

LES MÉTHODES DE L'ARCHÉOLOGIE SUBAQUATIQUE EN MILIEU FLUVIAL : PROSPECTION ET FOUILLE

Philippe Bonnin

Abstract

The methods of subaquatic archaeology in the rivers : Survey and excavation.

During the two last decades, subaquatic archaeology in the rivers has been greatly developed. Despite bad working conditions dues to current and turbidity, the implementation of scuba equipment allow systematic surveys completed by sophisticated systems like ultrasonic bathymetry, side scan sonar, metal detector, magnetometry. Excavation is also possible with specific tools like hydraulic or pneumatic suction devices and datas recording is efficient as in aerial excavations.

HISTORIQUE DE L'ARCHEOLOGIE EN RIVIERE

Les recherches en rivières ont un passé plus récent que celles menées en lacs mais après des balbutiements dans les années 1960, permis par l'utilisation du scaphandre autonome, la dernière décennie a vu se développer une nouvelle discipline : l'archéologie en milieu fluvial, grâce à la pénétration de l'archéologue en personne dans l'élément aqueux. Il convient de signaler que les débuts ont été essentiellement le fait de bénévoles.

L'opinion couramment répandue, jusqu'à une période récente, était que les dragages avaient ravagé tous les sites archéologiques et que, par ailleurs, les recherches étaient impossibles dans un milieu hostile du fait du courant et de la turbidité. L'existence même de sites dans le lit a été contestée, les objets découverts étant fréquemment attribués à la destruction de gisements de berge. Les résultats obtenus ont confirmé la possibilité d'intervention en milieu subaquatique et le formidable potentiel archéologique de rivières telles la Saône, la Charente, la Dordogne, ... Cette richesse n'est d'ailleurs pas l'apanage des lits mineurs puisque l'investigation des plaines alluviales a également livré des vestiges comparables, notamment des matériaux périssables d'ordinaire absents en milieu sec, en liaison avec des déplacements du lit et avec la présence de paléochenaux.

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Les eaux douces et notamment les rivières, auxquelles nous nous intéresserons ici, sont des milieux offrant un riche potentiel archéologique, comme l'ont prouvé les trouvailles remontant au siècle dernier et les recherches scientifiques menées au cours des deux dernières décennies. Elles livrent des témoins naturels ou anthropiques de toutes les périodes depuis la préhistoire jusqu'à nos jours. Ces vestiges mobiliers ou immobiliers témoignent des activités humaines qui se sont déroulées sur l'eau ou à proximité.

La rivière a d'abord apporté un moyen de subsistance par le produit de la pêche et de la chasse. Les moyens mis en œuvre ont laissé des traces sous forme d'engins : nasses, hameçons, filets et leurs poids, mais aussi de reste d'installations fixes : pêcheries, gords et d'engins flottants : pirogues, barques, viviers. La proximité de cette ressource alimentaire, alliée à des considérations de sécurité, a même parfois motivé l'implantation d'habitats accompagnés de leurs installations artisanales et domestiques dans le lit mineur notamment aux périodes proto-historiques.

La rivière est un moyen de transport idéal pour le déplacement de personnes et de marchandises. On en trouve les traces sous forme d'épaves et de leurs cargaisons, d'appareils de navigation : ancres, gaffes et d'installations portuaires. On remarque aussi des aménagements destinés à améliorer la navigabilité dont les plus perfectionnés sont les barrages éclusés du 19^e siècle mais dont les états primitifs, bien que récents, méritent une certaine attention dans le cadre de l'archéologie industrielle.

La rivière constitue aussi un obstacle auquel on a pallié par divers moyens de franchissement. Le plus simple est le gué, zone de haut-fond naturel, aménagée ou non, où une hauteur d'eau inférieure à quelques décimètres permettait le passage à pied ou bien avec une monture ou un véhicule. Le gué n'étant généralement praticable qu'à l'étiage, on a utilisé des embarcations qui se sont spécialisées sous forme de bacs puis construit des ponts dont on peut trouver des vestiges. Les gués, quant à eux, livrent de nombreux documents notamment culturels.

La rivière joue un rôle stratégique lors des conflits où elle défend les uns tandis qu'elle gêne la progression des autres. En temps de paix c'est un enjeu politique et financier car elle joue le rôle de frontière et se prête à la perception de multiples taxes.

L'énergie de l'eau courante des rivières est exploitée depuis l'antiquité pour entraîner des machines mécaniques aux fonctions variées ; mouture des céréales ou du tan, métallurgie, foulage du drap, frappe de la monnaie, pompage de l'eau, halage, etc. Les installations

sont flottantes : moulins bateaux ou fixes avec roue fixe ou pendue pour suivre les variations du niveau de l'eau. Les traces apparaissent sous forme de chaussées et de fondations.

On peut donc s'attendre à mettre au jour des éléments significatifs des rapports millénaires de l'homme et de la rivière.

INTÉRÊT PROTECTEUR DU MILIEU IMMERGÉ

L'élément aqueux est très favorable à la conservation des vestiges archéologiques. D'une part, l'eau a protégé les vestiges des actions humaines de destruction particulièrement désastreuses en milieu aérien, au moins avant les travaux d'exploitation de granulats ou de canalisation des rivières. Par ailleurs, les éléments organiques et minéraux qui ne subissent pas l'action de l'oxygène, de la lumière et des organismes biologiques destructeurs sont souvent parfaitement conservés d'où des découvertes souvent spectaculaires. Il y aura donc des possibilités d'analyses particulières sur ces éléments (datation par dendrochronologie, paléobotanique) et sur les techniques artisanales touchant le travail du bois, du cuir de la vannerie, des textiles...

PROSPECTION

La première phase du processus de recherche archéologique subaquatique consiste à localiser par prospection des sites qui sont masqués à la vue par une épaisse couche d'eau souvent turbide.

La prospection visuelle en plongée au hasard dans les grands cours d'eau donne des résultats mais au prix d'une dépense de temps et d'énergie considérable. Elle peut être rationalisée par la pré-localisation directe ou approximative des sites.

En effet, on peut classer les sites en trois types :

- les sites connus,
- les sites probables du fait du contexte ou de la documentation,
- les sites non connus, de loin les plus nombreux.

