

الكشف الصوتي للتحري عن الآثار المغمورة بالمياه

دراسة حالة: تحريات حملة 2020 في الحمداية، شرشال

Acoustic prospection of underwater cultural heritage Study case: Prospection of 2020 campaign of El Hamdania. Chercell

خلاف رفيق¹، عبو معمر².

¹ مخبر الدراسات التاريخية والاثريّة، المركز الجامعي تيبازة. الجزائر.

rafik.khellaf@gmail.com

² طالب ماستر، المركز الجامعي تيبازة maamar-abbou@outlook.fr

تاريخ الإستلام 2021/07/30 تاريخ القبول 2021/09/01 تاريخ النشر 2021/12/19

الملخص:

قبل القرن السابق، كان اكتشاف المواقع الاثرية تحت مائية مقترن بالاكتشافات العفوية التي يقوم بها الصيادين في فضاء نشاطهم، فطالما كان البحث عن مكان وجود حطام سفينة في رقعة ما من البحر امرا صعبا جدا، بحيث يقوم الغواصين بالتجول تحت الماء، املين ان يجدوا ادلة لحطام السفينة. وبقي الامر كذلك حتى بداية تطبيق تقنيات التحري الجيوفيزيائية تحت الماء. يمثل التحري الجيولوجي والجيوفيزيائي أحد الوسائل المستعملة لجمع البيانات حول حطام السفن الغارقة، فتمكننا هذه الوسائل التي تستعمل عموما في التحريات السيسمولوجية، في رسم خرائط سطح قاع البحار، وتعيين تواجد تشوهات تحت الماء، وبذلك تستطيع أن تتبين لنا احتمال وجود حطام سفينة راسية في قاع البحر، وتربح لنا وقت كبير في تعيين تواجد حطام سفن غارقة. سنحاول من خلال هذه الورقة، عرض التقنيات الصوتية، التقنيات الأكثر شيوعا، التي عرفت تطورا سريعا في السنوات الاخيرة، مستندين بدراسة ميدانية قمنا بها في مياه ولاية تيبازة.

الكلمات المفتاحية: تحري أثري، اثار غارقة، مغمورة بالمياه، كشف صوتي، سونار.

Abstract:

Before the previous century, the discovery of underwater archaeological sites was associated with spontaneous discoveries made by fishermen in the space of their activity, as long as the search for the location of a shipwreck in a part of the sea was very difficult, so that divers roam under the water, hoping to find Evidence of a shipwreck. And it remained so until the beginning of the application of geophysical investigation techniques under water. Geological and geophysical investigation is one of the methods used to collect data about the wrecks of sunken ships. These methods, which are generally used in seismological investigations, enable us to map the surface of the seabed, and to determine the presence of underwater deformations, and thus can show us the possibility of a shipwreck anchored at the bottom of the sea. And it saves a lot of time in identifying the presence of sunken shipwrecks. We will try, through this paper, to present the acoustic techniques, the most common techniques, which have known a rapid development in recent years, based on a field study we carried out in the waters of the state of Tipasa.

Keywords: archaeological investigation, sunken artifacts, submerged in water, sound detection, sonar

مقدمة:

إن تقنيات التحري الأثري التحت بحري باللجوء إلى الغوص في الموقع والملاحظة بالعين المجردة أمر صعب، حيث تستعمل هذه الأخيرة في المواقع المحدودة المساحة وفي عمق قليل على الأكثر 40 م، وفي أغلب الأحيان بين 10 و 20 م⁽¹⁾ لذلك وفي حالة انجاز تحريات على مناطق واسعة لا نملك فيها الإحصائيات الدقيقة، أو في حالة وجود حطام سفينة في أعماق كبيرة، يجب اللجوء إلى تقنيات وتكنولوجيات متطورة مستعملة في التحريات الجيولوجية لتحديد طوبوغرافية أعماق البحار ورسم الخرائط البحرية. أغلب هذه التقنيات جيوفيزيائية، سواء كانت سمعية، كهربائية أو مغناطسية. اعتمدنا في دراستنا على الكشف الصوتي، أو تقنية التصوير باستعمال الموجات الصوتية. تعتمد هاته التقنيّة على أدوات وطرق متعدّدة، مما يقسمها إلى عدّة أنواع.

1. الكشف الصوتي:

يعتبر الكشف الصوتي، والمسمى "سونار" الأكثر استعمالا في التحريات الأثرية التحت البحرية، حيث تسمح بالتحري عن المواقع المتواجدة في أكثر من 50 م من العمق حتى 300 م⁽²⁾ مع إعطاء صور واضحة للمواقع المغمورة. هناك عدة آلات تستعمل في تقنية التصوير باستعمال الموجات الصوتية، الأكثر شيوعا في التحريات الأثرية هي سونار المسح الجانبي والسونار المتعدد الحزم.⁽³⁾ ومخترق الرواسب بالإضافة إلى السونار الباتيميترى أو سونار الأعماق (أنظر الشكل 18، الصورة 11)⁽⁴⁾.

