



**HAL**  
open science

## **Archéorient et l'Oasi-WWF : aux frontières de l'imagerie acoustique**

Jean-Philippe Goiran, Gilles Brocard, Cécile Vittori

► **To cite this version:**

Jean-Philippe Goiran, Gilles Brocard, Cécile Vittori. Archéorient et l'Oasi-WWF : aux frontières de l'imagerie acoustique. 2023. <halshs-04384998>

**HAL Id: halshs-04384998**

**<https://shs.hal.science/halshs-04384998v1>**

Submitted on 1 Feb 2024

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

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



HAL Authorization

# Archéorient et l'Oasi-WWF : aux frontières de l'imagerie acoustique

Jean-Philippe Goiran, Gilles Brocard et Cécile Vittori

10–13 minutes

---

## Les défis techniques de la prospection géophysique et géoarchéologique côtière

Les prospections géophysiques et carottages côtiers effectués par Archéorient ont pour but d'identifier des structures archéologiques enfouies et de révéler l'architecture des dépôts sédimentaires qui les recouvrent. L'agencement des dépôts permet en effet de comprendre l'évolution du littoral avant, pendant, et après l'occupation d'un site. L'architecture sédimentaire des cordons sableux (lidos et tombolos), des lagunes et des plaines alluviales permet de comprendre les dynamiques de comblement et d'érosion auxquelles ont été soumis les sites pendant leur occupation, leur déclin et après leur abandon. Elle nous renseigne sur la géométrie du trait de côte au moment de la construction d'un ouvrage côtier, et permet de comprendre les facteurs environnementaux ayant déterminé le choix d'un site plutôt qu'un autre pour un usage spécifique à une époque donnée.

La frange littorale est un milieu difficile à étudier par les moyens classiques de carottage ou de géophysique, car la majorité de ces outils a été développée pour un usage terrestre ou marin franc. Ils sont de ce fait peu adaptés à la zone séparant les deux milieux. Dunes, marécages, lagunes et mangroves ne se prêtent guère au passage de lourds carottiers du monde terrestre. Ces milieux intertidaux (ou amphibies) et de faible profondeur ne sont pas non plus adaptés au déploiement des carottiers marins. De même, la géophysique terrestre atteint des limites de mesure physique dans les milieux fangeux et salés, tandis que la géophysique marine perd de son efficacité par petit fond.

La demande pour une géophysique spécifiquement adaptée au littoral est forte, et dépasse largement le cadre de la géoarchéologie. Ses applications sont en effet nombreuses en ingénierie littorale, pisciculture, biologie marine ou gestion des milieux naturels. Dans un contexte de montée du niveau marin, d'érosion littorale et de salinisation des aquifères côtiers, les demandes sont multiples, et nécessitent des adaptations des outils existants, aux frontières des capacités actuelles. C'est dans ce contexte que s'est développée une collaboration entre la société Exail ([ex-iXblue](#)) et Archéorient, afin de tester la capacité d'un sondeur acoustique de sédiments (Echoes 10000) en eau très peu profonde.

## La recherche des ports lagunaires de la côte étrusque

De nombreux sites portuaires antiques de Méditerranée se sont développés dans des abris naturels côtiers peu profonds. Le long de la façade maritime de la Toscane moderne, la côte étrusque se présentait pendant l'Antiquité comme une suite quasi ininterrompue de grandes lagunes côtières, ou de criques, séparées par des promontoires rocheux. Jusqu'à présent, aucun bassin portuaire étrusque n'a été identifié le long de cette côte. Cet état de fait a conduit des chercheurs à considérer que les abris lagunaires et estuariens ne nécessitaient pas d'aménagements de taille suffisante pour laisser des traces aisément décelables par prospection géophysique ou carottage. Afin de tester cette hypothèse, Jean-Philippe Goiran (Archéorient) a coordonné pendant deux ans les activités du projet *IDEX « Thalassocratie sans Port »*, dont une large part s'est déroulée en Étrurie.

La plupart des lagunes de la côte étrusque sont désormais comblées à la suite de

gigantesques travaux de bonification de la côte qui ont eu lieu au 19<sup>e</sup> et au 20<sup>e</sup> siècles. La lagune d'Orbetello, au milieu de laquelle se dresse la cité étrusque éponyme, constitue une exception. Elle a été épargnée en raison d'une exploitation piscicole plus lucrative. Une partie de la lagune voisine de Burano a aussi été laissée en eau (Fig.1). Les deux lagunes sont aujourd'hui des sites gérés pour tout ou partie par des Oasi-WWF ([Oasi della Laguna di Orbetello](#) / [Oasi del Lago di Burano](#)). Une équipe pluridisciplinaire franco-italienne s'est mobilisée pour étudier l'évolution de ces lagunes dans le cadre du [projet IDEX](#) ainsi que du [projet IMU-Urbo](#), centré exclusivement sur la lagune d'Orbetello.