Dans les deux premiers cas, il s'agit d'exploiter des informations verbales, la bibliographie, l'histoire et les archives : cartes anciennes, terriers, écrits, iconographie, documents administratifs des services de la navigation.

L'étude des cartes est indispensable car elle apporte de nombreux indices : toponymes évocateurs comme, par exemple, « chemin du gué » ; limites territoriales ; voiries révélatrices comme des chemins sur chaque rive dans un même alignement. Les sources verbales peuvent également se révéler utiles. mémoire des riverains, des dragueurs, etc.

En l'absence de données documentaires, les prospections sont menées de façon aléatoire mais systématique : l'expérience des archéologues-plongeurs joue alors un

rôle prépondérant. Avant tout travail sur le terrain, il est bien sûr nécessaire d'obtenir les autorisations administratives nécessaires auprès des services archéologiques officiels et des propriétaires des cours d'eau.

Les techniques de prospection sont directes ou indirectes.

Prospection directe

Avant tout, le travail de terrain en archéologie subaquatique est une activité d'équipe qui nécessite le rassemblement d'un certain nombre de compétences ; archéologiques bien entendu mais aussi extra-archéologiques comme la maîtrise de la plongée dans des conditions parfois difficiles et des connaissances techniques pour la mise en œuvre de moyens spécialisés lourds : compresseur pour le remplissage des bouteilles de plongée, embarcations motorisées. La qualité des moyens humains est donc primordiale.

Il faut ajouter le respect de règles de sécurité particulières. La navigation commerciale et de plaisance est parfois relativement intense. Elle représente le principal danger en prospection. Les risques sont évités par la mise en place d'un balisage et d'une signalisation adéquats : pavillon alpha, panneaux d'interdiction latérale.

La façon la plus sûre pour repérer des indices archéologiques reste l'observation directe. Le moyen conventionnel actuellement utilisé pour identifier des sites archéologiques immergés en rivière est donc la prospection à vue par archéologues-plongeurs.

La profondeur moyenne des grands cours d'eau canalisés est ordinairement de 4 à 5 m. Les petites rivières sont profondes de quelques décimètres à quelques mètres. Le respect des conditions de sécurité impose la prospection par seulement deux plongeurs simultanément, ceci deux fois par demi-journée. Chaque plongeur intervient seul et bénéficie d'une surveillance par bateau ou par un accompagnateur à terre s'il ne s'écarte pas trop du bord. Il est indispensable de disposer de moyens d'oxygénothérapie et d'alerte des secours par radio ou téléphone.

L'équipement classique, combinaison et scaphandre, est complété par un profondimètre sensible, un sac en mailles pour stocker les objets, des bouées de balisage et une ardoise destinée à noter observations et positionnements (fig. 1). Le plongeur se déplace en zig-zag sur une bande de terrain en essayant de ne pas laisser de surface inexplorée et face au courant afin de ne pas être perturbé par les sédiments qu'il met en suspension. Pour des prospections rigoureuses ou la recherche de petits indices, on peut mettre en place un maillage de filins ou s'aider d'une ligne attachée à un point fixe autour duquel on pendule ou on effectue une rotation complète en avançant de un mètre après chaque cycle. Cette méthode présente l'inconvénient de se retrouver aveuglé à l'aval par les sédiments soulevés à l'amont. Avec une bonne expérience du milieu, on peut se passer de ces aides et se déplacer à l'estime dans la plupart des cas. On couvre ainsi 500 à 1 000 m² en une plongée de 60 à 120 minutes par demi-journée selon les conditions d'environnement. Il

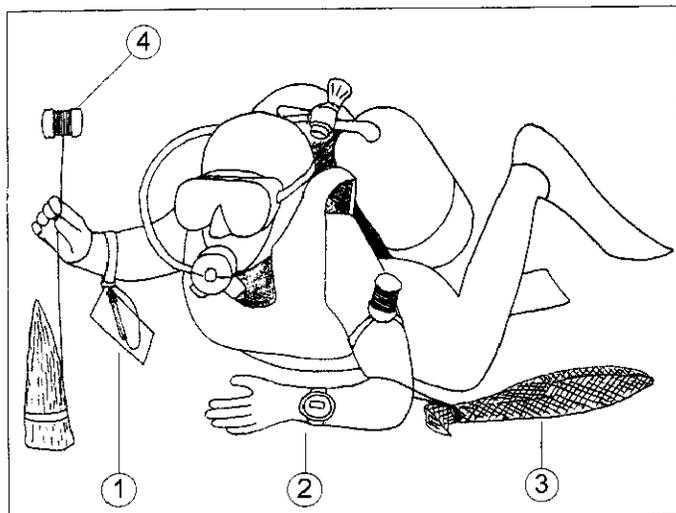


Fig. 1 - Equipement pour prospection à vue. 1 - ardoise, 2 - profondimètre, 3 - filet, 4 - bouée de balisage. Dessin Ph. Bonnin.

est à noter que le plongeur n'est pas assujéti à réaliser des paliers de décompression étant donné la faible profondeur des cours d'eau et qu'il n'y a donc aucune limitation à la durée de la plongée autres que celles induites par la fatigue, la température et le courant.

La présence d'une zone archéologique immergée se manifeste par des indices divers :

- objets en place ou roulés,
- structures dépassant du fond : pieux, quais, levées,
- reliefs anormaux de plus ou moins grande amplitude : gués, fosses,
- mini-reliefs anormaux repérables visuellement ou par bathymétrie,
- formations sédimentaires caractéristiques, tels que les niveaux argileux riches en végétaux.

Les vestiges archéologiques, structures ou mobilier, peuvent se présenter en place : leur intérêt est alors maximum. Cependant, même lorsqu'ils sont déplacés et donc hors-contexte (aspect concrétionné ou usé caractéristique), ils peuvent encore constituer des indices précieux pour la localisation de sites encore en place. La nature des sédiments permet de distinguer les zones perturbées par le passage des dragues des secteurs à potentiel archéologique. Actuellement, nous avons identifié douze types de faciès significatifs présents dans le lit de la Seine.

Les conditions de la prospection à vue sont souvent défavorables car la visibilité est très réduite et varie de zéro par eau très chargée à quelques mètres dans des cas rarissimes, avec un champ de vision fréquemment limité à 1/4 de m² dans des rivières comme la Saône ou la Seine. L'utilisation d'un éclairage artificiel est inutile car les particules en suspension diffractent la lumière et le remède est pire que le mal. On conçoit donc qu'il est impossible d'avoir une vision globale de ces vestiges archéologiques et des anomalies du relief révélatrices.

