

## **APPORT DE LA SISMIQUE TRES HAUTE RESOLUTION EN DOMAINE PORTUAIRE : IDENTIFICATION DES STRUCTURES GEOLOGIQUES ET TECTONIQUES SOUS- MARINES.**

*Very high resolution seismic : a tool for Identification of geological  
and tectonic sub marine structures in harbours.*

Agnès BALTZER \*, Alexis STEPANIAN\*\*, Roland BOUTIN\*\*\*

\* *Maître de conférences, UMR CNRS 6143 M2C "Morphodynamique  
Continentale et Côtière", Université de Caen, 14000  
CAEN, France agnès.baltzer@unicaen.fr*

\*\* *Post-doctorant, UMR CNRS 8586 PRODIG, Laboratoire de  
Géomorphologie et Environnement littoral. 15, boulevard de la mer, 35800  
DINARD, France. alexis.stepanian@univ-nantes.fr*

\*\*\* *Direction des travaux maritimes de la région atlantique- Le Château – BP16  
- 29240 BREST ARMEES. roland.boutin@wanadoo.fr*

### Résumé

Dans le cadre de la modernisation de certaines installations portuaires du port militaire de Brest, une reconnaissance géologique des fonds a été réalisée à l'aide du Boomer Seistec. L'étude réalisée devait permettre entre autres, de préciser l'origine de deux escarpements : failles tectoniques ou simples ressauts topographiques ? Afin de répondre à ces questions, vingt profils sismiques « très haute résolution » ont été acquis en juillet 2004. De part ses caractéristiques acoustiques et ses dimensions, le boomer Seistec s'avère un outil particulièrement adapté à ce type de prospection. Il est caractérisé par une fréquence d'émission variant de 1 à 10 kHz, autorisant la pénétration des ondes acoustiques dans les sédiments superficiels jusqu'à une profondeur maximum de 80 mètres en fonction de la nature des sédiments. Cette « haute » fréquence permet également d'obtenir une résolution verticale de l'ordre de 25 centimètres. A l'échelle de la rade, les données ont ainsi permis de déterminer l'épaisseur de la couche sédimentaire reposant sur le toit rocheux. Au niveau des escarpements, les profils Seistec montrent que les réflecteurs sous-jacents sont continus, confirmant que les différentes couches sédimentaires n'ont pas été remaniés par des événements postérieurs à leur dépôt. Les escarpements ne résultent donc pas de jeu ou rejeu récent de failles mais semblent correspondre à une morphologie de terrasses marines.

## Abstract

In the frame of a local modernisation of the military harbour planning in Brest, a geophysical survey has been conducted to determine the thickness of the sediment cover and the depth of bed rock. A focus point was the existence of 2 escarpments, interpreted as faults in previous documents. This was the main target of this survey : determine whether these escarpments have a tectonic origin, or whereas they have a sedimentological explanation.

Thus, 20 profiles were acquired with the Boomer Seistec in the Brest Harbour (July 04). Due to its specificities, small dimensions and acoustic characteristics (1 to 10 kHz), the boomer Seistec penetration could reach a 80 meters depth of penetration with a vertical resolution of 25 cm, depending on the sediment type.

So, the profiles allowed us to observe the bed rock and to determine that the escarpments are from a sedimentological origin and not from a tectonic origin. This assumption is based on the sub bottom reflectors which are continuous and not affected by the potential « faults ».

**Mots Clefs:** port de Brest, Sismique THR, aménagement, tectonique, sédimentologie

**Key words:** Brest Harbor, VHR Seismic, harbor planning, tectonic, sedimentology.

## 1. Introduction

Dans le cadre de la modernisation du port militaire de Brest, une reconnaissance systématique et fine du fond sous marin a été entreprise. La prospection sismique semblait une méthode particulièrement appropriée pour effectuer une telle étude et permettre de répondre, entre autre aux deux questions suivantes. Des décrochements verticaux, décrits lors de reconnaissances précédentes, correspondent-ils à des flancs de vallée ou à des failles ?

Est il possible de connaître l'épaisseur sédimentaire présente au dessus du « bed rock » ?

Pour répondre à ces questions, nous avons utilisé un outil sismique très haute résolution, le Boomer Seistec, petit catamaran tracté en surface derrière un bateau.

## 2. Méthode (prospection sismique) et outil (Boomer Seistec)

Vingt profils sismiques ont été réalisés dans la rade-abri du port militaire de Brest : le plan de position est donné sur la figure 1.

