

**Zeitschrift:** as. : Archäologie Schweiz : Mitteilungsblatt von Archäologie Schweiz = Archéologie Suisse : bulletin d'Archéologie Suisse = Archeologia Svizzera : bollettino di Archeologia Svizzera

**Band:** 29 (2006)

**Heft:** 4

**Artikel:** Bevaix-Sud (NE) : photographies aériennes et relevés acoustiques, des outils au service de la fouille subaquatique d'un village du Bronze final

**Autor:** Arnold, Béat

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-80>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

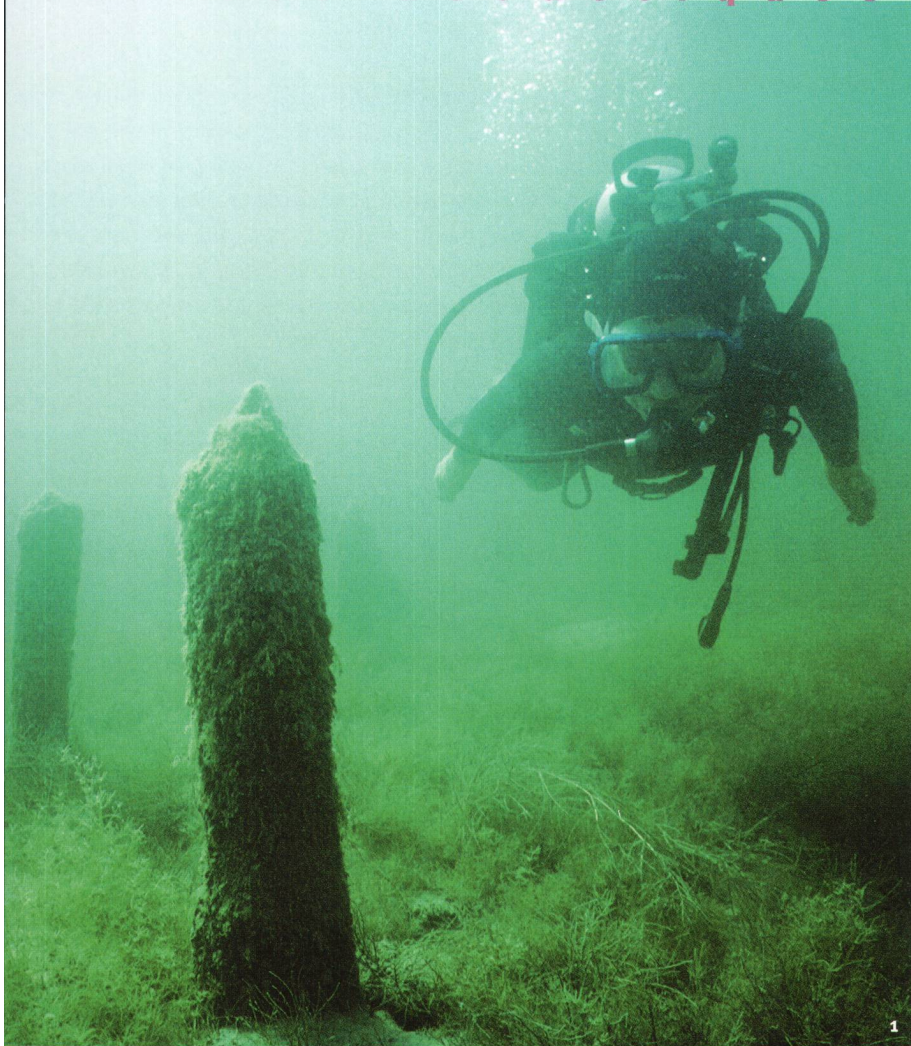
### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 07.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

r e l e v é s a c o u s t i q u e s



## Bevaix-Sud (NE): photographies aériennes et relevés acoustiques, des outils au service de la fouille subaquatique d'un village du Bronze final.

— B é a t A r n o l d

Les relevés effectués au moyen de techniques optiques et acoustiques offrent un cadre d'intervention optimal dans le milieu subaquatique. Ils permettent d'aborder l'exploration systématique de vastes zones submergées, alors que les plongeurs n'interviennent de manière ciblée que sur des surfaces d'extension limitée.