Néanmoins, la forme d'une structure peut être fidèlement matérialisée en surface par des bouées attachées à des points caractéristiques. Cette méthode a été couramment utilisée sur la Saône, notamment sur la pêcherie

médiévale du Port-Guillot à Saint-Marcel ainsi que sur une pile du pont gallo-romain de Chalon. La topographie en surface de ces structures est réalisée avec un théodolite. De façon générale, la zone prospectée (matérialisée par des bouées attachées aux vestiges) est positionnée grossièrement en prenant des amers par rapport à des repères terrestres (les cours de la Seine et de la Saône étant jalonnés de bornes implantées par les services de la navigation, il est possible d'effectuer un repérage absolu). Bien qu'un prospecteur habitué à un site puisse facilement retrouver ses découvertes à l'estime, il est néanmoins important de localiser précisément les vestiges dans le but de permettre leur accès ultérieur par d'autres chercheurs. C'est pourquoi, afin de les retrouver facilement, on peut les relier à la berge par un filin de nylon en prenant soin de bien l'amarrer et de le couvrir partiellement pour éviter sa rupture lors des crues.

A ce stade de la recherche, il est souvent possible d'effectuer, sans fouille, un relevé topographique précis de structures naturellement dégagées en utilisant des moyens simples à mettre en œuvre. Pour les relevés directs au fond, on utilise les mêmes méthodes et moyens de mesure qu'en fouille : décamètre, boussole, ardoise pour notes, etc. La profondeur est mesurée avec un profondimètre électronique d'une résolution de 10 cm. Sur les rivières canalisées, la surface de chaque bief peut être considérée comme horizontale et constitue un excellent référentiel d'altitude. Enfin, la visibilité est parfois suffisante pour autoriser la prise de vue photographique et vidéo.

Prospection indirecte

La mise en œuvre des moyens de prospection conventionnels décrits ci-dessus est longue et fastidieuse. L'exploration exhaustive d'un cours d'eau sur plusieurs dizaines de kilomètres demanderait un travail s'échelonnant sur plusieurs générations. Afin d'améliorer le rendement des recherches, on peut recourir à des moyens spécifiques de prospection géophysique. Ils permettent d'obtenir rapidement des représentations graphiques du fond de la rivière mettant en jeu des paramètres divers : topographie, géologie, relief, dont l'interprétation va aider à la localisation ou la compréhension des sites immergés. D'autres permettent de localiser directement des objets ou structures enfouis.

Cartographie bathymétrique par ultrasons : L'objectif de cette technique, qui donne des résultats spectaculaires, est d'obtenir rapidement une représentation graphique globale d'une portion du lit de la rivière sous forme d'un ensemble d'isobathes dont l'analyse permettra de faire un diagnostic rapide et économique de l'état du lit, dragué ou non, de repérer des anomalies topographiques révélatrices de zones potentiellement archéologiques, comme des aménagements de berges ou des gués et ainsi d'orienter les prospections à vue.

Une première expérience appliquée à l'archéologie fluviale a eu lieu en 1988 dans la Saône sur le gué du Port-Guillot. Une équipe du laboratoire central des Ponts et Chaussées de Blois, spécialisée dans les investigations liées aux aménagements et ouvrages d'art immergés, a

effectué le relevé tridimensionnel du secteur du gué. Les restitutions graphiques en courbes de niveau ont parfaitement montré le relief du gué et ont facilité la compréhension du site. Elles ont donné lieu à la réalisation d'une maquette.

Afin d'assurer son autonomie pour ce type de prospection, Le Groupement de Recherches Archéologiques subaquatiques (Bonnin, 2000, cat.) a développé une méthode et un matériel parfaitement adaptés au traitement informatique des mesures, rendant leur interprétation plus aisée. Il s'agit donc de mesurer la profondeur sous un niveau de référence constitué par le plan d'eau, après prise en compte de la hauteur d'eau du jour qui peut varier, en des points positionnés dans le plan horizontal puis de traiter ces informations pour aboutir à des représentations graphiques exploitables.

Le processus complet comprend trois phases (fig. 2 et 3):

- implantation et relevé topographique du secteur à cartographier,
- acquisition numérique de profils linéaires transversaux par un système embarqué,
- traitement des données et restitution par un système de traitement à terre.

Une phase complémentaire constitue l'interprétation qui fait appel à l'expérience acquise sur de nombreuses mesures antérieures vérifiées visuellement.

Sur le gué du Port-Villier à Chalon-sur-Saône, le relief du fond, relevé sur plus de 500 m selon cette méthode, en 1997 et 1998, a montré un faciès caractéristique de haut-fond, bordé de fosses à l'amont et à l'aval (fig. 4 et 5).

La bathymétrie informatisée permet d'obtenir rapidement le relief du fond d'une rivière (environ 3 heures pour



Fig. 3 - Installation embarquée pour la bathymétrie.

un hectare, traitement informatique compris); elle n'a toutefois pas la prétention de se substituer à la prospection à vue car elle ne montre que les reliefs de grande amplitude. Les deux méthodes sont parfaitement complémentaires si on les applique simultanément.

Pénétrateur de sédiments: C'est un appareil à ultrasons dont la fréquence basse permet la pénétration dans le fond. Un signal ultrasonore est émis de la surface et réfléchi par le fond mais aussi par l'interface entre les couches sous-jacentes de nature différente ou par un objet. Les mesures sont effectuées en dynamique, par avance régulière du bateau, à intervalle régulier, et enregistrées automatiquement. L'enregistrement obtenu montre une coupe du sous-sol représentant les variations de la constitution géologique du lit sur plusieurs mètres de profondeur. Cette coupe est exploitable en archéologie pour localiser des objets ou des structures archéologiques, épaves ou constructions enfouies, ou des zones à faciès géologique caractéristique pouvant livrer des

