

Étude géophysique et résultats de fouilles sur un secteur de la ville antique d'Erétrie (Eubée, Grèce)

Autor(en): **Gex, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **87 (2000-2001)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-281393>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Etude géophysique et résultats de fouilles sur un secteur de la ville antique d'Erétrie (Eubée, Grèce)

par

Pierre GEX¹

Abstract.—GEX P., 2000. Geophysical study and excavation results in a sector of ancient Eretria (Euboea, Greece). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 87.1: 61-80.

Eretria was one of the more important cities in ancient Greece. After its decline at the end of the Roman Empire, it was refounded in 1824 by refugees from the island of Psara, who called it Nea Psara. The modern town presently occupies approximately two thirds of the area of the ancient city and continues to expand, to the detriment of the archaeological remains. Excavations are carried out by the Greek Archaeological Service and by the Swiss School of Archaeology in Greece, which has conducted research there since 1964. For several years, geophysical campaigns have taken place. The article presents the methods used and compares the geophysical interpretation with excavation results in a sector which is important for our knowledge of the city in Roman Imperial times. Magnetic and geoelectrical methods were systematically applied in a limited area, but only the resistivity method brought tangible results. These, however, led to the discovery and complete excavation of a temple dedicated to the Imperial cult, the presence of which might have escaped the excavators' attention without the geophysical survey. Finally, through *a posteriori* comparison of the geophysical anomalies with the structures excavated, the interpretation based on the filtered anomalies of apparent resistivity could be tested directly.

Keywords: geophysical prospecting, resistivity method, magnetics, archaeology, Eretria, Greece.

Résumé.—GEX P., 2000. Etude géophysique et résultats de fouilles sur un secteur de la ville antique d'Erétrie (Eubée, Grèce). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 87.1: 61-80.

La ville antique d'Erétrie est l'une des cités de moyenne importance de la Grèce antique. Elle est située sur l'île d'Eubée, au nord de l'Attique. Après sa disparition à la fin de l'Empire romain, elle fut refondée en 1824, d'abord sous le nom de Nea Psara. La ville moderne occupe actuellement près des deux tiers de la superficie de la ville antique et

¹Institut de Géophysique, Université de Lausanne, CP, CH-1015 Lausanne.

E-mail: Pierre.Gex@ig.unil.ch

CODEN: BSVAA6

son extension continue menace son patrimoine archéologique. Les fouilles sont exécutées d'une part par le Service archéologique grec et d'autre part par l'Ecole suisse d'archéologie en Grèce (ESAG) qui y a son site scientifique de recherches depuis 1964. Depuis quelques années, plusieurs campagnes de prospection géophysique ont été menées sur le site. L'article présente la méthodologie et l'interprétation géophysique comparées avec les résultats de fouilles sur une zone importante pour la compréhension de la cité à l'époque impériale romaine. Les méthodes magnétique et géoélectrique ont été appliquées systématiquement sur une parcelle restreinte. Seule la méthode des résistivités a apporté des résultats très concrets. Ceux-ci ont conduit à la découverte puis à la fouille d'un temple du culte impérial dont la présence aurait peut-être échappé au fouilleur sans l'apport de la géophysique. Enfin, la possibilité de comparer *a posteriori* les anomalies géophysiques avec les vestiges mis au jour le long d'un profil a permis de tester l'interprétation faite à l'aide des anomalies filtrées de résistivités apparentes.

Mots-clés: prospection géophysique, résistivité, magnétisme, archéologie, Erétrie, Grèce.

1. INTRODUCTION

L'exploration archéologique en Grèce, comme dans tout pays au riche passé historique et artistique, est soumise à une stricte réglementation nationale. La surveillance, les fouilles et la recherche sont le fait des différents services locaux (éphories) du pays, placés sous l'égide du Ministère de la Culture. Les éphories interviennent notamment lors des découvertes fortuites ou faites lors de travaux de fondation et de génie civil, pour documenter, sauvegarder, et si possible mettre en valeur les vestiges mis au jour. On peut citer comme exemple récent les chantiers de construction du métro d'Athènes qui ont permis la découverte d'importantes et riches nécropoles sur lesquelles travaillent de nombreux chercheurs.

Conjointement à l'activité de l'archéologie nationale grecque, de nombreuses missions et écoles étrangères travaillent sur des sites antiques importants également sous l'égide du Ministère de la Culture. L'Ecole française d'Athènes par exemple, la plus ancienne (fondée en 1846), s'est implantée dès 1892 sur le site prestigieux de Delphes où elle a réalisé les travaux de dégagement des vestiges imposants que nous pouvons visiter aujourd'hui. Cette même école travaille sur les îles de Délos et de Thasos, pour ne citer que les endroits les plus classiques. L'Ecole britannique poursuit des recherches à Mycènes ainsi qu'en Crète tandis que l'Institut archéologique allemand fouille depuis de nombreuses années à Olympie et à Tirynthe entre autres. L'Ecole américaine fouille elle aussi des sites importants, notamment ceux de Corinthe, de Némée ainsi que l'Agora d'Athènes. A part les écoles citées, qui disposent de moyens considérables et d'une infrastructure locale enviable, de nombreuses écoles étrangères plus modestes sont actives sur d'autres sites antiques et apportent leur contribution à la recherche archéologique, sous forme de fouilles et de publications sur le matériel mis au jour.

L'Ecole suisse d'archéologie en Grèce (ESAG) a été fondée en 1964, initialement avec le rang plus modeste de mission. Implantée sur le site de la ville d'Erétrie en Eubée, elle est soutenue par le Fonds national suisse de la recherche scientifique et également par des fonds privés qui permettent les travaux de fouille, la préservation des structures découvertes, la restauration des objets ainsi que la publication des travaux des chercheurs. Avant l'arrivée de la mission suisse, le site avait été préalablement étudié, déjà dès la fin du siècle dernier, par des archéologues grecs et américains qui avaient mis au jour des vestiges importants de nécropoles, d'un théâtre, d'un gymnase et d'un temple dédié à Apollon.

2. SITUATION ET RAPPEL HISTORIQUE

La ville d'Erétrie se trouve sur l'île d'Eubée, à 50 km au N à vol d'oiseau d'Athènes (fig. 1). Située au bord de la mer, à seulement 7 km de l'Attique, la ville actuelle, qui compte environ 3000 résidents, a été fondée en 1824 sur une partie du site historique par les réfugiés de l'île de Psara, d'où son nom de Nea Psara à cette époque. Elle fut rebaptisée de son nom antique plus tard. La cité moderne menace par son extension continuelle les possibilités d'étude des structures antiques. La ville est bâtie en partie sur le cône de déjection à faible pente d'un petit torrent le plus souvent à sec, mais dont les crues peuvent être violentes à en juger son «canyon» étroit de près de 3 m de profondeur. Une acropole de calcaires domine le nord de la cité à 123 m d'altitude. Les vestiges et les structures en dur telles que murs et pavages se trouvent à faible profondeur, de l'ordre de 50 cm ou même moins, ce qui facilite naturellement la prospection géophysique ainsi que le premier décapage des sondages archéologiques. Le milieu encaissant les structures est constitué principalement d'alluvions fines et de colluvions.

