nr	nr	nr	-4,8	-4,75	-4,7