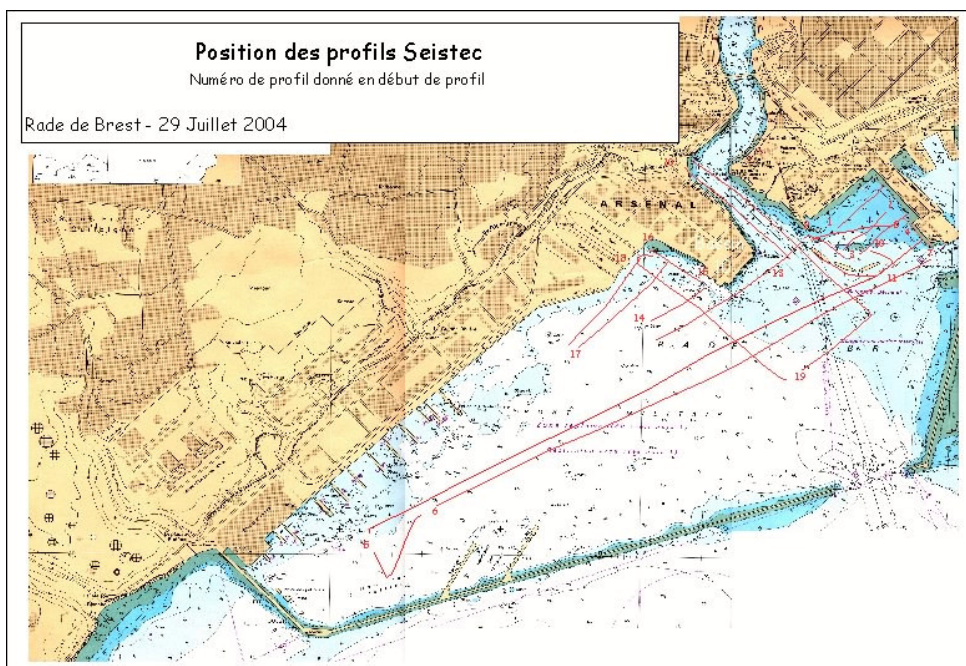


Figure 1

Figure 1 : Localisation des profils Seistec réalisés lors de la mission BOUBA

Le principe de la prospection sismique des domaines sous-marins repose sur l'étude des échos d'une onde acoustique émise artificiellement et réfléchi par des interfaces: le fond de la mer et les limites entre les différentes couches qui constituent les sédiments déposés sous l'eau. Plus les ondes émises sont de forte puissance et de basses fréquences (quelques 10 Hz à quelques kHz), plus elles pourront pénétrer profondément dans les sédiments et restituer ainsi la géométrie interne des différentes couches qui les composent. C'est le principe de la sismique. Au contraire de la sismique dite "conventionnelle" (recherche pétrolière par exemple) caractérisée par une forte pénétration (quelques km) mais une basse résolution (10 m), la sismique utilisée pour étudier les domaines littoraux, où l'épaisseur des sédiments n'excède pas quelques dizaines de mètres en général est

dite "très haute résolution". Elle répond à une double nécessité: l'étude très fine des sédiments ainsi qu'une mise en œuvre de l'outil dans des environnements peu profonds (donc à partir de petites embarcations). L'outil sismique utilisé pour cette étude est un boomer de marque Seistec-IKB (Canada). Sa source d'émission est électromécanique : une plaque (un boomer) se déforme sous l'effet d'une décharge électrique de haute tension de 4000 V. Les échos de l'onde émise sont réceptionnés par des hydrophones placés près de la plaque. Sa fréquence d'émission couvre une bande de 1 à 10 kHz permettant une profondeur de pénétration de 20 m dans le sable et d'environ 80 m dans les argiles, et une résolution verticale de l'ordre de 25 cm.

### 3. Résultats

Les dix premiers profils, réalisés dans le petit port, présentent des artefacts dus à la présence de gaz qui masque et empêche la pénétration du signal. Nous ne les présenterons donc pas ici. Les profils suivants sont constitués d'une série de profils courts qui permettent de reconnaître les différentes structures géologiques telles que décrochements ou failles. Puis deux profils longs, le 4 et le 6, traversent longitudinalement toute la rade abri afin de mieux comprendre le contexte général (figure 2 ). L'ensemble de ces profils montrent une succession de 3 faciès acoustiques (figure 2) que nous décrirons en commençant par le faciès le plus profond (donc le plus ancien), pour remonter vers la surface (le plus jeune).