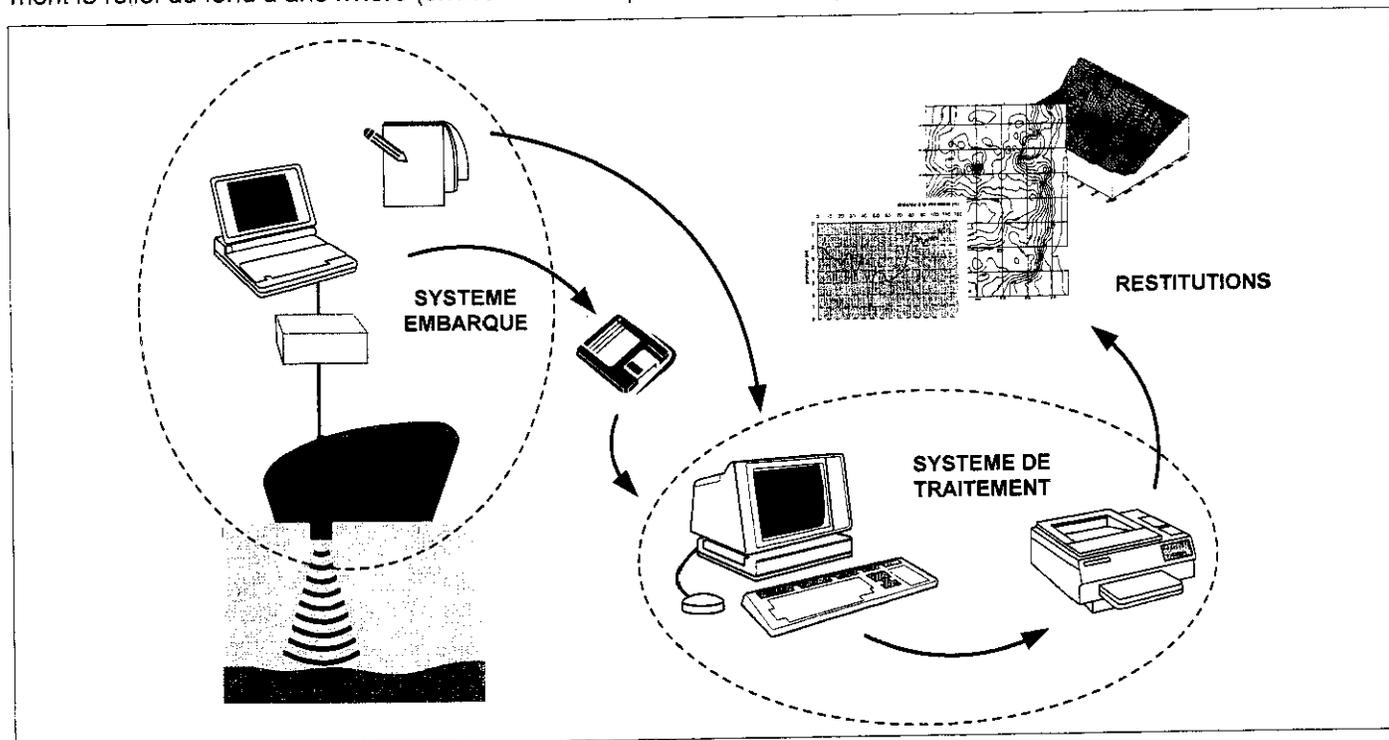


Fig. 2 - Principe de la cartographie bathymétrique par ultrasons. Dessin Ph. Bonnin.

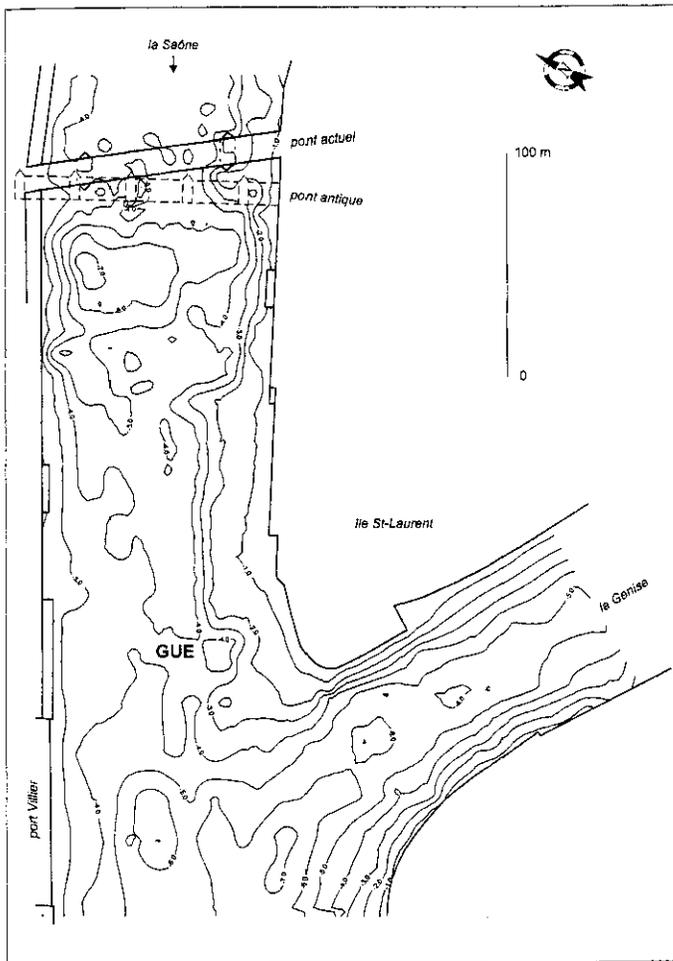


Fig. 4 - Représentation isobathymétriques de la Saône à Chalon (campagne 1997-1998). Le gué est limité par des fosses à l'amont et à l'aval. Dessin Ph. Bonnin.

vestiges comme des fosses comblées ou des secteurs argileux favorables.

Les expériences menées en Saône avec le concours du laboratoire central des Ponts et Chaussées de Blois n'ont toutefois pas été significatives car le fond était essentiellement constitué de graviers compacts constituant un obstacle à la pénétration des ultrasons. Une telle méthode ne peut donc donner de résultats qu'en présence de sédiments fins.