1.1. السونار الجانبي:

يوفر لنا السونار الجانبي صور صوتية لأعماق البحار، يتم جر آلة السونار بالقرب من العمق، هذه الأخيرة تقوم ببث نبضات صوتية عالية التردد نحو عمق البحر في شكل شعاع ضيق جدا. بعد الوصول إلى العمق واصطدامه بمختلف العوائق التي تمثل شكل قاع البحر واختلاف تركيبته، تعود النبضات نحو السطح وتشكل في جهاز استقبال تسمح لنا هذه الارتدادات برسم صورة واضحة، بمثل الصورة الفوتوغرافية لشكل قاع البحر⁽⁵⁾ تستعمل

¹ Pomey (P.), Tchernia (A.), « ARCHÉOLOGIE (Méthodes et techniques) - L'archéologie sous-marine », in *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 16 août 2019. URL :<http://www.universalis.fr/encyclopedie/archeologie-sous-marine/>

² Nautical Archaeology Society, *The NAS Guid to principales and practice*, Ed. Bowens, Portsmouth, 2009, P. 104 .

³ Drap(P), Caiti (A.), « Relevés optiques et acoustiques pour l'archéologie sous-marine », in *Méditerranée* N°117, Presses Universitaires de Provence, 2011, P. 119.

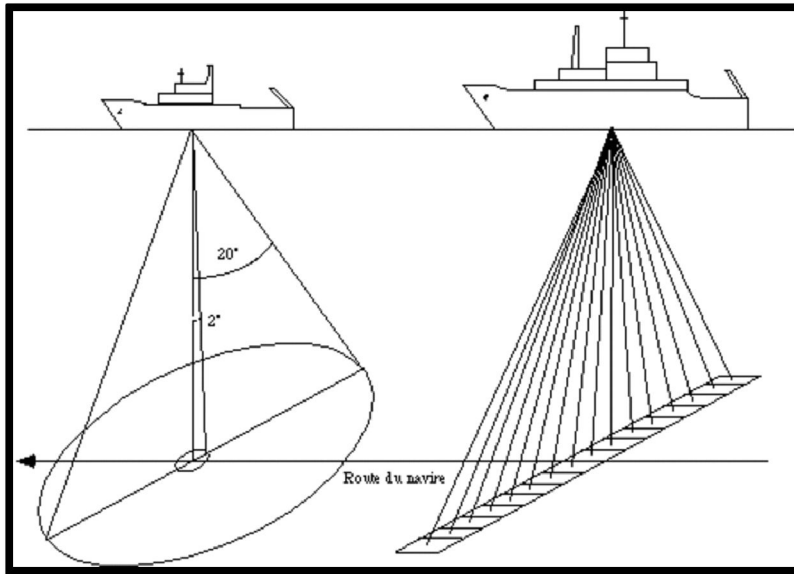
⁴ Lagabrielle (R.), « Genie civil , Genie Cotier, apport de la géophysique », in *acte du colloque Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil*, Nantes, 1992, P. 86.

⁵ Lutron (X.), *Acoustique sous-marine, présentation et applications*, Ed. ifremer, 1998, P. 76.

هذه التقنية في التحريات الواسعة النطاق للبحث عن مواقع جديدة غير معروفة وغير معينة حيث تسمح لنا ملاحظة التشوهات الغير عادية في الصور الصوتية، تمثل هذه التشوهات احتمال وجود موقع أثري⁽⁶⁾

2.1. السونار المتعدد الحزم:

يستعمل هذا النوع من السونار في القياسات الدقيقة لطوبوغرافية قاع البحار، يقوم ببث النبذات الصوتية نحو العمق ولكن عكس المثال السابق في شكل عدة أشعة ضيقة جدا تكون عرض على محور السفينة التي تحمل جهاز السونار، كل شعاع يقوم بقياس العمق بدقة مليمترية⁽⁷⁾. تتخصص هذه التقنية في قياس ارتفاعات تشوهات قاع البحر هذا ما يسمح لنا بإعطاء شكل واضح وصورة جانبية واضحة، تكمن دقة هذه النقطة في الارتفاعات حيث توضح لنا التشوهات بصورة ثلاثية الأبعاد جد واضحة وأقل دقة في الصورة السطحية عكس السونار الجانبي لذا يستعمل عموما لإنجاز أول الخرائط حول المواقع الأثرية وحطام السفن الغارقة المعروفة والمعيّنة من قبل. (أنظر الشكل 01)، (أنظر الصورة 01 و02)⁽⁸⁾



شكل 01: يبين لنا كيفية عمل نبضات السونار متعدد الحزم عن Ifremer

⁶ Drap(P), Caiti (A.), Op.Cit, P.120.