Après des traces d'occupation préhistorique, la première floraison de la ville remonte au VIII^e siècle av. J.-C. et son histoire mouvementée peut se suivre jusqu'à l'époque paléochrétienne. Durant le VI^e siècle av. J.-C., la ville se développe et plusieurs sanctuaires sont construits dont un temple dédié à Apollon. Après avoir soutenu des révoltes en Asie mineure quelques années auparavant, elle sera détruite par les Perses en 490 av. J.-C. durant la première guerre médique. Néanmoins, la ville participera dix ans plus tard à la victoire finale contre les Perses. Pendant les deux siècles suivants, elle s'enrichit de nouveaux édifices comme un temple dédié à Dionysos, dont il ne reste aujourd'hui que les fondations, un théâtre et un gymnase qui seront tous deux remaniés beaucoup plus tard par les Romains. Ceux-ci détruisent la ville en 198 av. J.-C. au début de leur conquête de la Grèce. Encore une fois, elle renaît de ses cendres pour près d'un siècle jusqu'à sa nouvelle destruction par

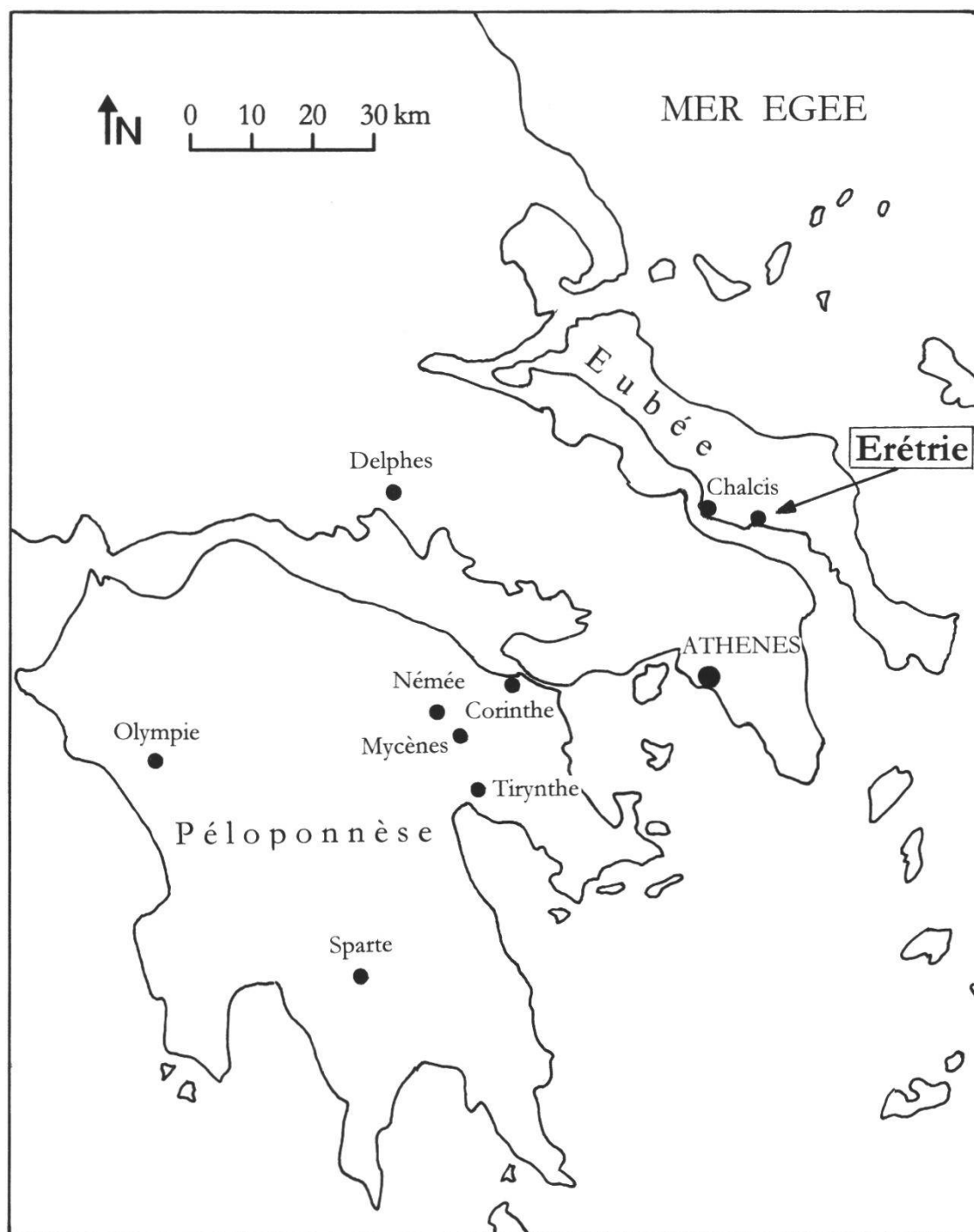


Figure 1.—Carte générale de la Grèce continentale et situation de la ville d'Erétrie

Sylla en 86 av. J.-C. pour venger la trahison de la cité par son ralliement à Mithridate VI, roi du Pont. Athènes, qui lui avait également ouvert ses portes, subira le même sort. La vie d'Erétrie se poursuivra pourtant avec une certaine vigueur comme quelques témoignages semblaient l'indiquer. Les fouilles récentes confirment pleinement cette impression par la découverte notamment de quartiers «industriels» importants qui n'ont d'ailleurs pas encore livré tous leurs secrets (SCHMID 1999).

Les vestiges visibles les plus importants actuellement et mis au jour lors de fouilles entreprises par l'Ecole suisse comprennent le «Quartier de l'Ouest» avec d'importants restes d'habitations classiques et hellénistiques, une porte monumentale («Porte de l'Ouest») donnant accès à la ville antique par une route principale d'orientation E-W qui subsiste encore sous un faible recouvrement. Une riche demeure datant de 370 av. J.-C. environ, comprenant notamment des salles de banquets aux parterres décorés de très belles mosaïques a été découverte en 1972 et fouillée entièrement. Un pavillon moderne y a été construit pour la préservation de ces mosaïques.

Parmi les vestiges antiques importantes, il faut citer encore les fondations du Temple d'Apollon, fouillé en 1899, site complexe comprenant plusieurs édifices successifs et qui fait encore actuellement l'objet d'études par l'Ecole suisse. Dégagés durant les fouilles de l'Ecole américaine dès 1885, un gymnase et un théâtre sont bien visibles, ce dernier assez bien conservé pouvant contenir quelque 6000 spectateurs. Ces monuments ont également fait l'objet de récents compléments d'études par les chercheurs de l'ESAG. Enfin, comme nombre de cités antiques, Erétrie était entourée d'une ceinture de muraille dont plusieurs centaines de mètres sont encore visibles aujourd'hui, par exemple dans la zone de l'acropole, où les murs et les tours carrées, composés de blocs de calcaire soigneusement appareillés, s'élèvent parfaitement conservés parfois à plusieurs mètres de hauteur. L'ensemble des monuments et des vestiges dans le contexte de la ville antique est représenté sur la figure 2.