Les premières données concernant le village submergé du Bronze final de Bevaix-Sud résultent des reconnaissances aériennes entreprises sur le lac de Neuchâtel par Michel Egloff en 1970. Elles ont fait l'objet d'une publication en 1981. Par la suite, ces travaux ont été poursuivis et, à l'occasion d'un vol effectué en février 1982, il a été possible de réaliser un cliché de qualité, quasiment à la verticale du site. Ce document a servi de base à la reconstitution de la structure du village par photo-interprétation, mettant en relief un habitat caractérisé par un proto-urbanisme remarquable. On y distingue aisément les rangées serrées de maisons assises sur des travées de quatre pieux, l'ensemble du gisement étant ceinturé, au moins partiellement, par une palissade.

Curieusement, ce site n'était pas mentionné dans l'inventaire des stations lacustres publié en 1930 dans le *Pfahlbauten 12. Bericht*; or la décou-

Fig. 1

Plongeur évoluant entre les pieux de Bevaix-Sud dégagés par l'érosion sublacustre, juillet 2005.

*Taucher zwischen den durch die Unterwassererosion freigelegten Pfählen von Bevaix-Süd, Juli 2005.*

Dei sommozzatori si districano tra i pali di Bevaix-Sud, liberati dall'erosione lacustre, luglio 2005.

Fig. 2

Plan dressé par Joseph Maeder vers 1900-1910 et son interprétation du site.

*Von Joseph Maeder um 1900-1910 entworfenen Plan der Fundstelle und seine Interpretation.*

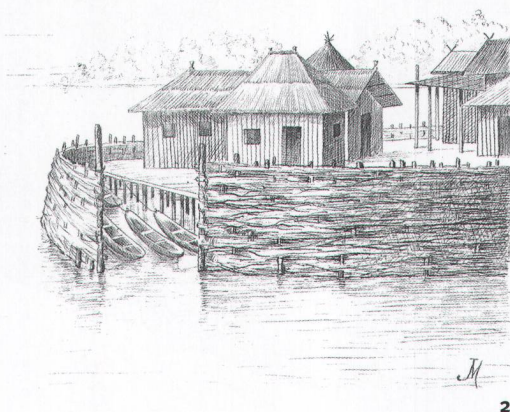
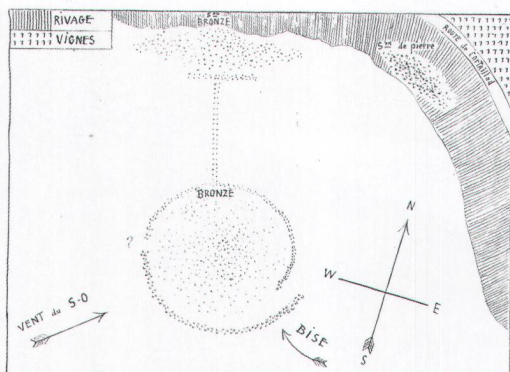
Il piano tracciato da Joseph Maeder intorno al 1900-1910 e la sua interpretazione del sito.

Fig. 3

Paysage sublacustre: le site du Bronze final de Bevaix-Sud, septembre 2005.

*Unterwasserlandschaft: die spät-bronzezeitliche Fundstelle Bevaix-Süd, September 2005.*

Paesaggio sublacustre: il sito del Bronzo Finale di Bevaix-Sud, settembre 2005.



verte récente d'anciennes archives a permis de montrer que ce gisement a non seulement fait l'objet d'une esquisse par Joseph Maeder (vers 1900-1910), mais également d'un plan dressé par Maurice Borel en 1924. L'emplacement de cette station était également reporté sur plusieurs plans de situation conservés au Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel, donc connus de Paul Vouga. On y observe un village ceinturé par une palissade ouverte dont, étonnamment, les extrémités ne sont pas situées dans le prolongement l'une de l'autre, particularité qui a été confirmée par les fouilles subaquatiques. Enfin, une sorte de passerelle, longue de plus 100 m, relie cet habitat à la rive (structure qui n'a pas encore pu être identifiée).

### Photographies aériennes et fouilles de sauvetage

Depuis 1981 le site de Bevaix-Sud a régulièrement fait l'objet d'inspections. En 2004, face à la destruction inéluctable du gisement sous l'action de l'érosion lacustre initiée par la Première correction des eaux du Jura, une fouille de sauvetage a été mise en œuvre. Cette opération s'est donné pour objectif l'étude exhaustive du village, l'exploration de la zone située en périphérie, la délimitation des champs de pieux présents entre le port de Bevaix et la Pointe du Grain, la recherche de pirogues monoxyles et leur sauvetage (en continuité avec les travaux réalisés en 1990). Une protection physique de certains sites est également envisagée, à l'instar des travaux réalisés sur le lac de Bièvre par Albert Hafner.