Un premier faciès acoustique, dit « sourd », correspond vraisemblablement au socle rocheux (schistes). Sa limite supérieure est matérialisée par un trait gris foncé, situé vers 22 m sous la surface des sédiments (figure 2). Cette limite, qui semble très altérée par endroits (faciès plus sombre), est recouverte par une première phase de dépôt (un faciès plus lité). Elle est ensuite interrompue par une phase d'érosion (émersion ou d'arrêt de sédimentation), marquée par un réflecteur quasi horizontal (souligné en noir) (figure 2).

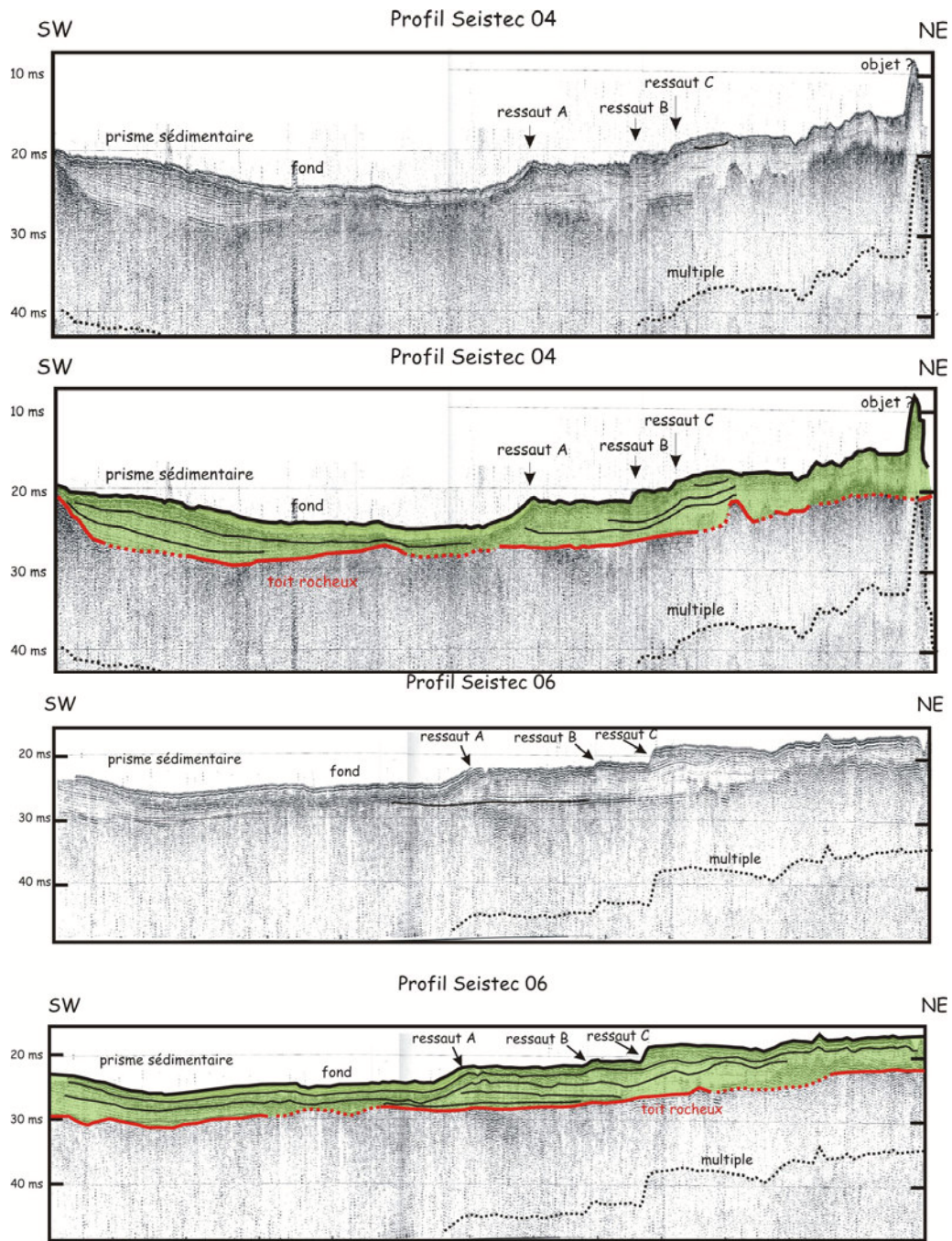


Figure 2 : Profils Seistec 4 et 5 « bruts » et « interprétés ».

Enfin une phase de construction se met en place avec une phase de remplissage sédimentaire donc comblement (en considérant que le port n'existe pas) de la Baie du Moulin blanc.