Les nombreuses trouvailles faites sur le site d'Erétrie sont déposées principalement dans un petit musée agrandi en 1991 ainsi qu'au Musée national d'Athènes.

3. BUT DE L'ÉTUDE

Le site d'Erétrie a déjà fait l'objet d'une étude géophysique antérieure qui a réussi à mettre en évidence le tracé d'un ancien cours divagant du torrent (EL-AGAMY 1984). Une nouvelle campagne de prospection a été mise sur pied dix ans plus tard dont les phases se sont déroulées en 1994-1995 et 1998-1999 sur différentes zones du site. Les alentours du gymnase ont été étudiés par résistivités électriques, la zone N du théâtre a fait l'objet d'une prospection magnétique. Enfin, l'emplacement hypothétique d'un stade, probablement lié au gymnase comme il est de règle dans de nombreuses cités grecques antiques, a été étudié en détail également par résistivités, sans d'ailleurs qu'on puisse confirmer ou infirmer sa présence, bien qu'un guide renommé désigne son emplacement «en cours de fouilles» ! (BATHENDIER *et al.*, Guides Bleus 1997, p. 605). Les résultats de ces différents levés sont en cours d'interprétation.

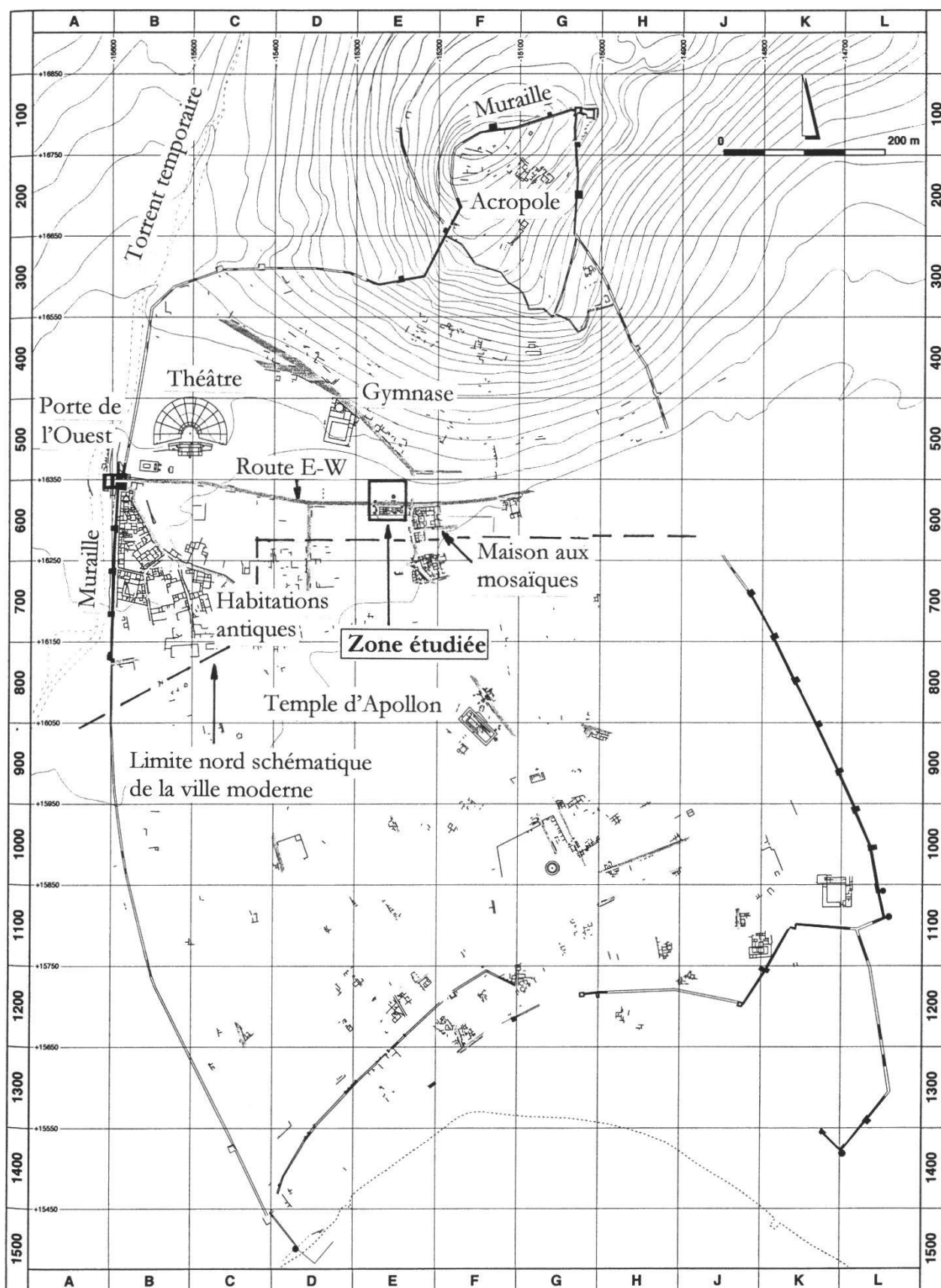


Figure 2.—Carte d'ensemble du site archéologique d'Erétrie avec désignation des monuments principaux. La zone étudiée se situe dans le carré E/600. Notez la limite N de l'extension de la ville moderne. (D'après plan ESAG N° 327 in THEURILLAT (1999), modifié). Equidistance des courbes de niveau: 5 m.

La présente étude a été réalisée dans une zone immédiatement à l'W de la Maison aux mosaïques (fig. 3). Cette parcelle, dénommée E/600 par sa position dans le carroyage du plan général, a été acquise il y a près de 25 ans grâce au Fonds national suisse de la recherche scientifique. Elle présente une surface carrée d'environ 40 m de côté et sa topographie plane se prêtait bien à une étude géophysique. Avant toute excavation, trois profils de résistivités l'avaient traversée en 1995 à l'occasion de l'étude consacrée à l'emplacement présumé du stade antique. Il seront présentés plus loin. Sa partie S, qui renferme notamment le passage de la route principale E-W décrite plus haut, a été fouillée dès 1996. Les travaux, poursuivis jusqu'à ce jour, ont révélé des structures complexes d'époques hellénistique et romaine correspondant en partie probablement à un quartier industriel (SCHMID 1999).