Le développement des logiciels de dessin (tel CorelDRAW) ou de traitement des images numériques (par exemple Adobe-Photoshop) a permis d'affiner l'analyse de la photographie aérienne de février 1982 et ainsi de contrôler en permanence les relevés dressés par les plongeurs (fig. 4). Quant aux techniques de fouilles, elles sont assez similaires à celles mises en œuvre il y a une vingtaine d'années sur le site de Cortaillod-Est.



Fig. 4

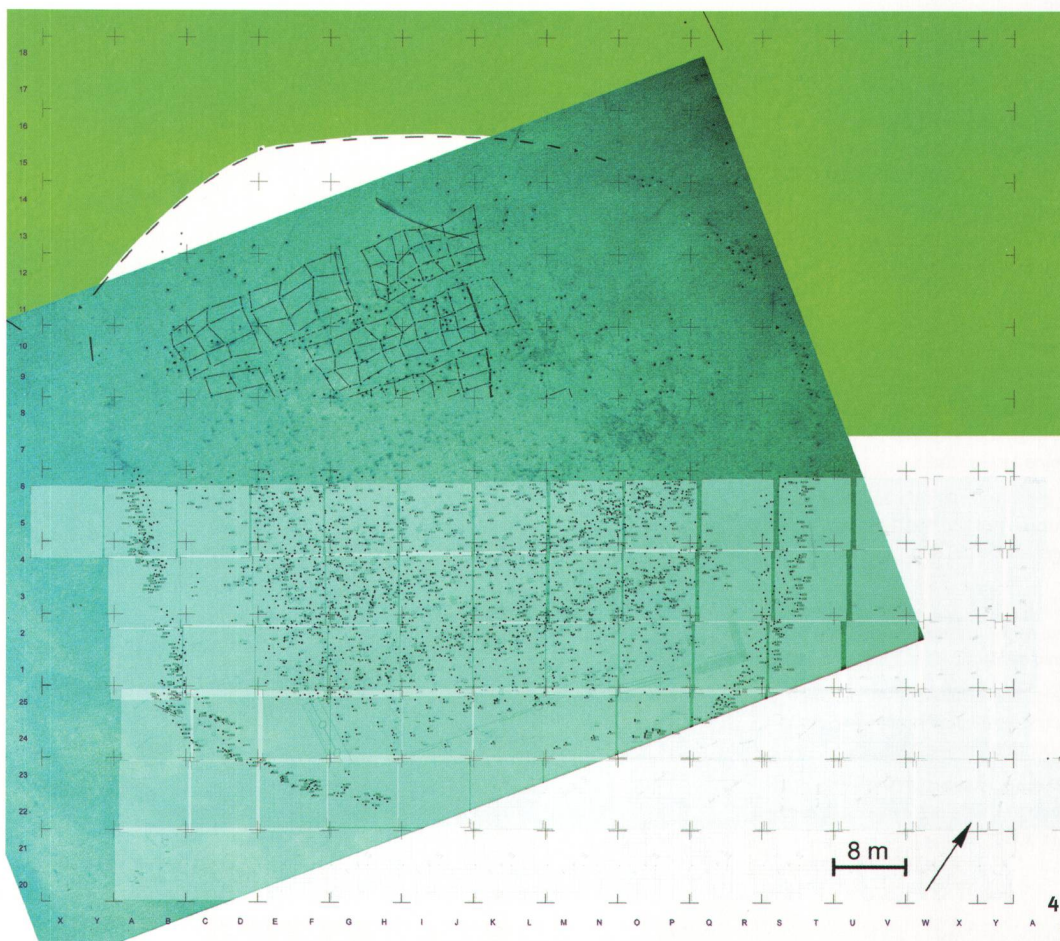
Report sur la photographie aérienne de février 1982 des surfaces fouillées (ici de 8 x 8 m) au terme de la campagne de 2005. Les légères superpositions ou discontinuités entre ces surfaces, faciles à corriger dans une étape ultérieure du travail, résultent du fait que la photographie aérienne n'est pas absolument verticale.

L'intérêt principal de cette dernière est de permettre de procéder à une interprétation des structures avant d'intervenir sur le terrain (cf. partie supérieure de la figure); elle offre ensuite la possibilité d'assurer un suivi en continu de la fouille.