Prospection électrique par courant continu ou résistivimétrie : Cette méthode permet de matérialiser la nature et la répartition des matériaux constituant un sol. Elle est appliquée depuis longtemps en archéologie terrestre pour rechercher des structures enfouies comme des fossés comblés ou des murs. En subaquatique, elle a été développée notamment pour l'implantation d'ouvrages d'art et l'étude des matériaux. Le principe consiste à mesurer la résistivité électrique du sol à l'aide d'un ensemble d'électrodes disposées sur le fond et reliées à un générateur de courant et à un système de mesure installés sur une embarcation. La valeur locale de la résistivité du sol est en corrélation directe avec la nature du matériau le constituant : forte pour la roche compacte, plus faible pour les sédiments meubles. L'écartement des électrodes détermine la profondeur de terrain analysé. Les mesures peuvent être réalisées en statique en positionnant les électrodes selon un quadrillage prédéfini. L'exploitation consiste à représenter en planimétrie les valeurs des mesures obtenues sous forme de courbes isorésistives qui feront apparaître des zones contrastées pouvant correspondre à des indices archéologiques. On peut également effectuer des mesures dynamiques en remorquant une « flûte » constituée d'électrodes à partir d'un bateau, à une vitesse de quelques kilomètres par

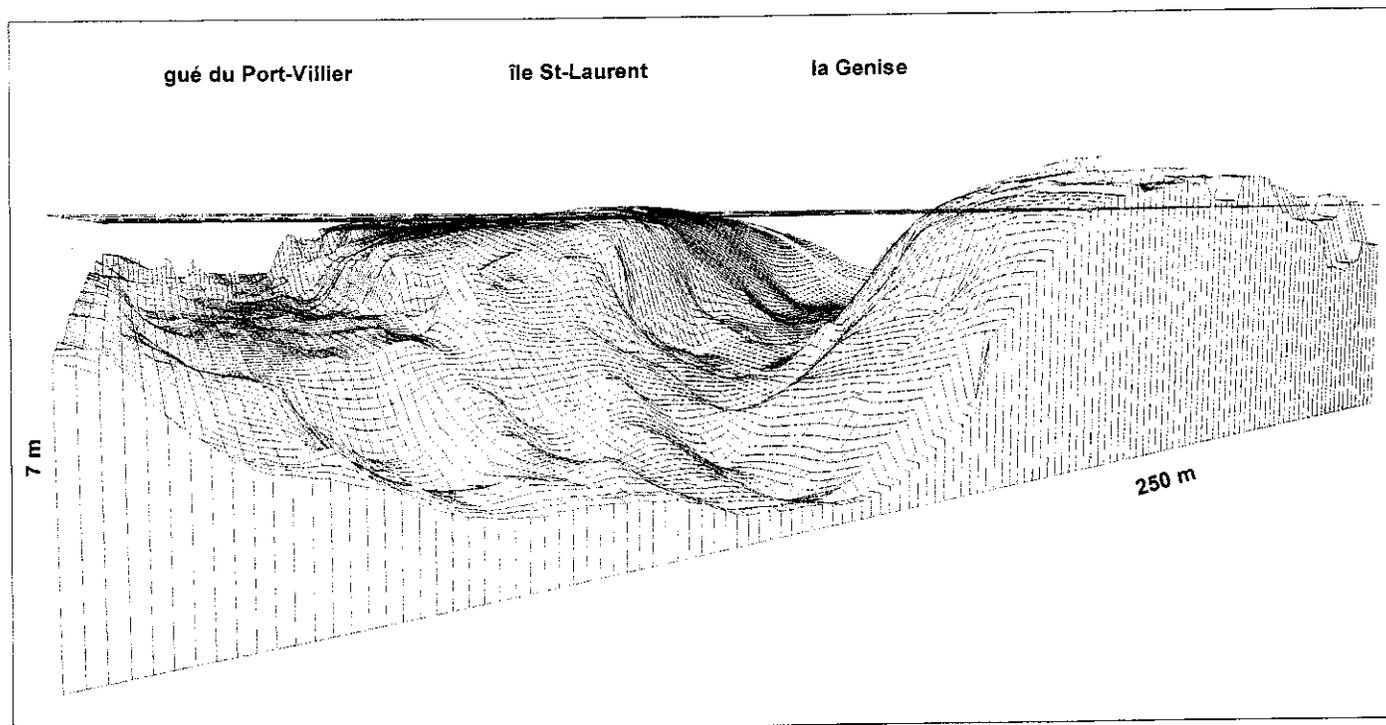


Fig. 5 - Vue tridimensionnelle de la Saône à Chalon (campagne 1997-1998). Dessin Ph. Bonnin.

heure. Comme pour le pénétrateur à sédiments, les mesures sont faites à intervalle régulier et enregistrées automatiquement. Après exploitation, on obtient une coupe en long du lit de la rivière représentant les variations de la constitution géologique du lit sur des profondeurs allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.

A Ouroux-sur-Saône, en 1991, l'application de cette méthode a mis en évidence un accident tectonique expliquant l'affaissement du pavage du gué.

Prospection magnétométrique: Certains matériaux comme les alliages ferreux, des minéraux, ou la terre cuite, possèdent des propriétés particulières qui modifient localement le champ magnétique naturel de la terre. La mesure des paramètres du champ magnétique en différents points d'un quadrillage géométrique du terrain à explorer permet de tracer un réseau de courbes isomagnétiques mettant en évidence des anomalies qui révéleront la présence d'objets ou de structures archéologiques: ferrures d'épaves, crampons de scellement de blocs, concentrations de céramiques... La pollution moderne peut perturber fortement les mesures et rendre toute recherche impossible.

Prospection électromagnétique: Les métaux ferreux et non ferreux, certains minéraux et parfois la terre cuite sont détectables avec des appareils portatifs immergeables appelés détecteurs de métaux ou vulgairement « poêle à frire » qui sont mis en œuvre dans le cadre des prospections visuelles. En France, l'utilisation en est réglementée même sur des chantiers autorisés par ailleurs. Les résultats sont intéressants notamment sur les secteurs à potentiel archéologique prédéterminé comme des gués ou des dépotoirs, à condition de bien maîtriser l'appareil et de prendre en compte la pollution moderne qui peut rendre le travail impossible dans certains cas. Le rendement au niveau couverture de terrain est le même que pour la prospection par plongeur c'est-à-dire limité.

Le détecteur a été utilisé de manière systématique en 1992 et 1993 sur le tracé du Gué de la Casaque à Ouroux-sur-Saône afin de localiser des anomalies magnétiques susceptibles de correspondre à des dépôts votifs antiques.