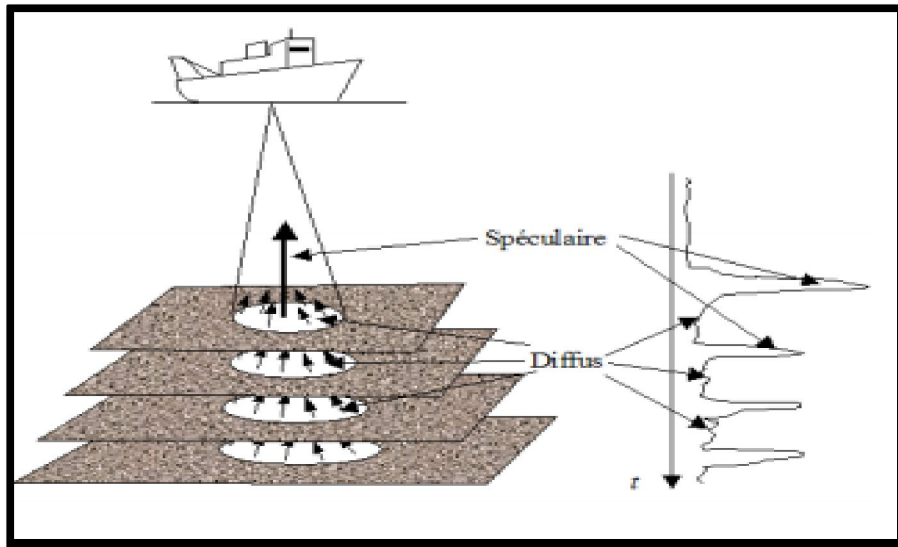
⁷ Lutron (X.), Ibid, P. 78.

⁸ Drap (P.), Op.Cit, P.120.

3.1. مخترق الرواسب:

يسمح هذا الجهاز باختراق طبقات ترسبات قاع البحر ورسم هيكله هذه الأخيرة بتوضيح درجة الصلابة والتماسك. يعتمد هذا الجهاز على بث نبضات صوتية ذو تردد سريع على شكل شعاع واحد قصير الموجات يؤدي إلى اختراق طبقات الترسبات إذا كانت هشة ، أي طينية (أنظر الشكل 02) ⁹.

هذه التقنية مكتملة للتقنيات المذكورتان سابقا حيث توضح لنا هاتان الأخيرتان التشوهات المتواجدة فوق سطح قاع البحر و لكن إذا كانت المواقع الأثرية مدفونة كاملا تحت رواسب طينية مثلا يصعب لنا إيجادها بإستعمال السونار الجانبي والمتعدد الحزم فيسمح لنا مخترق الرواسب بتعيين وجود مواقع أثرية مدفونة تحت قاع البحر ⁽¹⁰⁾.



شكل 02: يبين لنا كيفية عمل نبضات السونار مخترق الرواسب عن Ifremer

4.1. السونار الباتيمتري

هو جهاز يستعمل نبضات صوتية مترددة في شكل شعاع واحد عمودي يسمح لنا بقياس عمق البحر. يستعمل عموما في كل السفن لضمان أمن الإبحار وتقادي الوقوع في المياه الضحلة ⁽¹¹⁾ يستعمل كذلك بالتوازي مع أجهزة السونار المذكورة سابقا.

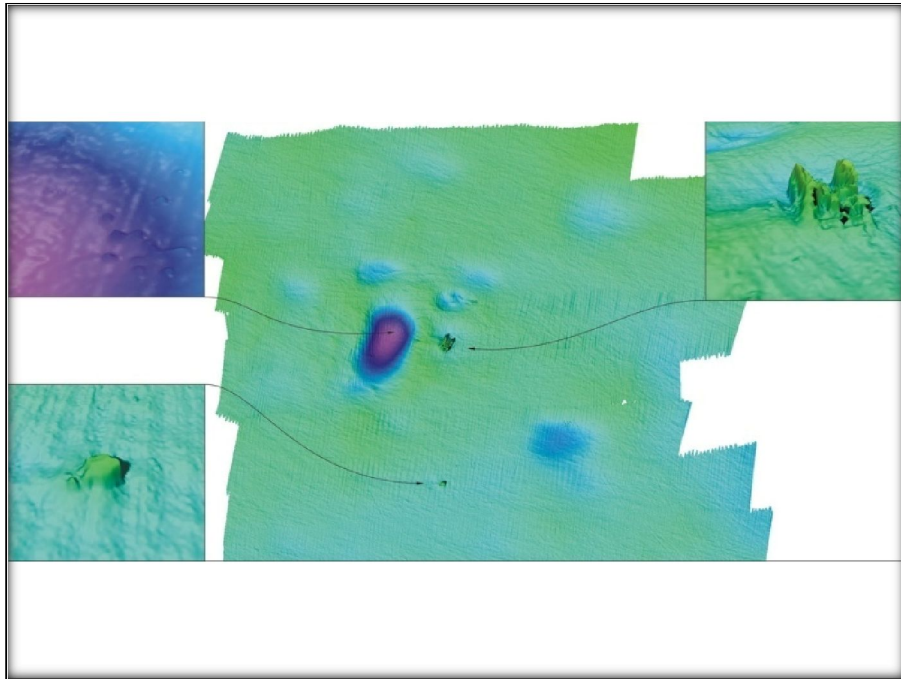
⁹ Lagabrielle (R.), Op.Cit, P. 89.