*Übertrag der im Rahmen der Grabungskampagne 2005 ausgegrabenen Flächen (hier 8 x 8 m) auf eine Luftbildphotographie vom Februar 1982. Die leichten Überschneidungen oder Unterbrüche zwischen den Oberflächen sind in einer weiteren Arbeitsetappe leicht zu korrigieren. Sie sind entstanden weil die Luftbildphotographie nicht genau vertikal ist. Hauptziel ist es, die Strukturen vor einer Intervention auf dem Gelände interpretieren zu können (vgl. oberer Teil der Abbildung); dies ermöglicht es anschließend die Grabung kontrolliert auszudehnen.*

Le superfici scavate (qui di 8 x 8 m) al termine della campagna del 2005 sono state riportate sulla fotografia aerea scattata nel febbraio 1982.

Le lievi sovrapposizioni o discontinuità tra queste superfici, facili da correggere in una fase successiva, sono dovute al fatto che la fotografia aerea non è mai assolutamente verticale. Il suo scopo principale è poter interpretare le strutture prima d'intervenire sul terreno (cfr. la parte superiore della figura); questa tecnica offre inoltre la possibilità di assicurare un controllo permanente dello stato dello scavo.



Il a ainsi été possible de constater la disparition de quelques pieux dont les empreintes, se manifestant sous la forme de trous de poteaux, n'ont pas pu être identifiées lors de la fouille. Toutefois, lorsque l'emplacement approximatif de ces derniers était indiqué au plongeur, celui-ci parvenait parfois, en enfonçant sa main dans le sédiment meuble, à sentir les bords d'un cône un peu plus compact présent dans le sol. La cause de ces disparitions peut être attribuée aux ancrs des centaines de bateaux de plaisance qui labourent le sol de la baie à la belle saison.

Une première donnée existe donc pour février 1982. Comment connaître les atteintes antérieures? Et à quoi correspondent les taches interprétées comme des pieux sur le cliché de 1982, mais pour

lesquelles aucun compactage du sol en forme de cône n'a pu être observé? La découverte d'une grande meule constitue parfois un élément de réponse. Cependant, elle ne permet pas d'interpréter l'ensemble des emplacements problématiques. La proportion de ces derniers oscille entre 3 et 6 %. S'ils ne modifient pas la compréhension globale du gisement, on peut regretter qu'ils engendrent parfois de longs commentaires interprétatifs. Quoi qu'il en soit, la photographie aérienne de 1982 s'est révélée être un atout fondamental pour le suivi des opérations. En effet, la possibilité de procéder à un contrôle croisé des données permet d'accroître la fiabilité des travaux et de réduire, autant que faire se peut, les inévitables erreurs humaines.

Fig. 5

Relevé acoustique analogique réalisé en 1993. L'écho est renvoyé de manière plus ou moins marquée par le sédiment en fonction de la nature de ce dernier. Le résultat en est un enregistrement plus ou moins contrasté (clair pour les sols vaseux, foncé pour les sols compacts ou en relief).

*Echoaufnahme von 1993. Das Echo wird durch das Sediment aufgrund seiner Eigenschaften stärker oder schwächer zurückgeworfen. Das Resultat ist eine mehr oder weniger kontrastreiche Aufzeichnung (hell für sumpfige Böden, dunkel für kompakte oder reliefierte Böden).*

Rilevamento acustico analogico realizzato nel 1993. L'eco viene riflesso a seconda del tipo di sedimento in maniera più o meno marcata. Il risultato è una registrazione a contrasti più o meno accentuati (chiara per i fondali melmosi, scura per quelli compatti o in rilievo).