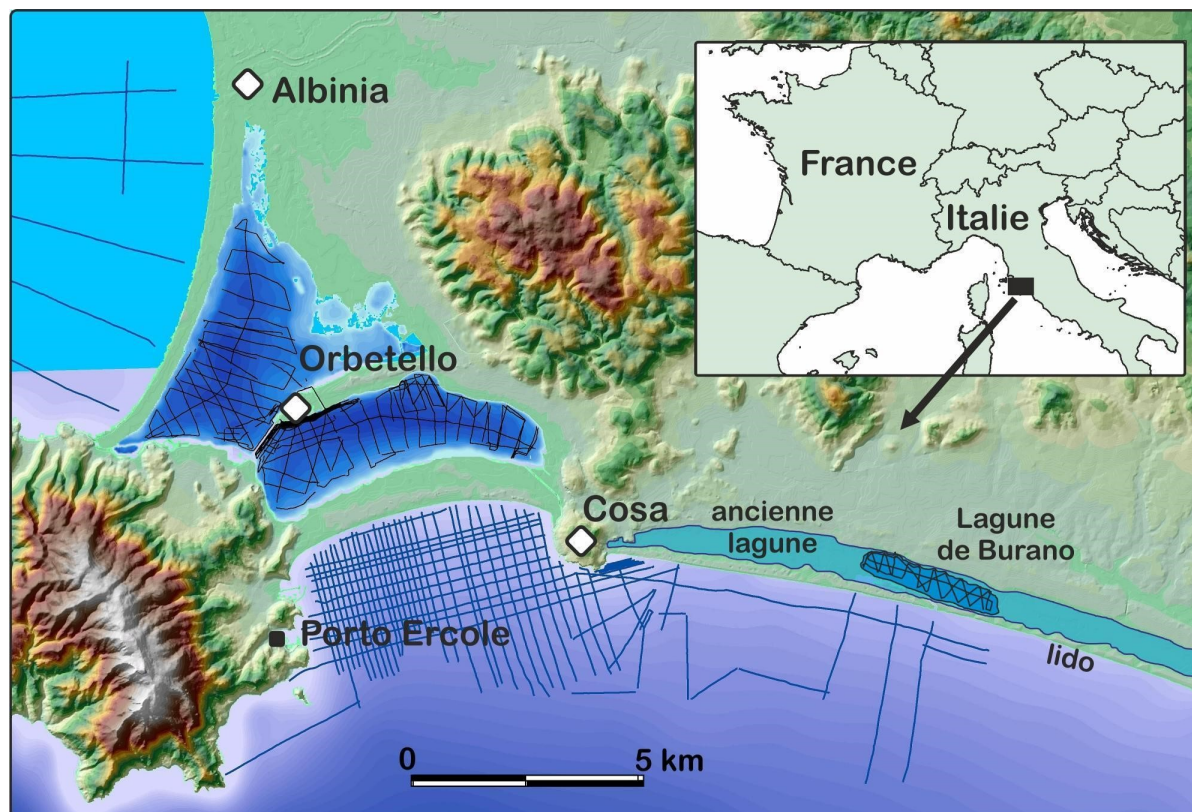


Fig. 1. Carte de localisation de la lagune de Burano et de la lagune d'Orbetello avec indication des lignes sismiques acquises en mer et dans les lagunes (carte élaborée par G. Brocard).

#### Repousser les limites de la prospection acoustique marine à faible profondeur

Une convention a été passée entre Exail et Archéorient pour tester l'imageur acoustique de sédiment Echoes 10 000 par très petit fond (moins de 1,80 m) dans la lagune d'Orbetello. Quatre campagnes ont été réalisées et chacune d'entre elles a apporté des résultats novateurs ayant permis de repousser les limites de nos connaissances actuelles.