¹⁰ Nautical Archaeology Society, Op.Cit, P.108.

¹¹ Lutron (X.), Op.Cit, P.78.



الصورة 01: مختلف الأجهزة الصوتية المستعملة في التحري تحت مائي عن Nautical Archaeology Society, 2009



الصورة 02: مثال عن نتائج التحري باستخدام السونار المتعدد الحزم عن Dizone (E.) et autres, 2013

2. العمليات الميدانية المنجزة:

لقد تم استكشاف المنطقة بواسطة زورق مطاطي من نوع ZODIAC (انظر الصورة 05)، هو قارب مستقر وخفيف وسهل للمناورة وهذا ما سهل علينا عملية استكشاف الموقع.



الصورة: 05 صورة لزورق ZODIAC. عن (M.) Abbou

لقد استعملنا جهاز من نوع EchoMAP CHIRP 95sv (انظر الصورة 07 و 08)، وهو مصمم من طرف شركة GARMIN، يعمل الجهاز بالموجات الصوتية بمسبار (sonde) من نوعية شريب (CHIRP) التي ترسل إشارة مشكلة عبر نطاق تردد واسع، ثم يعالج جهاز الاستقبال مستوى الإشارة وتردد الإشارة المستقبلية يعمل على نطاق تردد ضيق، التي تتيح لنا دقة أفضل وصورة أكثر تفصيلا بفضل تقنية سايد فيو وكليير فيو، يوفر لنا الجهاز صورة بجودة عالية وقريبة من التصوير الفوتوغرافي لقاع المنطقة التي قمنا بمسحها¹²، يمكننا أيضا في تحديد عمق قاع البحر ويستطيع توفير لنا بيانات عن العوائق وصلابة القاع... الخ.

¹²Garmin, EchoMAP™ CHIRP 95sv, <https://buy.garmin.com/fr>, consulté le 4/10/2020.



الصورة 07: طريقة العمل بالكاشف الصوتي أثناء عمليات التحري .



صورة 08: جهاز EchoMap Garmin .

1.2. كيفية عمل بجهاز Garmin EchoMAP CHIRP 95sv :

يتم أولاً تحديد المنطقة بواسطة عوامات في كل زاوية من المنطقة المعنية بالدراسة، ثم يقوم غواصون من الفريق بتقسيم المنطقة افتراضياً إلى ممرات داخل المربع المحدد بواسطة الزورق، والجهاز يقوم بتنقلات محددة ذهاباً وإياباً محترماً الإتجاه، وتكون سرعة الزورق بطيئة نوعاً ما وثابتة لكي تعطي للجهاز الوقت الكافي للأخذ كل المعلومات، حول قاع البحر (انظر صورة 09) لكي نتحصل على صور ذات نوعية رفيعة، فعند إنتهائنا من الذهاب والإياب مثلاً من الشمال إلى الجنوب لكي نتحصل في النهاية على شبكة من التنقلات، لنستطيع تغطية كل المنطقة مع عدم ضياع أي زاوية من قاع البحر، تكون كل هذه المعطيات متصلة بالأقمار الإصطناعية أي على خرائط إلكترونية بمجرد إدخال هذه المعطيات في جهاز الحاسوب نستطيع أن نقوم بالتنقل افتراضياً داخل الخريطة ثلاثية الأبعاد و التحكم في الخريطة، كل المسح الذي قمنا به يمكننا من الفحص والعمل على المعلومات التي تكون متوفرة لنا أي وقت. (انظر صورة 12).



الصورة 09: شاشة الجهاز EchoMapGarmin.

يتميز هذا الجهاز بعدة خصائص منها: كلير فيو ClearVu وسايد فيو SideVu.