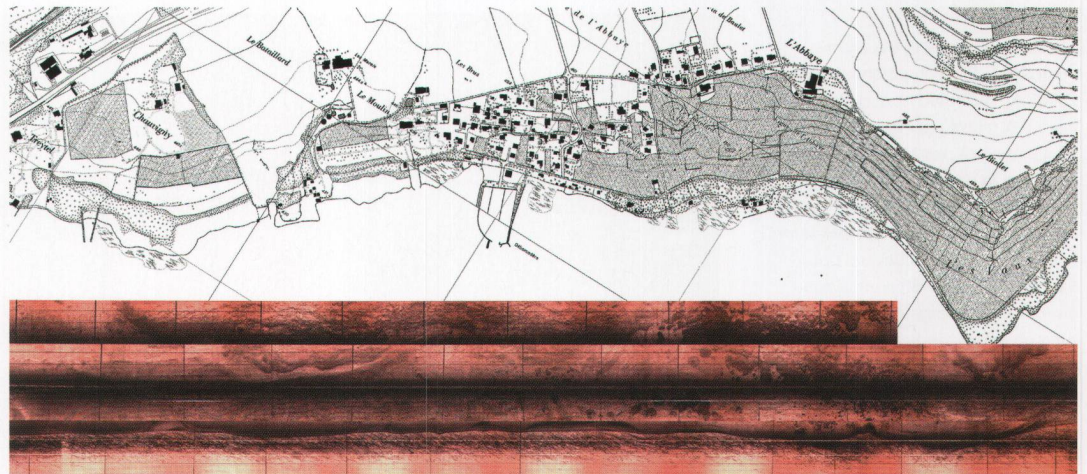


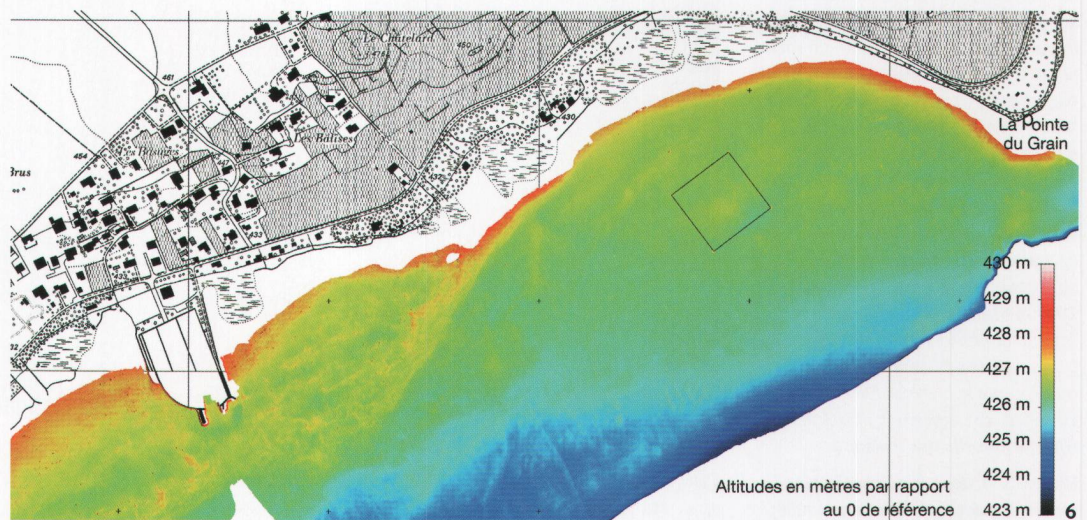
Fig. 6

Relevé acoustique multifaisceaux de la plate-forme littorale située entre le port de Bevaix et la Pointe du Grain, février 2006. Traitement standard: 1 pixel/m<sup>2</sup>. A proximité de la rive et plus au large, des blocs erratiques peuvent être aisément identifiés.

A droite, balisage d'un carré de 100 x 100 m (zone C) qui couvre la partie centrale et nord-ouest de Bevaix-Sud.

*Gebündelte Echoaufnahme der Strandplatte zwischen dem Hafen von Bevaix und der Pointe du Grain, Februar 2006. Standardvorgaben: 1 pixel/m<sup>2</sup>. In der Nähe des Ufers und weiter draussen können die erratischen Blöcke leicht identifiziert werden. Rechts, abgestecktes Quadrat von 100 x 100 m (Zone C), welches das Zentrum und den nordwestlichen Teil von Bevaix-Süd umfasst.*

Rilevamento acustico a fascia multipla della piattaforma litorale situata tra il porto di Bevaix e la Pointe du Grain, febbraio 2006. Procedimento standard: 1 pixel/m<sup>2</sup>. I blocchi erratici sempre in prossimità della riva e più al largo possono essere agevolmente identificati. A destra, segnalazione di un quadrato di 100 x 100 m (zona C) che copre la parte centrale e nord-ovest di Bevaix-Sud.



## Les relevés acoustiques

L'exploration subaquatique ne peut évidemment pas se limiter à l'espace couvert par un champ de pilotis. Il faut également intégrer ce dernier dans son environnement proche et lointain afin de pouvoir aborder l'analyse de son territoire. Les travaux entrepris sur le tracé de l'autoroute A5 apporteront prochainement de nombreuses données originales pour l'analyse de Bevaix-Sud. En ce qui concerne l'espace sublacustre, une bande large de 100 m ceinturant le village est en cours d'exploration systématique, une opération qui a déjà mené à la découverte d'une nouvelle

station lacustre du Bronze final (Bevaix-Le Désert). Cependant une telle intervention nécessite beaucoup de temps si l'on veut obtenir un résultat de qualité et comporte, comme première tâche, la pose d'un carroyage par les plongeurs et son report topographique.