Sonar latéral: Le sonar latéral produit rapidement des images du relief du fond qui s'apparentent à une vue, depuis la verticale, d'un sol illuminé par un éclairage rasant directif. Un bateau porte deux transducteurs disposés dos à dos. A intervalle régulier, chaque transducteur émet latéralement un bref signal ultrasonore selon un pinceau très ouvert verticalement et très étroit dans l'axe d'avance. Après chaque émission, des récepteurs enregistrent en continu les échos émis par le fond pendant une durée correspondant à l'aller-retour maximum de l'onde désiré. Selon la disposition et la réflectivité de chaque point appartenant au secteur « illuminé » par les transducteurs, l'enregistrement graphique sera plus ou moins contrasté. Les surfaces normales à l'onde donneront un écho noir alors que les surfaces masquées par un relief, ne renvoyant aucun écho, seront claires. Ce sont

principalement ces ombres portées acoustiques qui révèlent des anomalies ponctuelles du relief correspondant à des objets dépassant du fond. L'interprétation des relevés est délicate et demande une grande expérience. Il s'agit de sélectionner les points caractérisés par une signature acoustique particulière puis de les positionner sur une carte afin d'aller les vérifier sur le terrain. Cette dernière tâche est la plus difficile et la plus longue.

En 1988, des prospections ont été réalisées dans la Saône au Sud de Chalon sur le secteur du Port-Guillot par le laboratoire central des Ponts et Chaussées de Blois. Les enregistrements montraient des échos à priori intéressants qui, après plongées de vérification, correspondaient à des épaves modernes saillant bien du fond mais à aucune réalité archéologique. Des points connus susceptibles d'être enregistrés par le système, pirogue de l'âge du bronze et pieux, n'ont donné lieu qu'à des échos peu significatifs. Des prospections faites sur la Charente en 1984 et 1986 ont donné des résultats identiques. Les investigations par sonar latéral en rivière semblent donc peu productives. Ceci est probablement dû au manque de sélectivité du système qui ne prend pas en compte les détails archéologiques courants qui, de dimensions souvent trop faibles, ne font pas assez saillie sur le lit.

En définitive, si la bathymétrie, le détecteur de métaux et le pénétrateur à sédiment peuvent rendre de réels services en archéologie fluviale, la résistivimétrie, la magnétométrie et le sonar latéral donnent des résultats spectaculaires en mer mais peu intéressants en rivière, d'après les démonstrations auxquelles nous avons assisté.

Enfin, des observations faites depuis la surface peuvent être très productives. Sur les rivières non canalisées et peu profondes, les obstacles en saillie se révèlent simplement par des remous bien visibles. Il est également utile de profiter des périodes de basses eaux naturelles ou provoquées pour reconnaître l'état du lit mis à l'air libre.

FOUILLE

La seconde phase du processus de recherche archéologique subaquatique consiste à fouiller les sites localisés.

Principes généraux: La fouille, comme en milieu terrestre, ne consiste pas seulement à dégager les vestiges enfouis pour les récupérer. Il s'agit d'un acte grave car, agissant par enlèvement de matériau, elle occasionne la destruction irréversible du site. Il convient donc d'appliquer des principes rigoureux qui permettront de conserver toutes les données contenues dans le sol avant leur étude en laboratoire. Le processus général est le suivant:

- délimitation géographique et matérialisation de la zone à fouiller,
- enlèvement des sédiments gênants sans endommagement des vestiges,
- fouille des couches archéologiques par strates horizontales,

- positionnement topographique des objets et structures dans les trois dimensions,
- observations in situ,
- dépose et récupération des vestiges et de tout ou partie du sédiment encaissant,
- enregistrement des observations.

Organisation : La fouille archéologique subaquatique suppose une organisation importante. Elle doit être programmée et tous les moyens humains et matériels doivent être disponibles et fonctionnels pour la durée de l'opération qui peut s'étendre sur plusieurs années car le rythme de travail est plus lent qu'en fouille terrestre. Chaque chantier pose des problèmes spécifiques qui nécessitent des adaptations ou la création de moyens techniques qui ne sont pas forcément de haut niveau mais demandent la collaboration d'esprits « inventifs » et « bricoleurs ». L'entretien du matériel est également important et nécessite du personnel compétent. Il faut également prévoir toute la logistique associée au chantier : hébergement, locaux de travail, stockage du matériel de fouille et archéologique. Comme on utilise des moyens mécaniques, il faut assurer l'approvisionnement des consommables, essence et huile, ainsi que la possibilité de réparations en disposant d'outillage et de pièces de rechange car une simple défaillance du matériel peut compromettre sérieusement le déroulement de l'opération.

Pré-fouille : La zone à fouiller a été déterminée après des recherches préliminaires en archives, prospection à vue en plongée, carottage, bathymétrie, sonar latéral ou à sédiments, magnétométrie... ou découverte fortuite. Il s'agit éventuellement de confirmer les indices et préparer la fouille proprement dite en réalisant des sondages ponctuels. Des carottages par enfouissement de tubes ou le sondage par enfouissement de simples tringles donnent des informations sur la stratigraphie du sous-sol et orientent la stratégie et les moyens à adopter. C'est à ce moment qu'il faudra prendre l'avis des spécialistes qui seront chargés des éventuelles analyses archéométriques : dendrochronologie, paléoenvironnement, géomorphologie... A ce stade, on se contente d'un positionnement sommaire de la zone sondée, notamment à l'aide de flotteurs amarrés aux points caractéristiques qui, en outre, participent à la sécurité.

La fouille : Avant de commencer la fouille, il faut choisir le moyen d'intervention dans le milieu aquatique. En rivière on utilisera essentiellement le scaphandre autonome car les méthodes d'assèchement par mise en place d'un caisson ou le rabattement de nappe sont souvent impossibles. L'expérience a montré que l'implantation d'enceintes en palplanches non asséchées, destinées à isoler le site fouillé du courant, était plus souvent nuisible qu'utile et de plus d'un coût exorbitant. L'utilisation d'un ponton ou d'un bateau comme support pour le matériel de surface est quasi indispensable. Il sera équipé de panneaux de signalisation réglementaires en vigueur. Dans tous les cas, il est indispensable de disposer en permanence d'une ou de plusieurs embarcation(s) motorisée(s) pour

assurer la sécurité et les allers-retours entre la berge et le site (fig. 6).