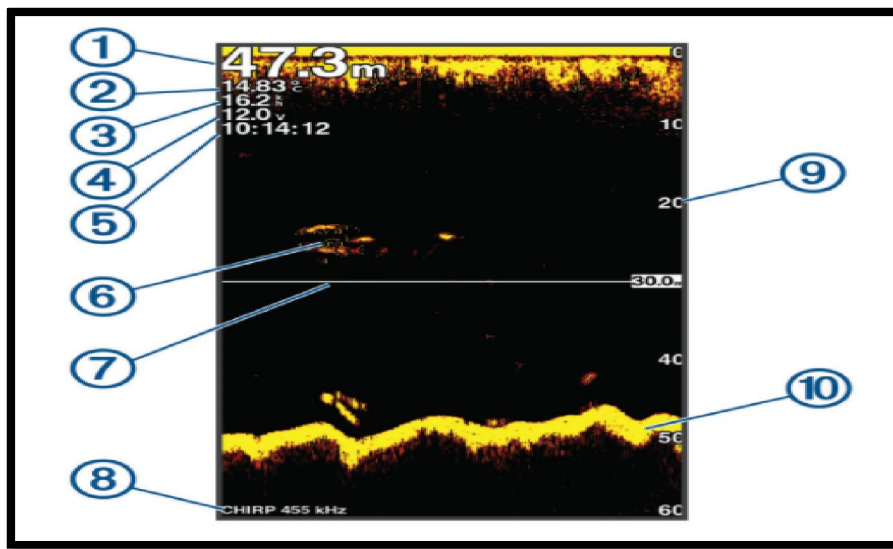
3 تعريف تقنية كلير فيو (ClearVu) :

تستخدم تقنية ClearVu على موجات عالية التردد التي تمكن السونار والبرمجيات من تقديم صور واضحة تماماً على مكتشفات العمق، تكون واضحة يبدو انه تم إلتقاط صورة تحت الماء يمكننا تحديد الإختلافات بين الأسماك، الصخور، الأعشاب و أطراف الأشجار¹³. (انظر صورة 10).

¹³Garmin, Op.Cit.

1.3 تعريف تقنية سايد فيو SideVu :

أول استخدام لهذه التقنية كانت في عام 1993م وكان على نهر ينيسي للتقييم على حالة خطوط الأنابيب المغمورة بالقرب من ميناء دودينكا¹⁴. بفضل هذه التقنية مخصصة للتقيب يمكننا رؤية كل ما يحدث على جانبي القارب، ونتحصل على صورة صوتية مميزة لتشكل قاع البحر¹⁵ وهذا بفضل مجال المسح الواسع الذي يبلغ 180 درجة وهو قادر على تحديد للهياكل أو الأسماك ويصل إلى مسافة 100متر، وهو قادر على تزويد الباحثين بدقة عالية ثلاثية الأبعاد أو أيضا صور يمكنها أن تبين لنا الموقع الأثري فهو الجهاز الأكثر فعالية لكشف عن الآثار المغمورة¹⁶. (انظر صورة11)



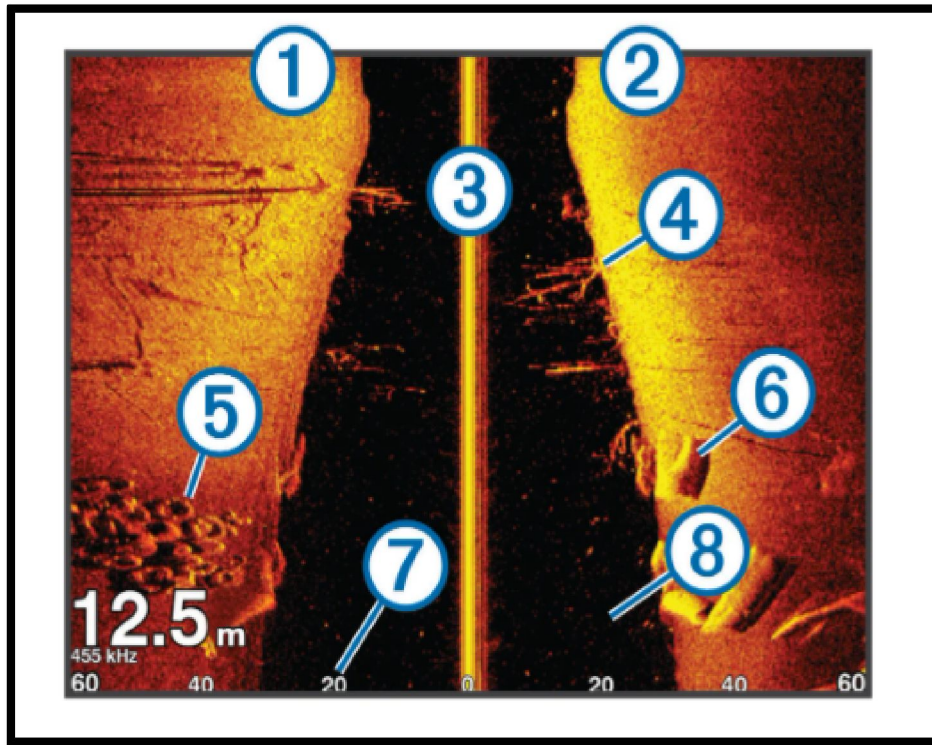
- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1- العمق | 6- شدوذ |
| 2- درجة الحرارة الماء | 7- خط العمق |
| 3- سرعة جي بي أس (GPS) | 8- نوع الجهاز و التردد و نوع التكبير |
| 4- جهد الجهاز | 9- مؤشر العمق |
| 5- الساعة | 10- صدى القاع |

صورة 10: نظرة عن تقنية كليير فيو ClearVU عن Garmin.