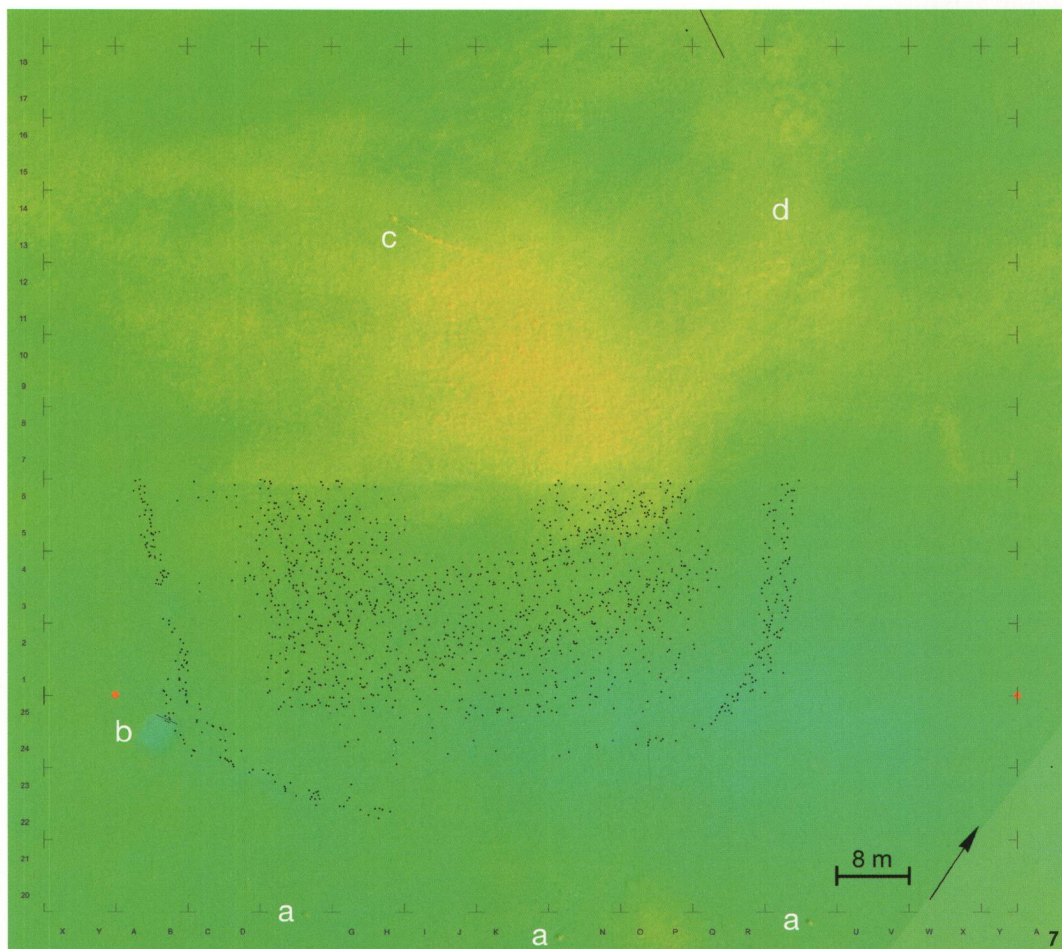
Pour étendre une telle opération à l'échelle d'une baie, il est absolument nécessaire de recourir à d'autres techniques de recherche. La photographie aérienne à basse altitude peut, parfois, apporter un début de réponse (comme nous l'avons vu ci-dessus). Elle ne permet cependant de réaliser des prises de vues de qualité que sur des surfaces réduites et ne peut être utilisée que pour saisir des gisements reposant sous

Fig. 7

Bevaix-Sud, après la deuxième campagne d'investigations (février 2006). Au milieu du front de la fouille, les pieux relevés sur une surface de 16 x 8 m n'ont pas été reportés afin de souligner la différence de l'enregistrement lorsqu'une surface a été épierrée. Traitement fin: 25 pixels/m<sup>2</sup>. a: Trois corps-morts utilisés pour fixer les bouées délimitant la zone de fouille. b: Vestige d'un trou creusé pour un relevé stratigraphique réalisé en 2004. c: Gros tronc situé dans le village près de son bord nord-ouest; cet élément est également visible sur la photographie de février 1982. d: Emplacement d'une maison isolée située au-delà de la palissade.