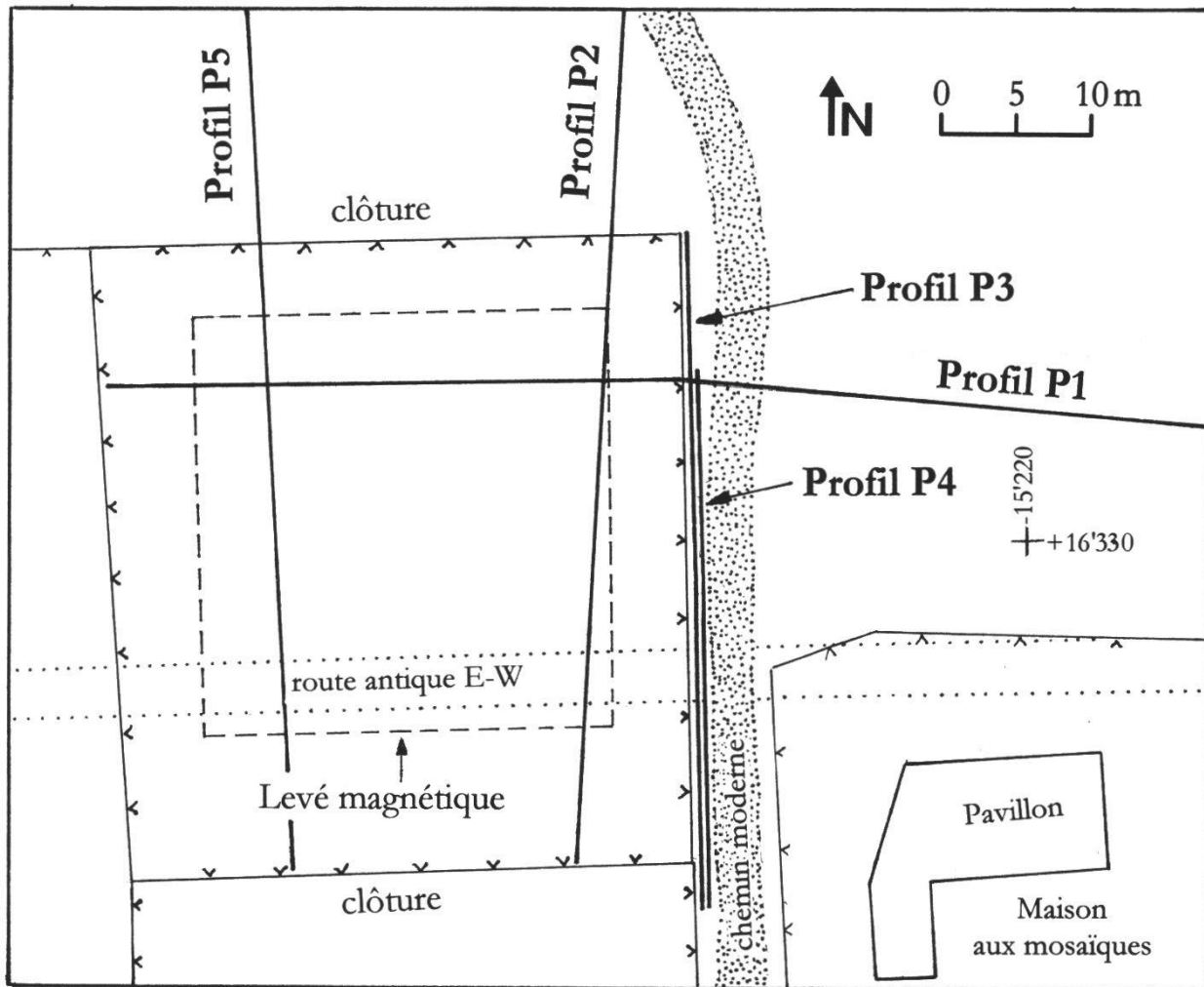


Figure 3.—Emplacement des profils de mesures et des secteurs cartographiés par géophysique. Les limites de la carte magnétique sont figurées en traitillés. Les limites du levé de résistivités sont celles des clôtures de la parcelle jusqu'au bord sud du levé magnétique.

Pour faciliter l'implantation des fouilles suivantes, il avait été décidé de procéder à l'exploration géophysique détaillée du reste de la parcelle. Un levé magnétique et une prospection géoélectrique détaillés ont ainsi été mis en œuvre en septembre 1998.

L'étude magnétique avait pour but de mettre en évidence d'éventuelles structures liées à des foyers ou des fours. Signalons que dans cette parcelle E/600 un four d'un type assez énigmatique avait déjà été découvert et fouillé en 1998. Lors des mesures magnétiques, pour des raisons pratiques, il a été décidé de procéder comme si l'excavation liée au four n'existait pas. La prospection magnétique n'a pas fourni de résultats très utiles: la fouille de l'anomalie principale n'a révélé d'une part qu'un dépotoir moderne renfermant du vieux fer et d'autre part le tracé d'une vieille conduite en fonte.

La méthode des résistivités électriques a été appliquée pour détecter des structures (murs, fondations, etc.) sans signature magnétique mais présentant un bon contraste de résistivité avec le milieu encaissant. Les résultats de l'étude électrique ont permis de repérer, outre à nouveau le dépotoir moderne sans intérêt cité plus haut, une petite anomalie très nette sur le bord E de la parcelle. Sa fouille a révélé les fondations d'un petit temple impérial, édifice important pour l'histoire de la période romaine du site d'Erétrie.

Enfin, pour le «géophysicien-archéomètre», la possibilité de comparer son interprétation des mesures avec les résultats de fouilles est naturellement du plus haut intérêt, sinon sans risque... Même les erreurs toujours possibles d'appréciation peuvent être instructives pour des travaux futurs, et une réinterprétation *a posteriori* des résultats fournit toujours des éléments utiles à l'application des méthodes.

4. MÉTHODES ET MISE EN ŒUVRE

4.1. Rappel sur la méthode magnétique

La méthode magnétique consiste à mesurer le champ magnétique terrestre normalement constant sur une petite région et sur un intervalle de temps de quelques heures. La présence dans le sous-sol de corps d'un volume appréciable présentant une susceptibilité magnétique nettement plus élevée (ou plus faible, le cas échéant) perturbe ainsi le champ normal et entraîne l'apparition d'une «anomalie» magnétique. En prospection archéologique, les corps présentant une susceptibilité magnétique forte (donc la possibilité de s'aimanter sous l'action du champ terrestre) sont essentiellement les structures en terre cuite, fours ou murs de briques par exemple, ce matériau contenant des minéraux magnétiques apparus lors de la cuisson de l'argile à haute température (magnétite et maghémite, Fe_3O_4). Les objets en fer provoquent également des anomalies si leur volume est suffisant et/ou leur profondeur raisonnable. La méthode magnétique est rapide, le temps de mesure n'étant que de 2 secondes par station. L'appareillage (magnétomètre à protons) est léger et maniable (3 kg) et permet d'enregistrer les valeurs puis de les transmettre directement à un ordinateur pour traitement. La valeur moyenne du champ magnétique normal dans la région de l'étude vaut 45'500 nanoTesla (nT) et son inclinaison

son est de 55°. Enfin, l'amplitude habituelle des anomalies relevées en prospection archéologique est de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de nT.