L'établissement de « terrasses » parfaitement visibles sur les profils 4 et 6 (figure 2) pourrait être relié au « décaissage » de ce comblement naturel par l'action érosive de la Penfeld lorsqu'elle n'était pas contrainte. Sur la figure 2 on peut voir les limites du « paléo-lit » de la Penfeld. On distingue ainsi 3 ressauts, A, B, et C, délimitant ces « replats ». Nous appelons sans distinction « terrasses » ces formes plates sans pouvoir les attribuer ni à des formes différentielles d'érosion ni à la construction de terrasses alluviales. Ces ressauts ou escarpements ne sont pas engendrés par des failles, car l'on peut suivre les réflecteurs (figure 2) sous-jacents en continu, non décalés.

#### 4. Discussion

Deux origines possibles peuvent expliquer l'existence de ces terrasses, soit fluviale, soit érosive :

Si l'on considère une origine fluviale, l'escarpement C, le moins profond (18 ms soit 13.5 m de profondeur d'eau), d'une hauteur de 1.5 m environ pourrait alors résulter d'une première phase de creusement, dû à la rivière Penfeld, dans les sédiments qui tendaient à combler jusque là cette baie. L'escarpement B délimite une terrasse intermédiaire, phase plus courte de surcreusement ; enfin la terrasse A, la plus profonde (25 ms = 18 m de profondeur d'eau) semble correspondre au rebord du dernier paléo-lit de la Penfeld. Le prisme sédimentaire pourrait alors correspondre à un ancien méandre : dépôt de sédiments dans le méandre et érosion sur l'autre rive (escarpement A). Le lit récent de la rivière Penfeld traverse les profils 13 et 18 (figure 1) mais il n'est pas possible de la distinguer clairement sur les autres. Si l'on considère une origine érosive, ces ressauts topographiques correspondent à différentes étapes d'érosion consécutive aux fortes conditions hydrodynamiques. Ces « terrasses » correspondraient à différentes phases érosives liées à l'action du courant entrant par la passe sud. Les sédiments apportés par la Penfeld sont confinés dans la partie Est par les conditions hydrodynamiques.

Une phase de remplissage drapée une surface érosive chenalissante. Sur cette phase de remplissage, on observe une unité plus actuelle, plus mobile et plus dynamique. Cette unité supérieure, qui continue à se construire va être modelée par l'action érosive des courants. Cette dernière hypothèse va être confortée par l'étude de différentes cartes marines de la zone, réalisées avant la construction du port de Brest. En effet, ces cartes montrent que la rivière de la Penfeld n'a pu divaguer, étant contrainte naturellement par la présence de falaises de schistes sur sa rive droite. Il apparaît également que l'action anthropique (dragage) n'est pas négligeable non plus entre 1939.

## 5. Conclusions

Ainsi, l'observation des cartes anciennes a permis d'éliminer l'hypothèse de l'origine fluviale, en montrant l'existence de falaises naturelles de schiste, contraignant le cours de la Penfeld à suivre un cours relativement similaire à celui observé aujourd'hui. C'est donc la seconde hypothèse qui sera privilégiée .

Il s'agirait donc de terrasses d'origine érosives construites par la combinaison des dépôts de sédiments apportés par la Penfeld et l'action hydrodynamique particulièrement énergétique dans cette zone. L'action anthropique n'étant probablement pas négligeable. Ainsi ces escarpements correspondent à des limites morphodynamiques, et ne peuvent en aucun cas correspondre à des failles actives actuelles.

Il serait particulièrement intéressant de compléter la prospection géophysique afin de confirmer nos hypothèses et de comprendre complètement les processus de comblement/érosion de cette rade, qui reste soumise à des conditions hydrodynamiques particulièrement énergiques.

## 6. Références

Anderson, R.S , Densmore, A.L., Ellist, M.A., 1999. The generation and degradation of marine terraces. *Basin Research*, 11 : 7-19.

Auffret, J.-P. and Alduc, D., 1982. The eastern English Channel 1/500 000: Paleovalleys and Sand Banks. BRGM-CNEXO, Orléans.

Baltzer A., Tessier B., Nouzé H., Bates R., Moore C., Menier D , (2005). Seistec Seismic profiles : a tool to differentiate gas signatures. Special Publication of Marine Geophysical Researches (MARI) : *Subsurface imaging and sediment characterization in shallow water environment*. 26 : 235-245

Simpkin P and Davis M (1993) For Seismic profiling in very shallow water, a novel receiver. *Sea Technology* 34: 5 p.

Tessier, B., Corbau, C., Chamley, H. and Auffret, J.-P., 1997. Internal structure of shoreface banks revealed by high-resolution seismic reflection in a macrotidal environment (Dunkerque area, northern France). *Journal of Coastal Research*, 15: 593-606.