*Bevaix-Süd nach der zweiten Untersuchungskampagne (Februar 2006). In der oberen Bildmitte sind die Pfähle auf einer Fläche von 16 x 8 m nicht eingetragen um den Unterschied zur Aufzeichnung der Fläche mit den entfernten Steinen zu unterstreichen. Vorgaben: 25 pixels/m<sup>2</sup>. a: Drei Kettenanker zur Befestigung der Bojen, welche die Grabungszone begrenzen. b: Spuren eines Bohrlochs für eine stratigraphische Aufnahme, welche 2004 realisiert wurde. c: Grosser Stamm am nordwestlichen Rand des Dorfes; dieses Element ist auch auf der Photographie vom Februar 1982 zu sehen. d: Lage eines einzelnen Hauses jenseits der Palisade.*

Bevaix-Sud, dopo la seconda campagna di prospezione (febbraio 2006). In mezzo alla parte in primo piano dello scavo, i pali segnalati su una superficie di 16 x 8 m non sono stati riportati per sottolineare la differenza di registrazione quando una superficie è stata spietrata. Procedimento ad alta risoluzione: 25 pixel/m<sup>2</sup>. a: Tre gavitelli sono stati utilizzati per fissare le boe che delimitano la zona degli scavi. b: I resti di un buco scavato per un rilevamento stratigrafico realizzato nel 2004. c: Un grosso tronco situato nel villaggio vicino al limite nord-ovest; quest'elemento era già visibile sulla fotografia del febbraio 1982. d: Ubicazione d'una casa isolata che si trova al di là della palizzata.



une couche d'eau dont l'épaisseur n'excède pas 3 à 4 m. En effet, les rayons lumineux sont rapidement absorbés, le rouge presque instantanément, le bleu après une ou quelques dizaines de mètres. Pour obtenir une pénétration supérieure dans le milieu aquatique, il faut quitter les longueurs d'ondes captées par notre œil et utiliser d'autres fréquences émises, par exemple, avec des échosondeurs. Avec des fréquences d'émission de l'ordre de 100 à 120 kHz, l'écho sera plus ou moins bien renvoyé par le sol, en fonction de sa texture, ce qui permettra d'établir une sorte de carte topographique du fond du lac. Avec des fréquences de 4 à 5 kHz et des puissances de 1 à 2 kW, les ondes vont pénétrer dans le sol et être réfléchies en fonction des strates sédimentaires, livrant ainsi une sorte de coupe stratigraphique du sous-sol.

Le recours à des échos-sondeurs constitue donc une bonne alternative. Les dispositifs utilisés il y a quelques années (écho-sondeur à balayage latéral) livraient une image analogique du sol en marquant thermiquement un papier d'enregistrement. Un des axes était sélectionné sur l'enregistreur, par exemple une bande large de 100 m de chaque côté du bateau, l'autre dépendait de la vitesse de ce dernier. Le positionnement de l'émetteur-recepteur, quant à lui, n'était obtenu que ponctuellement, approximativement tous les 100 m. Malgré les inconvénients de cette méthode (image analogique, vitesse du bateau, positionnement), on pouvait enfin appréhender l'intégralité d'une baie ou d'une portion d'un lac. Une telle intervention a eu lieu en 1993 dans la baie de Bevaix (fig. 5).

## Bibliographie

- B. Arnold, Cortaillod-Est, un village du Bronze final, 1. Fouille subaquatique et photographie aérienne, Editions du Ruau, Archéologie neuchâteloise 1, Saint-Blaise, 1986.
- B. Arnold, Cortaillod-Est et les villages du lac de Neuchâtel au Bronze final, Structure de l'habitat et proto-urbanisme, Editions du Ruau, Archéologie neuchâteloise 6, Saint-Blaise, 1990.
- B. Arnold, Pirogues monoxyles d'Europe centrale: construction, typologie, évolution, tomes 1 et 2, Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel, Archéologie neuchâteloise 20 et 21, Neuchâtel, 1995-1996.
- B. Arnold, Techniques de fouille: prospections et sondages, Tracés, Bulletin technique de la Suisse romande 128-17, 2002, p. 8-11.
- M. Eglöff, Versunkene Dörfer der Urnenfelderzeit im Neuenburger See: Forschungen der Luftbildarchäologie, Archäologisches Korrespondenzblatt, 11-1, 1981, p. 55-63.
- D. Viollier et P. Vouga, Lac de Neuchâtel, Pfahlbauten zwölfter Bericht, Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich 30-7, 1930, p. 5-43.