Localisation : Une des règles de la fouille archéologique consiste à enregistrer la position de chaque vestige. On implante donc au fond un référentiel topographique local qui va servir à l'enregistrement.

- Pour les structures allongées et étroites (telles que les alignements de pieux sur des distances pouvant atteindre plusieurs centaines de mètre), l'axe de référence est matérialisé par un câble tendu servant de base à la triangulation.

- Pour les zones plus sensibles (type habitat avec niveaux en place), l'installation de carroyages métalliques s'impose. Des règles nivelées forment une référence horizontale d'altitude. La mise en place est longue mais le résultat efficace. Ce système a été utilisé avec succès lors de la fouille de l'habitat de l'âge du Bronze du gué des Piles à Chalon-sur-Saône, de 1983 à 1986. L'implantation systématique de triangles isocèles-rectangles a permis des relevés au 1/10° (avec une précision de l'ordre du centimètre).

Le référentiel local est lui-même positionné, à l'aide d'instruments topographiques, par rapport à des repères aériens bien connus, berges et bornes de navigation.

Dégagement : La main nue permet de créer un léger courant d'eau suffisant pour dégager les objets mêmes fragiles sans les détériorer. Outre les outils légers habituellement employés en archéologie terrestre, on utilise des moyens spécifiques :

- Lance à eau type pompier, à jet concentré ou diffus, qui assure un décapage et un dégagement violent, à n'utiliser que dans les sédiments archéologiquement vierges.

- Lance à eau type Galéazzi. L'eau est partagée en deux parties. Un jet direct et un autre dévié qui aspire les sédiments et les refoule vers l'arrière. Elle est utilisée pour creuser et extraire des pieux.

- Suceuse à eau qui permet l'aspiration des sédiments meubles par effet Venturi. La puissance est ajustable, le travail est fin et il y a possibilité de récupération pour tri en surface. Les rejets ne peuvent pas être évacués loin de la fouille.

- Suceuse à air. L'aspiration est puissante, elle remonte les sédiments à la surface d'où ils sont facilement évacués à de grandes distances. La manipulation est délicate mais l'efficacité certaine. Avec un débit d'air suffisant, nécessitant la mise en œuvre d'un compresseur de chantier, le système fonctionne sous de faibles hauteurs d'eau.

Il faut éviter le recouvrement des surfaces à fouiller par les tas de rejets de suceuse afin d'éviter de perdre du temps à les déplacer.

La manutention de blocs gênants ou d'objets même très lourds est relativement aisée en utilisant des parachutes gonflés à l'air.

Topographie : Que ce soit dans le cas d'un carroyage ou d'un référentiel constitué par un axe linéaire, on tra-

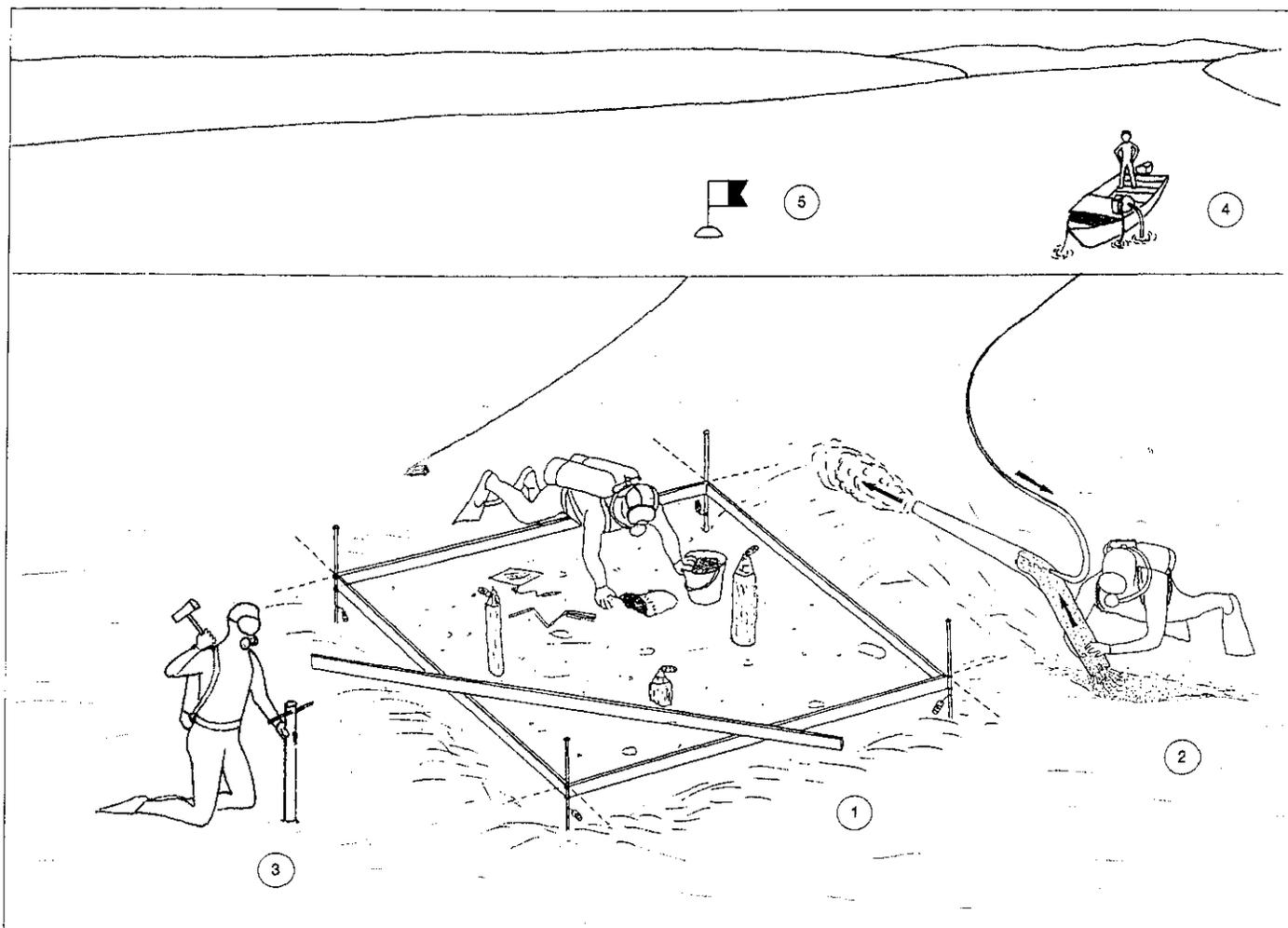


Fig. 6 - Chantier de fouille subaquatique : 1 - carré équipé pour la topographie, 2 - suceuse, 3 - carottage, 4 - embarcation (support et sécurité), 5 - balisage. Dessin Ph. Bonnin.

vaillie par triangulation. Les mesures concernant le matériel archéologique et la stratigraphie sont prises à l'aide de mètres et de décamètres. Les notes sont prises au crayon sur une planchette en PVC. Ces données sont ensuite facilement transposables sur papier, à échelle réduite, à l'aide de la règle et du compas. Sur certains chantiers, les mesures sont retransmises en surface par téléphone.