L'inconvénient de la méthode est, d'une part, que toutes les structures auxquelles on s'intéresse ne sont pas magnétiques: ainsi des fondations, des murs de calcaire, dans un environnement limoneux ou sableux seront indétectables faute d'un contraste de susceptibilité magnétique entre la cible recherchée et son encaissant. D'autre part, la présence d'objets en fer indésirables tels que clôtures, piquets, déchets de treillis, etc. provoque des anomalies intenses qui masquent les signaux recherchés qui sont le plus souvent d'amplitudes beaucoup plus faibles.

Enfin, le champ magnétique terrestre en un même point varie durant la journée de plusieurs dizaines de nT sous l'effet de perturbations naturelles dues au vent solaire. Cette «variation diurne» est la plus grande environ entre 9 h et 16 h et n'est pas prévisible avec précision. Lors d'études magnétiques où les anomalies attendues sont faibles et la durée du levé importante, on doit en tenir compte et plusieurs techniques sont possibles pour s'affranchir de cette perturbation. Dans le cadre de cette étude, une ligne de base E-W (origine des profils) a été mesurée en quelques minutes; les profils eux-mêmes ont été ensuite corrigés linéairement grâce aux valeurs des origines.

Mise en œuvre

Le levé magnétique a été exécuté selon des profils N-S espacés de 1 m, avec un pas de mesure de 1 m également. La présence de barrières en treillis de fil de fer entourant la parcelle a gêné l'exécution des mesures. Pour remédier partiellement à ce problème, l'origine des profils a été prise à 5 m de la clôture N et, le long des côtés E et W, une bande également de 5 m de large a été ignorée. Cette «distance de sécurité» est un compromis entre la nécessité de s'affranchir le plus possible de l'influence magnétique de la clôture et celui de ne pas trop rétrécir la zone d'étude. En réalité, d'après un profil d'essai, l'anomalie parasite due à la clôture est encore de l'ordre de plusieurs dizaines de nT à 5 m de distance. La carte magnétique présentée comprend plus de 800 mesures, exécutées avec le capteur du magnétomètre à 60 cm au-dessus du sol.

4.2. Rappel sur la méthode des résistivités électriques

Fréquemment appliquée à l'étude des sites archéologiques, la méthode des résistivités est fondée sur l'étude du passage plus ou moins aisé d'un courant électrique dans le sous-sol suivant la nature et l'humidité de celui-ci. En effet, les particules minérales du sol sont très généralement isolantes et le transfert de charges électriques ne peut avoir lieu qu'à la faveur des ions contenus dans l'eau des roches ou des sédiments. Dès lors, on peut comprendre qu'un bloc de calcaire, par exemple, est électriquement très résistant alors qu'un sol d'alluvions argileuses même légèrement humides l'est beaucoup moins. Cette propriété est à la base de l'application de la méthode à la recherche de vestiges enfouis. La méthode ne pourra ainsi s'appliquer avec succès que si les structures recherchées présentent un contraste de résistivité suffisant ainsi qu'un volume appréciable. Enfin, une profondeur trop grande rend leur détection difficile par perte de résolution: il n'est plus possible de discriminer les structures noyées dans un grand volume d'investigation.

Sur le terrain, la méthode consiste à injecter un courant électrique I (mA) dans le sol à l'aide de deux électrodes A et B. Deux autres électrodes M et N mesurent une différence de potentiel ΔV (mV). La résistivité apparente ρ_a (en ohm-m) se calcule simple-

ment par la formule suivante $\rho_a = K \cdot \Delta V / I$, K étant un coefficient dépendant de la disposition réciproque des électrodes. La notion de résistivité «apparente» tient compte du fait que la portion de terrain concernée par la mesure est généralement un milieu hétérogène composé de l'encaissant (pas toujours homogène lui-même) et des diverses structures présentes ou non dans le domaine d'influence de la mesure. Le résultat conduit ainsi à une valeur ρ_a , moyenne complexe des différentes résistivités en présence. Sur un terrain homogène et isotrope, la mesure conduirait naturellement à une valeur de résistivité «vraie» ρ .

Différents dispositifs de mesures sont possibles. Le plus souvent, les électrodes sont colinéaires dans l'ordre AMNB et la profondeur d'investigation est de l'ordre de la distance $AB/4$. D'autres dispositions d'électrodes sont possibles comme le «pôle-pôle» utilisé dans cette étude et décrit plus bas. Notons en passant que la notion de profondeur d'investigation est complexe; sa discussion n'a pas sa place ici et l'approximation donnée est suffisante pour les besoins de notre étude.

Enfin, l'incertitude sur la valeur mesurée d'une station dépend essentiellement des erreurs géométriques d'implantation des électrodes; raisonnablement, on peut l'estimer inférieure à 5 %.

Mise en œuvre

La parcelle E/600 a été étudiée à l'aide du dispositif appelé pôle-pôle. Il consiste à déplacer solidairement sur le terrain seulement les électrodes A et M, dans notre cas distantes de 1 m, les autres électrodes B et N étant rejetées «à l'infini», soit à une distance d'une cinquantaine de mètres, et séparées l'une de l'autre d'une distance semblable. La profondeur d'investigation est ici de l'ordre de 1 m environ, bien suffisante pour le cadre de l'étude. La mise en œuvre pratique s'est faite en disposant en ligne un câble de 12 m comportant 13 électrodes de cuivre plantées dans le sol dans des trous de quelques cm de profondeur préalablement humectés d'eau pour assurer un contact suffisant. Grâce à deux commutateurs rotatifs, les électrodes A et M sont branchées successivement (n° 0 et 1, puis 1 et 2, etc.) et les résistivités apparentes sont relevées. Le câble est ensuite déplacé de toute sa longueur et le processus recommence. Les profils ont été espacés tous les 2 m avec quelques exceptions à 1 m. Un total de 330 valeurs ont été ainsi mesurées.

5. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

5.1. Carte magnétique

La valeur normale moyenne du champ magnétique total (45'460 nT) a été soustraite à toutes les mesures; on obtient ainsi une carte «résiduelle» du champ avec des anomalies positives et négatives traduites en niveaux de gris sur la figure 4. L'examen de celle-ci montre une forte anomalie ponctuelle dans la zone NE de la parcelle. Une fouille rapide a montré qu'il ne s'agissait que d'une fosse moderne contenant des déchets ferreux. Une autre anomalie, d'allure linéaire, apparaît dans le secteur SW. Son origine a pu être mise immédiatement en rapport avec le passage d'une vieille conduite (moderne) en

Parcelle E/600 Carte magnétique

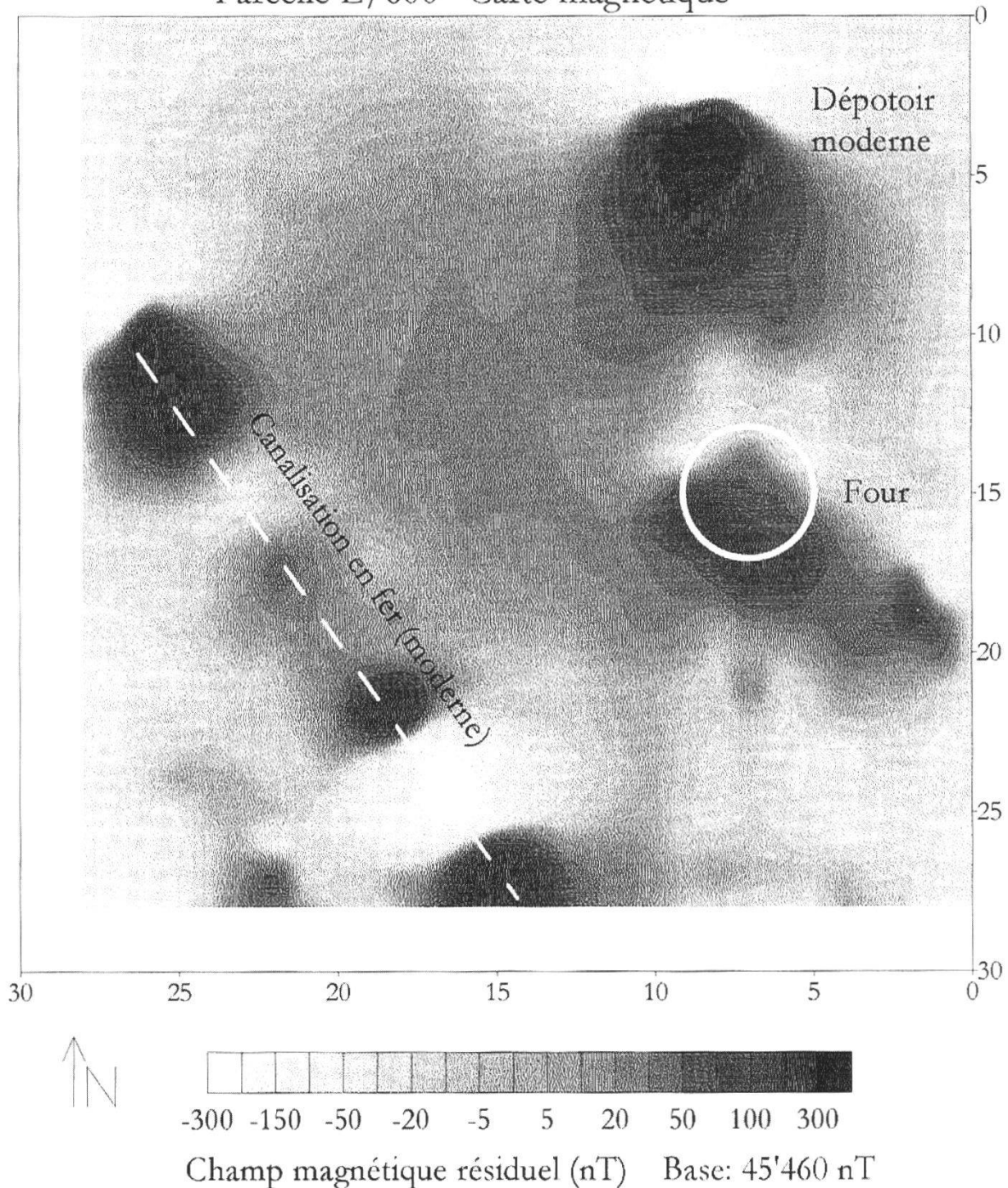


Figure 4.—Carte du champ magnétique résiduel.

fonte, apparue également dans la fouille archéologique. L'anomalie due au four déjà fouillé se marque aussi, avec une amplitude relativement faible, de l'ordre de quelques dizaines de nT.

5.2. Résistivités électriques

5.2.1. Profils

Les profils exécutés en 1995 (voir leur situation à la figure 3) avec un dispositif Wenner AB=3 m sur la parcelle, soit P1 (E-W) ainsi que P2 et P5, tous deux d'orientation S-N, avaient détecté des anomalies intéressantes (fig. 5). P1 montre d'abord une forte anomalie aiguë, peu significative, au passage d'une petite zone de dépotoirs et surtout, entre les abscisses 35 et 40 m une anomalie importante qui ne pouvait que correspondre à une structure résistante assez massive sous faible couverture. On verra plus loin (fig. 8) que le profil avait croisé à cet endroit l'angle NE du temple dédié au culte impérial, formé de gros blocs de calcaire.