¹⁴ Goncharov (A.E) et autres, Prospects for using sonar underwater archeology on the Yenisei: surveying a 19 century shipwreck, 2016, P.3.

¹⁵ Xavier (N.), Miguel (A.), Arqueologia Nautica Mediterrania, Girona, 2009, P.149.

¹⁶ Garmin, Op.Cit .



- 1- الجانب الأيسر من القارب.
- 2- الجانب الأيمن من القارب.
- 3- المسبار (La Sonde).
- 4- أشجار.
- 5- إطارات عجلات.
- 6- صخور.
- 7- المسافة من جوانب القارب.
- 8- رواق بين القارب و القاع.

الصورة 11: نظرة عن تقنية سايد فيو SideVU عن GARMIN.

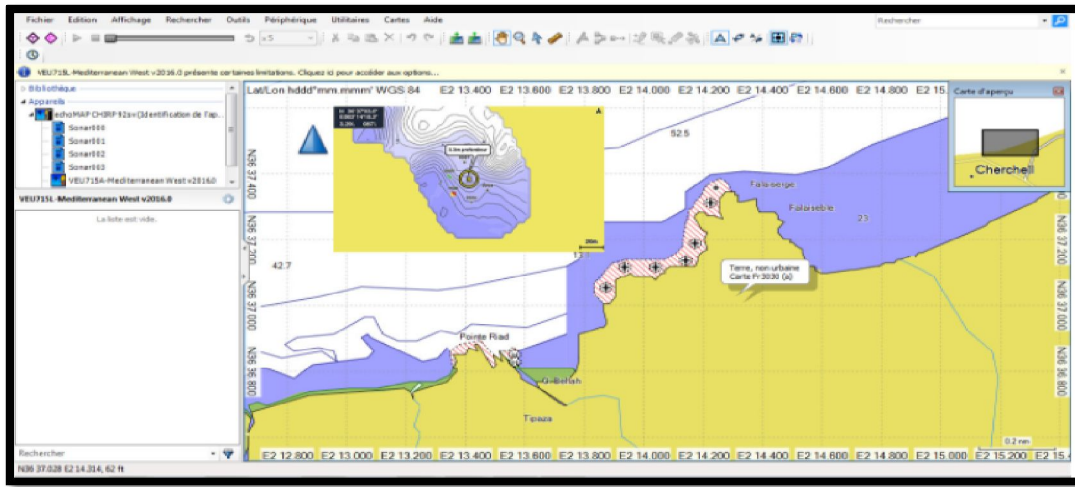
هاتين التقنيتين تعطي لنا صورة مباشرة لتضاريس قاع البحر المستكشف بواسطة الجهاز، ونكمن فعالية التقنيتين في إعطاء صور مفصلة عن ما يوجد تحت الماء (صخور، رمال، طين) على طرفين الزورق، ونستطيع تعديل زاوية الترددات الصوتية على حسب الموقع و العمق وسرعة الزورق وكل هذه التعديلات تكون حسب النتيجة التي نريد التحصل عليها.

2.3 نظام ثلاثي الأبعاد:

فائدة هذا التحري بالترددات الصوتية مع إختيار نظام ثلاثي الأبعاد 3D هو التمكن من تغطية مساحة كبيرة تحت الزورق، مع تمثيل كل المنطقة على شاشة الجهاز، فهو نظام يسمح بمراقبة وتحديد كل هيكل موجود تحت سطح الماء.

3.3 رسم خريطة الأعماق البحر :

يمكننا أيضا بفضل جهاز سونار متعدد الحزم الحصول على خريطة أعماق البحر Carte bathymétrique، مفصلة لكل منطقة مدروسة لفهم نوعية قاع البحر (أنظر الصورة 12) وإحتمالية وجود مخلفات الأثرية جديدة والتي تكون على شكل هضبة من الرمال أو الطين (Tumulus).



الصورة 12: تصحيح الخريطة بعد استعمال السونار عن Khellaf (R.)

4. تطبيق استعمال جهاز سونار متعدد الحزم:

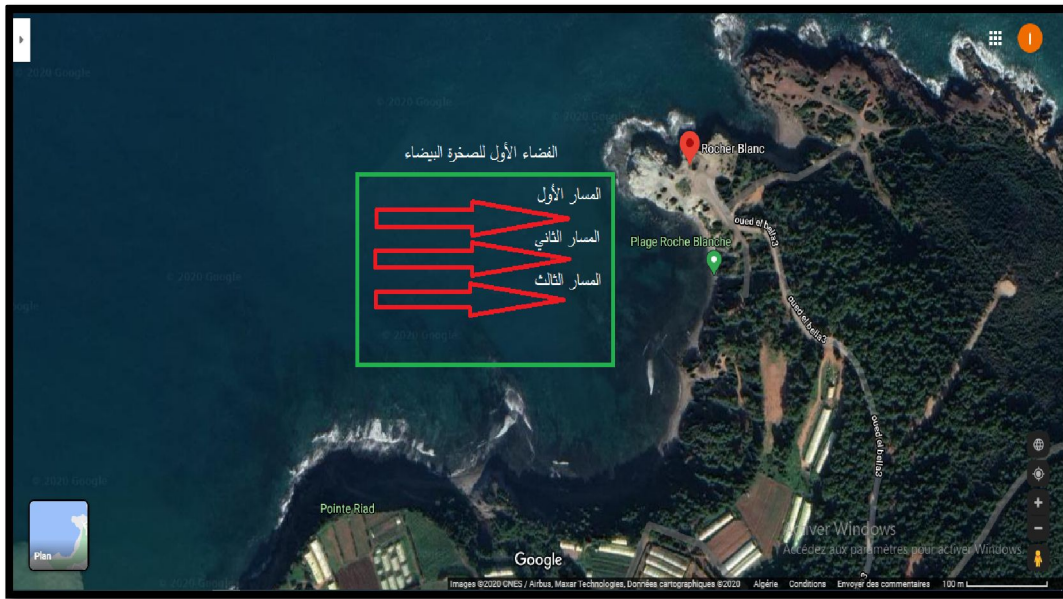
1.4 تقسيم الفضاءات:

في البداية قمنا بتقسيم المنطقة إلى مساحتين، المساحة الأولى التي توجد في جهة الصخرة البيضاء (انظر إلى صورة 13) والجهة الثانية التي توجد في الجزر الثلاث، (انظر إلى صورة 14) أردنا مسح كلتا المنطقتين لمعرفة بالضبط ما كان موجود في قاع البحر، فقمنا باستعمال جهاز سونار من شركة فارمين، استعملنا تقنية سايد فيو (SideVu) لأنها تعطي لنا معلومات حول قاع البحر بالتدقيق وبصورة عالية الجودة.

2.4 تقسيم الأروقة :

أ- قسمنا الفضاء الأول الموجود في الصخرة البيضاء إلى 3 أروقة حتى نتمكن من استخدام السونار بطريقة منتظمة، فيجب أن يكون تباعد هذه الأروقة أقل من عرض رقعة السونار وهذا ما يسمح لنا بتغطية 100% للفضاء الذي نريد أن نعمل عليه، لقد لاحظنا أن القاع كان مليئا بالصخور والحجارة فهذه النوعية من قاع البحر لا تسهل علينا عملية الاستكشاف ما يوجد في الأعماق بالضبط فلم نتمكن من استكشاف أي شيء جديد.

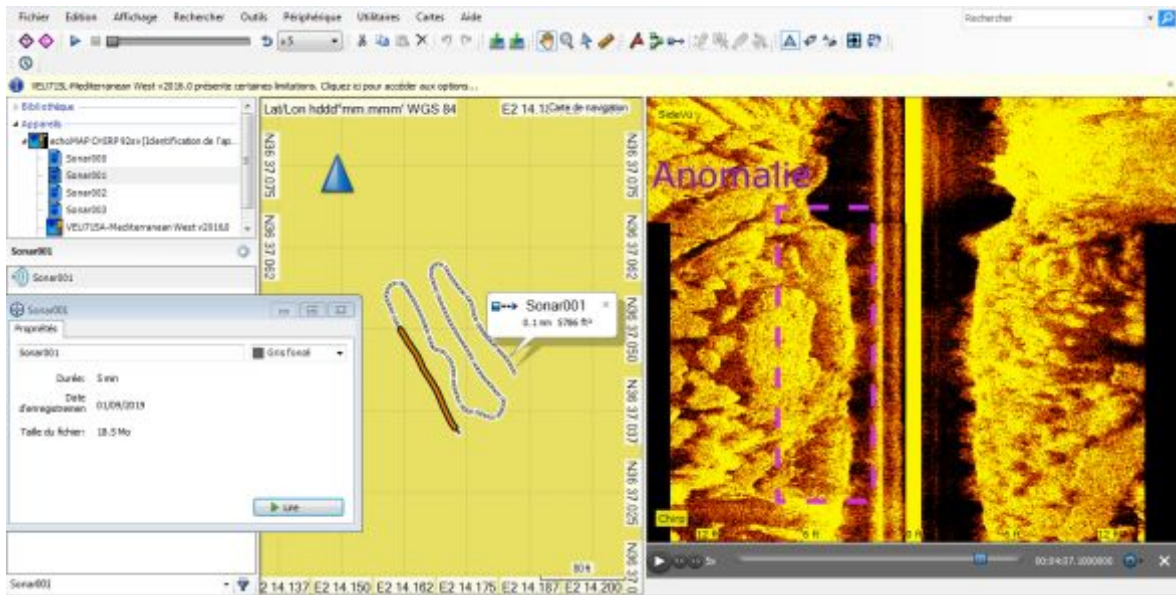
ب- في الفضاء الثاني الموجود في الجزر الثلاث بشرشال، استخدمنا نفس الطريقة التي استخدمناها في المسح الأول، وتكون في تقسيم الفضاء إلى 3 أروقة واستعملنا نفس الأجهزة التي تتمثل في سونار متعدد الحزم، ومصبار شريب (CHRIP)، لقد لاحظنا في الفضاء الثاني أن القاع البحر كان رملي، ففي هذا النوع من القاع البحر يمكننا بسهولة التعرف وملاحظة أي تلة رملية (TUMULUS)، وفي إحداثيات (E2°15, 388' ، N36°37, 652') كان هناك تشوه في القاع (انظر إلى صورة 15) فيجب علينا أن نغوص في تلك الجهة لمعرفة ما يوجد في القاع بالضبط.