1. Pour la première fois, l'IFREMER s'est associée à des chercheurs d'Archeorient (G. Brocard, J.-Ph. Goiran) pour reconstituer la configuration des paysages côtiers telle que pouvaient la voir les marins de l'époque étrusque. Le sondeur Ixail a été installé par L. Mattio (Exail) sur l'Haliotis, un navire côtier de la Flotte Océanographique Française optimisé pour la prospection géophysique par petit fond, dans le cadre de la [mission HISOPE](#) (voir le billet <https://archeorient.hypotheses.org/20940>). Ces prospections ont permis de prouver l'absence de structures portuaires étrusques enfouies sous les sédiments marins. Les recherches s'orientent donc vers un port lagunaire étrusque et non un port maritime composé de structures lourdes. Ces éléments confortent l'hypothèse à l'origine du projet IDEX Thalassocraties sans port.
2. Les innovations technologiques portées par ces projets se sont poursuivies avec le test, dans la lagune peu profonde d'Orbetello (en moyenne 1m à 1,50 m), de l'imageur de sédiment (Echos 10000) jusqu'alors utilisé pour des profondeurs supérieures. La prospection s'est déroulée dans le cadre d'une collaboration publique/privée Exail-Archéorient (J.-Ph. Goiran, Chr. Benech, L. Darras, Q. Vitale, G. Brocard pour Archeorient, G. Jouve, L. Mattio pour Ixblue). Les résultats obtenus ont permis de reconstituer la géomorphologie du sous-sol

lagunaire jusqu'à 8 mètres de profondeur sous le fond actuel. Associée à des carottages et des datations, l'imagerie sismique à haute résolution permet ainsi de reconstituer la paléobathymétrie à une résolution verticale de 7 cm, révélant la façon dont la lagune est née et s'est comblée, et dévoilant des fosses énigmatiques enfouies sous les sédiments tout autour des murailles étrusques d'Orbetello.

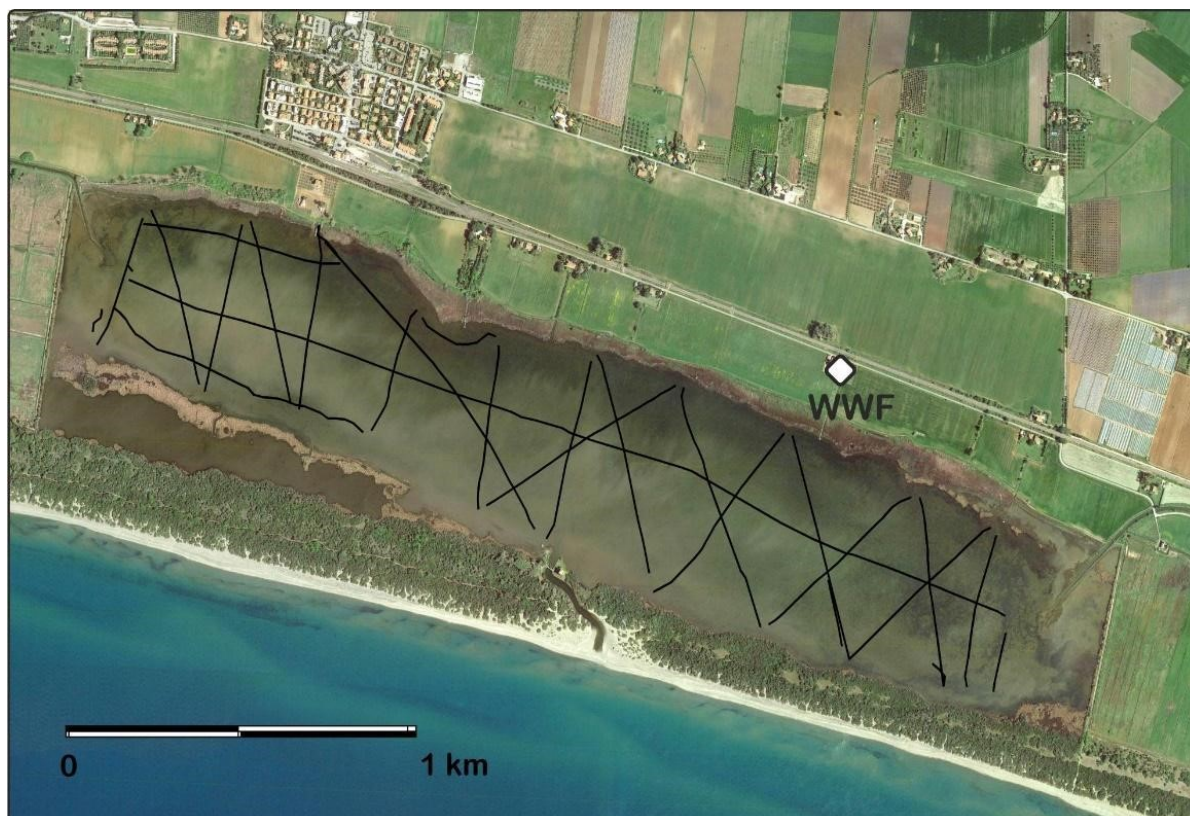


Fig. 2. Carte de détail de l'acquisition dans la lagune de Burano au sondeur 10 kHz (carte élaborée par G. Brocard).