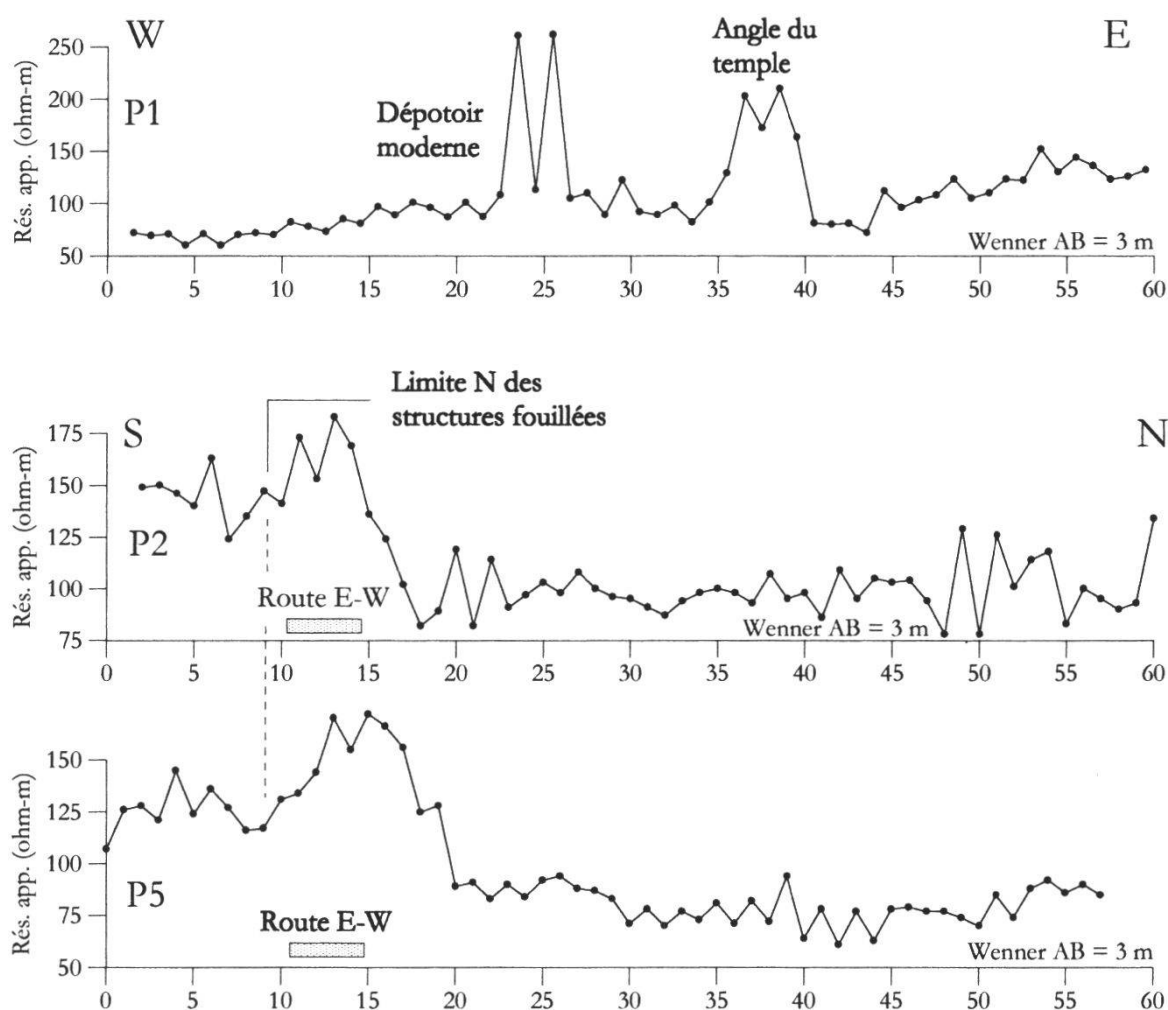


Figure 5.—Profils de résistivités P1, P2 et P5, exécutés avant les fouilles. Leur emplacement est donné à la figure 3.

Les profils P2 et P5 sont subparallèles et distants d'environ 20 m. Leur allure générale est très semblable et on peut relever la montée des valeurs de résistivités vers le S due aux structures bordant la route, à la route elle-même et au quartier industriel qui limite la parcelle vers le S. Vers le N, à partir des abscisses 20-25 m les résistivités s'abaissent brusquement et ne révèlent aucune anomalie notable. On peut ici conclure très vraisemblablement à une absence de vestige important dans cette zone.

Les profils P3 (Wenner AB=3 m) et P4 (pôle-pôle AM=1 m) ont été levés N-S sur le chemin moderne en terre battue qui forme la limite E de la parcelle. P4 avait été exécuté dans un but méthodologique en 1995 pour tester la réponse de ce dispositif au passage de la route antique E-W, ce qui explique sa longueur réduite. Pour l'étude de l'emplacement présumé du stade antique, P3 avait été levé en 1998 sur une distance de 74 m. Dans cette étude, seul le tronçon jouxtant la parcelle et utile à la comparaison avec P4 a été représenté (voir fig. 3). La comparaison des anomalies des deux profils est présentée à la figure 6, avec la même échelle des ordonnées pour faciliter la comparaison.

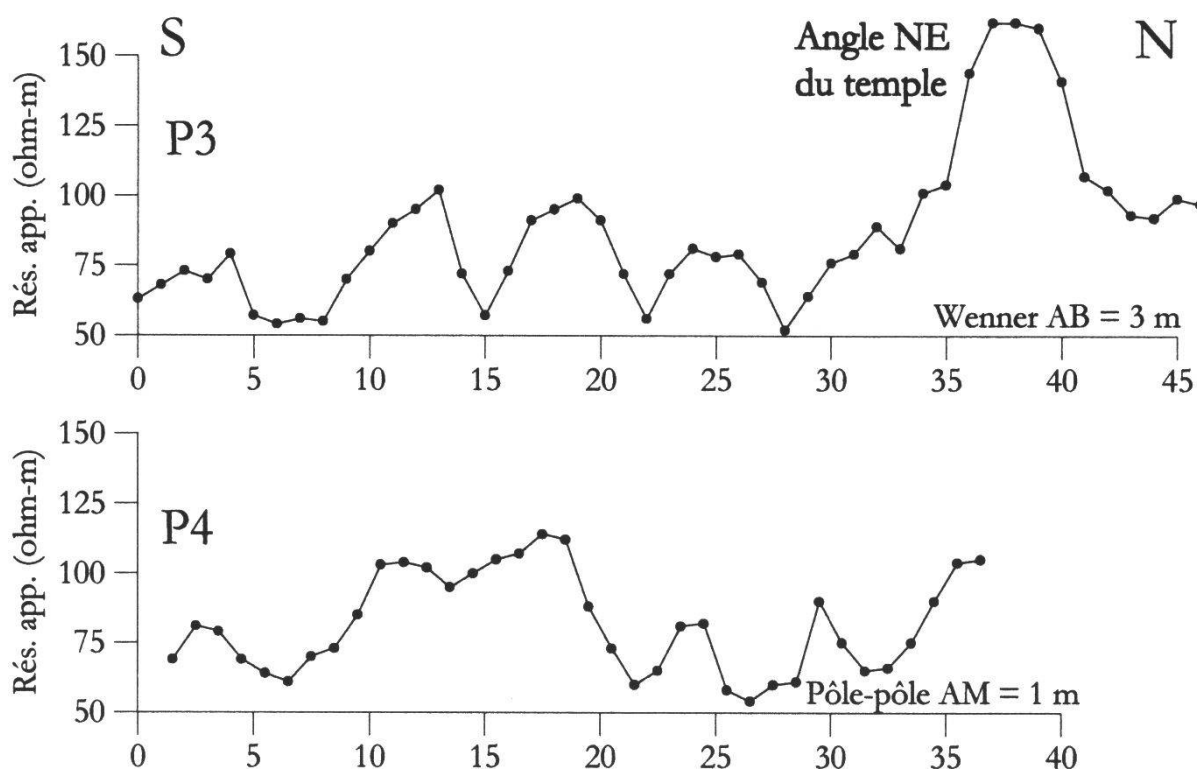


Figure 6.—Profils de résistivités P3 et P4, exécutés avant la fouille du chemin moderne N-S. Leur emplacement est donné à la figure 3.

La réponse des deux dispositifs est assez semblable, les pics d'anomalies n'étant pourtant pas identiques: la résolution du dispositif Wenner semble meilleure que celle du pôle-pôle. On peut regretter que P4 soit incomplet vers le N, au droit de l'anomalie la plus spectaculaire. L'interprétation qu'on peut tirer de ces profils est la présence de plusieurs structures résistantes (des murs

ou des blocs par exemple) sous faible couverture, inférieure à 1 m, puisque la profondeur d'investigation des deux dispositifs utilisés est de l'ordre du mètre et que les anomalies sont très nettes. On verra plus loin que ces anomalies correspondent à la traversée en diagonale de la structure rectangulaire du petit temple du culte impérial.

5.2.2. Carte des résistivités apparentes

Le levé des résistivités apparentes à l'aide du dispositif pôle-pôle a donné de bons résultats. Bien que la présence de secteurs déjà fouillés ait gêné sa mise en œuvre, près de 330 mesures ont permis la réalisation d'une carte d'isovaleurs mettant clairement en évidence plusieurs anomalies de fortes résistivités (fig. 7).