L'altitude est prise au mètre dépliant par rapport aux règles de référence, avec une précision courante de l'ordre du centimètre ou bien avec un profondimètre électronique sensible pour des mesures plus grossières ou un profondimètre pneumatique différentiel pour niveler des points éloignés.

Il existe des systèmes de positionnement acoustiques constitués d'un ensemble de balises fixes disposées sur le chantier qui déterminent et enregistrent automatiquement la position dans les trois dimensions d'un boîtier émetteur à placer aux points à déterminer. Ce type d'instrument est encore peu répandu du fait de son coût et des compétences nécessaires pour le mettre en œuvre ; il semble plus adapté à un travail sous-marin sur chantier étendu.

La topographie par photogrammétrie est impossible en eau trouble même avec un objectif grand angle à cause

de l'effet de parallaxe. Par contre la photographie de détails est possible avec un objectif de focale 15 mm par exemple.

En fouille, le manque de visibilité est moins gênant qu'en prospection. On peut donc envisager l'emploi de lampes pour effectuer des observations comme sur les épaves gallo-romaines du pont de Chalon-sur-Saône où la lumière naturelle n'était pas suffisante au fond des tranchées de fouille.

Enregistrement : Chaque relevé est mis au propre le plus tôt possible après la plongée et un cahier de fouille est rempli pour recueillir les observations non enregistrables par le dessin ou la photographie.

Prélèvements : Après repérage spatial, les objets sont prélevés et remontés. Des précautions particulières doivent être prises pour les objets organiques fragiles qui sont souvent à la limite de la flottabilité. On les conditionne sur des plaques dans des récipients fermés ou on les prélève en motte avec leur sédiment encaissant. Il faut recueillir régulièrement des carottes et des rondelles de bois pour la dendrochronologie.

Des problèmes particuliers se posent pour les objets fragiles de grandes dimensions comme les bateaux. Après un relevé topographique précis, les objets composites peuvent être démontés et extraits pièce par pièce et

les objets monoxyles sectionnés en tronçons manipulables qui seront réassemblés en laboratoire ultérieurement.

Pour le renflouement sans endommagement, les épaves sont posées sur des bâtis métalliques après dégagement des sédiments ou avec une partie de la gangue. Ceci nécessite un travail de préparation pour insérer les supports sous l'objet et l'assemblage du bâti qui doit être conçu dans ce but. Le bateau monoxyle assemblé d'Epervans dans la Saône a été extrait ainsi en 1991.

Il est possible de réaliser des moulages avec des élastomères polymérisables sous l'eau.

Les sédiments sont également exploités. On les prélève dans des seaux, par couche en échantillonnant de manière significative dans chaque carré. Ils font ensuite l'objet d'un tri par tamisage pour la récupération des macro restes organiques et autres : pierres, argile, remplissage végétal, bois brûlés, faune, coprolithes, industrie lithique, qui seront étudiés par les spécialistes. Les carottes de sédiment permettent les études sédimentologiques et paléoenvironnementales.

APRES LA FOUILLE

Un aspect important à prendre en compte est la conservation des documents archéologiques qui ne va pas sans poser des problèmes. Il est donc absolument nécessaire de prévoir sur le site une infrastructure en matériel et personnel pour assurer la conservation au moins provisoire de certains objets.

- pierre et céramique : peu sensibles au séchage mais à surveiller,

- verre : souvent oxydé, garder humide jusqu'au traitement définitif ou séchage contrôlé, à l'abri de la lumière

- métal : selon l'état à sécher ou à conserver dans l'eau, éviter l'oxydation à l'air,

- bois, textile, fibres, cuir : très sensibles au séchage. A conserver dans l'eau additionnée d'un fongicide, à l'abri de la lumière et des variations climatiques. Pour les grands objets, on peut envisager une réimmersion dans un lieu facilement accessible après étude.

Enfin, après des études sur les documents mis à la disposition des spécialistes et l'exploitation des observations réalisées pendant la fouille, il s'agira de produire des rapports intermédiaires puis un rapport final synthétique et une ou plusieurs publications scientifiques pour diffuser les résultats.

Bibliographie

BLOT J.-Y.

1995 : *L'histoire engloutie*, Gallimard.

BOCQUET A., COLARDELLE M., LAURENT R.

1976 : *Méthodes de fouille en lacs et en rivières*. Pré-tirage, IX^e congrès de l'UISPP, Nice.

BONNIN P.

1999 : *Méthode de diagnostic archéologique subaquatique*, in : Actes de la journée archéologique de l'Essonne, Milly-la-Forêt, 18 octobre 1997, Argenton-sur-Creuse, pp. 22-35.

BONNIN P.

2000 : Archéologie de la Haute-Seine et de ses affluents (présent catalogue).

FOEX J.-A., GAUDIOL-COPPIN B.

1984 : L'Histoire en eau trouble, *Science et Vie*, n° 804, sept 1984, pp. 56-61.

HARRISSON F., MARTIN C., O'KEEFE J., PEARSON C., PROTT L.-V.

1984 : *La sauvegarde du patrimoine subaquatique*, Protection du patrimoine culturel, cahiers techniques de l'UNESCO : musées et monuments 4, Louvain.

PELLETIER A., BOCQUET A., MARGUET A.

1985 : *L'archéologie et ses méthodes*, Horvath, pp. 137-157.

BOCQUET A.

1984 : Archéologie des lacs et des rivières, Vingt ans de recherches subaquatiques en France, Rumilly, s. p.