Fig. 3. Acquisition à 10 kHz dans la lagune de Burano (cliché JP Goiran).

3. Après avoir acquis la maîtrise de l'équipement, l'imagerie sismique haute résolution a été utilisée par G. Brocard (HiSoMA) et J.-Ph. Goiran (Archéorient) en autonomie dans la lagune de Burano (Fig. 2 à 5). Les limites ont encore été repoussées puisque des résultats ont été obtenus dans une tranche d'eau de moins de 50 cm (Fig. 5). L'exploration géophysique côtière par petit fond s'en trouve révolutionnée (Fig. 5). L'ergonomie et la logistique nécessaire au déploiement de l'Echos 10000 sera facilement transposable à l'ensemble des sites archéologiques en contexte lagunaire, ouvrant ainsi des perspectives scientifiques majeures.

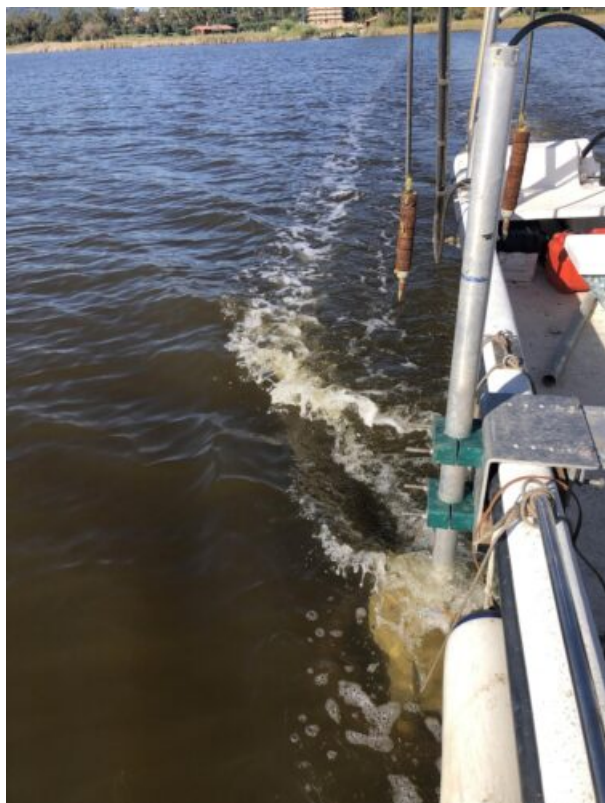


Fig. 4. Photo montrant l'installation des transducteurs (émetteurs-récepteurs) sur perche métallique verticale contre la barque dans la lagune de Burano. Cliché JP Goiran.