الصورة 13: الفضاء الأول للصخرة البيضاء عن Google Maps بتصريف



صورة 14: الفضاء الثاني للجزر الثلاث عن Google Maps بتصريف



الصورة 15: تنسوه في قاع البحر عن (R.) Khellaf

خاتمة:

سمح التطور التكنولوجي بإنجاز قفزة كبيرة في كشف الآثار المتواجدة في قاع البحار، الامر الذي كان صعباً جياً، نظراً لشساعة السطح المائي من جهة، ولصعوبة التأمل لما يوجد في قاع البحر، بالعين المجردة، من جهة أخرى. تمثل التقنيات الصوتية، التي طوّرت للملاحة والصيد البحري، أكثر التقنيات شيوعاً لرسم صورة واضحة لما يتواجد تحت الماء، حتى أصبحت هاته التقنيات تسمح لنا برسم صورة واضحة ثلاثية الابعاد، تعين لنا كلّ التفاصيل المتواجدة في قاع البحر.

تطوّر هاته الأجهزة خلال السنوات الأخيرة جعلها أكثر توفراً وأسهل استعمالاً وقلّ تكلفة، وأحسن مثلاً لهذا جهاز المسح الصوتي الذي استعملناه في دراستنا، حيث سمح لنا هذا الأخير برسم خريطة أعماق دقيقة لفضاء العمل، إضافة الى تسجيل صور واضحة لكلّ التشوهات المتواجدة في قاع البحر. تسمح هاته الوسائل بريح وقت كبير في عمليات التحري الاثري وتعيين حدود المواقع الاثرية واهميتها.

يبقى الكشف عن الآثار بالعين المجردة وتأكيد طبيعتها وتعيين مكان غرقها أمر ضروري يأتي بعد التحري الجيوفيزيائي بحيث لا نستطع الاستغناء عن معاينة الاثريين المختصين للموقع المكتشف والظاهر على شاشة الكمبيوتر.

المراجع البيبليوغرافية:

باللغة العربية:

- خلاف رفيق، "تاريخ الدراسات حول الآثار الغارقة في منطقة شرشال"، دفاثر البحوث العلمية رقم 8، المركز الجامعي مرسلي عبد الله، تيبازة، جوان 2016.
- خلاف رفيق، يوسف بن سعيداني، "دراسة المواقع الأثرية المغمورة بالمياه في منطقة شرشال وضواحيها الغربية"، اثار، مجلة الدراسات الاثرية، رقم 18، معهد الاثار، جامعة الجزائر 2، بوزريعة، ديسمبر 2020. ص.ص 06-20.

باللغة الاجنبية:

- Drap(P), Caiti (A.), « Relevés optiques et acoustiques pour l'archéologie sous-marine », in Méditerranée N°117, Presses Universitaires de Provence, 2011.
- Garmin, EchoMAP™ CHIRP 95sv, <https://buy.garmin.com/fr>, consulté le 4/10/2020.
- Goncharov (A.E) et autres, Prospects for using sonar underwater archeology on the Yenisei: surviving a 19 century shipwreck, 2016.

- Khellaf (R.) et autres, « Résultats des prospections archéologiques subaquatiques effectuées dans le futur site du port de Cherchell » in Nouvelles de l'Archéologie Algérienne, Centre National de Recherche en Archéologie, Alger 2020.
- Lagabrielle (R.), « Génie civil, Génie Côtier, apport de la géophysique », in acte du colloque Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Nantes, 1992, Pp. 86-92
- Lutron (X.), Acoustique sous-marine, présentation et applications, Ed. Ifremer, 1998.
- Nautical Archaeology Society, The NAS Guide to principals and practice, Ed. Bowens, Portsmouth, 2009.
- Pomey (P.), Tchernia (A.), « Archéologie (Méthodes et techniques) - L'archéologie sous-marine », in Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 16 août 2019. URL :<http://www.universalis.fr/encyclopedie/archeologie-sous-marine/>
- Xavier (N.), Miguel (A.), Arquelogia Nautica Mediterrania, Girona, 2009.