### Crédit des illustrations

B. Arnold (fig. 1, 3-7);  
Archives de l'Office et musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel (fig. 2).

### Remerciements

Publié avec le soutien de l'Office et musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel (Laténium). La fouille de sauvetage de Bevaix-Sud, considéré comme un site d'importance nationale, est subventionnée par l'Office fédéral de la culture.

Le développement des capacités des ordinateurs et du positionnement en continu par GPS a permis de changer radicalement les modes d'enregistrement des données et d'accroître leur précision tant en plan qu'en altitude (ici, en profondeur par rapport à la surface du lac) livrant, dans notre cas, plus d'un million de points caractérisés par leurs coordonnées tridimensionnelles. En trois jours de relevés, l'entreprise Mesuris, basée à Rennes, a couvert les trois quarts de la baie de Bevaix au moyen de son écho-sondeur multifaisceaux. Avec un traitement standard, on obtient une carte basée sur le report d'une donnée en moyenne par mètre carré (fig. 6). Avec un traitement fin de ces mêmes enregistrements, on obtient une valeur par carré de 0,2 m de côté (fig. 7).

Le relevé réalisé en février 2006 montre clairement la limite de la zone fouillée du site Bevaix-Sud, où l'ensemble des galets a été prélevé; ces derniers sont évidemment encore présents sur le reste du gisement, en particulier à l'emplacement d'une construction située au nord de la palissade. Les pieux ne sont en revanche pas visibles. Les courbes de niveau peuvent être resserrées (0,5 m avec le traitement standard; 0,1 m dans le cas de l'analyse fine) et comparées avec succès aux relevés subaquatiques. Il s'avère donc fondamental d'opérer en premier lieu sur des zones déjà bien connues, afin d'étalonner les différents enregistrements et de comparer leurs apports successifs.

### Une méthode prometteuse

L'expérience menée à Bevaix-Sud met ainsi en évidence la complémentarité remarquable entre les relevés acoustiques multifaisceaux, la photographie aérienne à basse altitude et la fouille subaquatique. Le premier type de données permet d'intégrer rapidement les sites submergés dans une base cartographique de qualité et d'identifier des pirogues ou des embarcations plus grandes présentes sur le fond du lac; de tels relevés permettent également de contrôler objectivement les progrès d'une érosion sublacustre, la présence de

dragages ou de déversements non autorisés de matériaux. Enfin, une telle approche correspond particulièrement bien aux mesures de contrôle qui pourraient être mises en œuvre dans le cadre d'un classement des sites lacustres comme objet sériel par l'UNESCO.

## Zusammenfassung

*Mit der vollständigen Unterwassergrabung der spätbronzezeitlichen Fundstelle Bevaix-Süd am Neuenburgersee ist schon 2004 begonnen worden, sie dürfte aufgrund der starken Unterwassererosion am Fundort noch bis 2007 andauern. Die Arbeiten wurden und werden begleitet von einer ganzen Reihe von technischen Aufnahmen (Luftbildphotographie, akustische Aufzeichnungen mit hoher Auflösung), die es erlauben die Erforschung auszuweiten und bis in jene Zonen unter Wasser zu verfolgen, die bis jetzt unerreichbar waren. Solche Techniken könnten zum Beispiel angewandt werden um – im Rahmen ihrer Einreihung in die UNESCO-Kulturgüter – die Entwicklung der überfluteten Seeufersiedlungen zu verfolgen. |*

## Riassunto

La completa campagna di scavo subacquea del sito del Bronzo Finale a Bevaix-Sud (lago di Neuchâtel) è stata cominciata nel 2004 e proseguirà fino al 2007, vista l'importante erosione sublacustre che minaccia l'insediamento. Questi lavori sono stati preceduti e accompagnati da una serie di rilevamenti tecnici (fotografie aeree, scansioni acustiche ad alta definizione), che permettono di affrontare l'esplorazione e la ricerca di zone sommerse su superfici fino ad oggi inaccessibili. Tali procedure tecniche potrebbero, per esempio, essere utilizzate per seguire l'evoluzione dei giacimenti lacustri sommersi nel quadro della loro classificazione come oggetto seriale dall'UNESCO. |