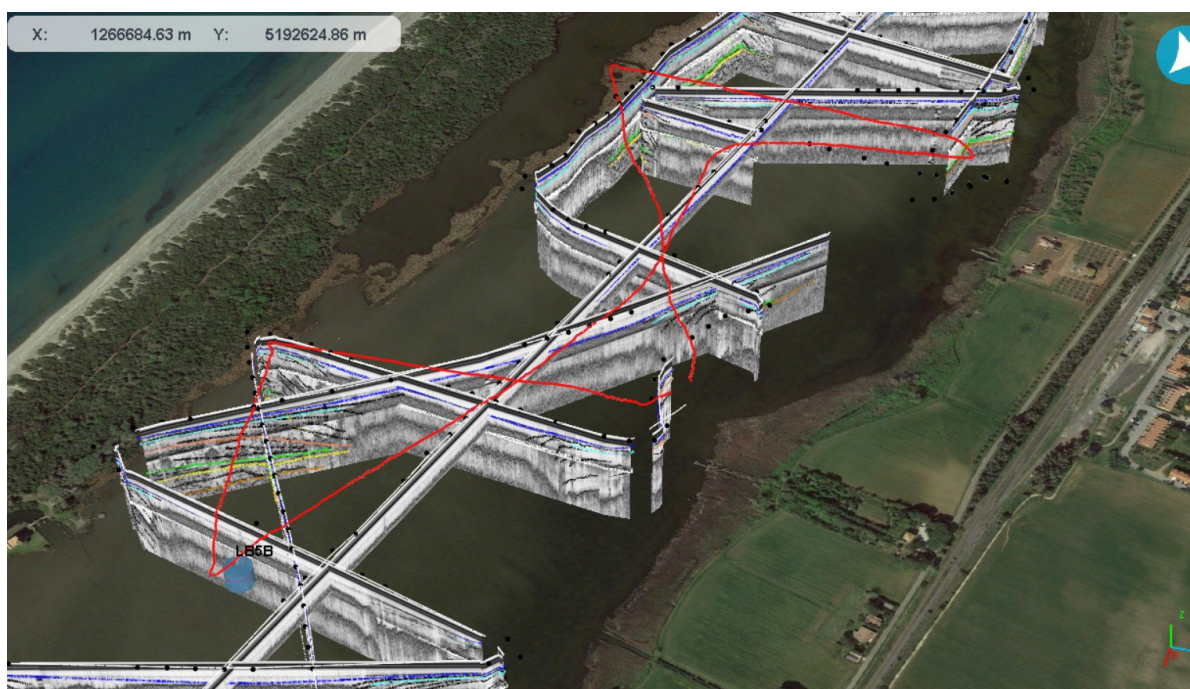


Fig. 5. Exemple de profils sismiques acquis dans la lagune de Burano avec l'échos 10 000, sur 10m de hauteur, ici projetés au-dessus de la surface de la lagune (matérialisée par l'image satellite) avec une exagération verticale x20. Ligne rouge : lignes d'acquisition obtenues avec le prototype Echos 10 000 compact (profils correspondants non représentés). LB5B : carottage lagunaire réalisé par Archeorient en 2020 (carottier aquatique)

à percussion Uwitec). Les lignes noires soulignent les couches sédimentaires et les lignes de différentes couleurs soulignent les limites entre les différentes formations sédimentaires identifiées. Acquisition traitement et visualisation G. Brocard.

4. Afin de généraliser les prospections sous très faible tranche d'eau, des tests ont été réalisés dans la lagune de Burano avec un prototype plus compact (G. Jouve, Exail ; G. Brocard, HiSoMA ; C. Vittori, Archéorient), pouvant être installé sur une embarcation de très petites dimensions.

Intégrer la géophysique à l'étude des anciens paysages côtiers constitue un apport majeur à la géoarchéologie portuaire en ce sens qu'elle permet d'affiner la résolution spatiale des reconstitutions du sous-sol. La chronologie et les caractéristiques des couches sédimentaires imagées par la géophysique sont quant à elles documentées par des carottages qui gagneront en précision.

## Remerciements

Plusieurs programmes ont contribué à la réussite de ces recherches: (i) [IDEX-UDL-ULD2](#) – , (ii) LabEx IMU, (iii) Scientific grant Florida State University, (iv) [la campagne océanographique HISOPE-IFREMER](#) (v) ANR [LabCom GeoHeritage](#) . Le Dott. Fabio Cianchi (Coordinateur Oasi WWF Maremma ([Laguna di Orbetello](#) & [Lago di Burano](#)), [Fondazione WWF Italia](#)) et son équipe (Andrea, Federico...). Nous remercions pour leur collaboration et soutien la Prof.ssa Adele Bertini ([Univ. Firenze](#)), prof. Andrea U. De Giorgi (Florida State University, USA – <http://www.cosaexcavations.org/>), Le Dr. Alessandro Conforti (CNR), le Dr. Enrico Maria Giuffrè et Matteo Milletti (Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Siena, Grosseto e Arezzo), Marco Leporati-Persiano (Consultant, Regione Lazio). I Pescatori e i Canotieri di Orbetello. La Flotte Océanographique Française (IFREMER). Genavir et Barbara Davidde (Soprintendenza Nazionale per il patrimonio culturale subacqueo).

## Les auteurs

Jean-Philippe Goiran est Chargé de Recherche au CNRS. Géoarchéologue, il travaille sur l'histoire des ports antiques et les paléoenvironnements littoraux et deltaïques. UMR 5133 – Archéorient, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon.

Gilles Brocard est docteur HDR de l'université de Grenoble, spécialiste de géomorphologie continentale, de néotectonique, et de la Zone Critique. Il est actuellement chercheur associé à Archéorient et a été successivement chercheur contractuel de l'UMR 5133-Archéorient, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Université Lumière Lyon-2 et de l'UMR 5189–HiSOMA, CNRS.

Cécile Vittori est spécialiste des paléoenvironnements lagunaires et des ostracodes. Elle est chercheuse contractuelle de l'UMR 5133-Archéorient, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Université de Lyon/Université de Lyon 2.

**Pour citer ce billet** : Jean-Philippe Goiran, Gilles Brocard et Cécile Vittori. Archéorient et l'Oasi-WWF : aux frontières de l'imagerie acoustique, *ArchéOrient - Le Blog*, 10 juin 2023, [En ligne] <https://archeorient.hypotheses.org/23636>