La fouille avait déjà montré la présence de petits dépotoirs modernes sans intérêt. On peut noter en passant qu'ils se marquent sur la carte sous forme de deux taches circulaires bien nettes. L'anomalie située sur la marge E de la parcelle présentait une signature plus prometteuse, avec son allure de coin rectangulaire en oblique (marquée T sur la carte). On pouvait penser également que cette structure résistante avait une chance de se poursuivre en dehors des limites du terrain, sous le chemin moderne. En été 1999, la fouille débuta directement à l'aplomb de l'anomalie, sur le bord de la parcelle, et révéla rapidement à moins de 1 m de profondeur les bases d'une construction massive constituée de gros blocs de calcaire. Grâce à une autorisation de la commune d'Erétrie, propriétaire du chemin moderne, il a été possible d'étendre la fouille vers le SE; après cinq semaines de travaux, l'entier de la substruction était dégagée, mesurant environ 8 sur 14 m. D'après les archéologues, cet édifice paraît avoir été dédié à un culte impérial local, comprenant plusieurs statues, notamment en marbre, dont plusieurs centaines de fragments ont pu être récoltés (SCHMID 2000). La photo de la figure 8 montre les vestiges dégagés, en direction du N.

Enfin, le plan schématique de la structure dans le contexte général de la parcelle E/600, ainsi que les vestiges du quartier industriel, sont représentés sur le plan de la figure 9.

6. INTERPRÉTATION DES ANOMALIES DE RÉSISTIVITÉS PAR FILTRAGE

Pour l'archéo-géophysicien, le problème majeur posé lors de l'interprétation de ses résultats est la séparation des anomalies dues à ce qu'il cherche, les structures anthropogéniques, des anomalies «naturelles», dues aux hétérogénéités géologiques des formations du sous-sol. Il est clair que l'augmentation du pouvoir de résolution des dispositifs de mesure conduit nécessairement à

Parcelle E/600 Carte géoélectrique

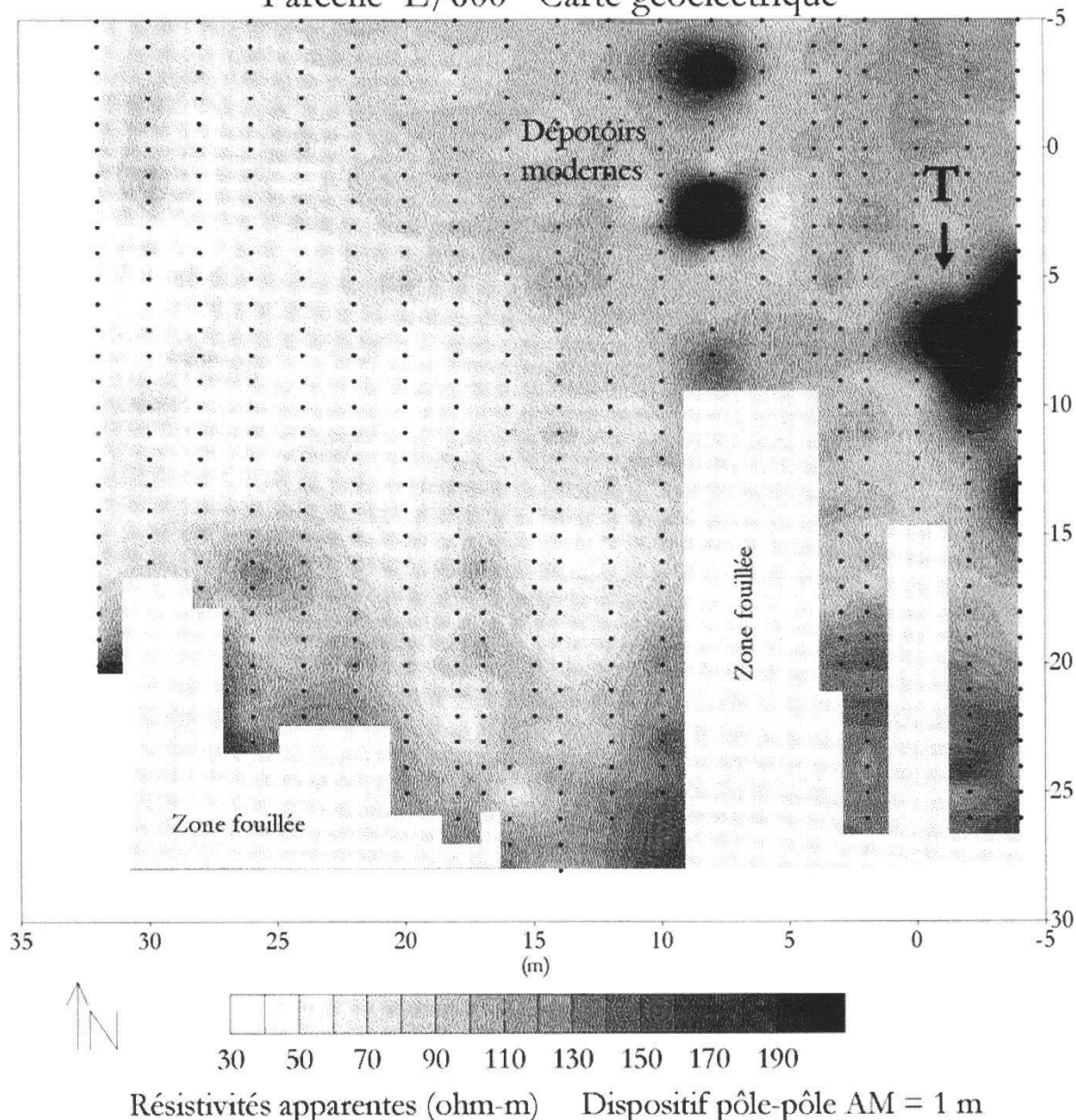


Figure 7.—Carte des résistivités apparentes mesurées avec le dispositif pôle-pôle. Les points représentent les stations de mesures. L'anomalie T marque l'angle NE du temple du culte impérial mis au jour en 1999.

l'augmentation du «bruit géologique» présent dans toute mesure géophysique. Pour fixer les idées, on peut comprendre intuitivement qu'un dispositif de résistivités Wenner $AB=3$ m, tel qu'il a été utilisé lors de cette étude, est beaucoup plus sensible aux variations de composition du sous-sol qu'un dispositif d'une distance AB de 30 m. Ce dernier, intégrant un volume de terrain 1000 fois plus grand, n'est plus sensible aux structures de petites tailles, mais par contre est capable d'une profondeur d'investigation 10 fois plus grande.

Le filtrage du bruit devrait permettre idéalement d'assurer la présence d'une structure archéologique sous chaque anomalie. En vérité, il faut rester



Figure 8.—Fondations du temple dans la fouille. Vue prise en direction du N. (Photo P. Gex).

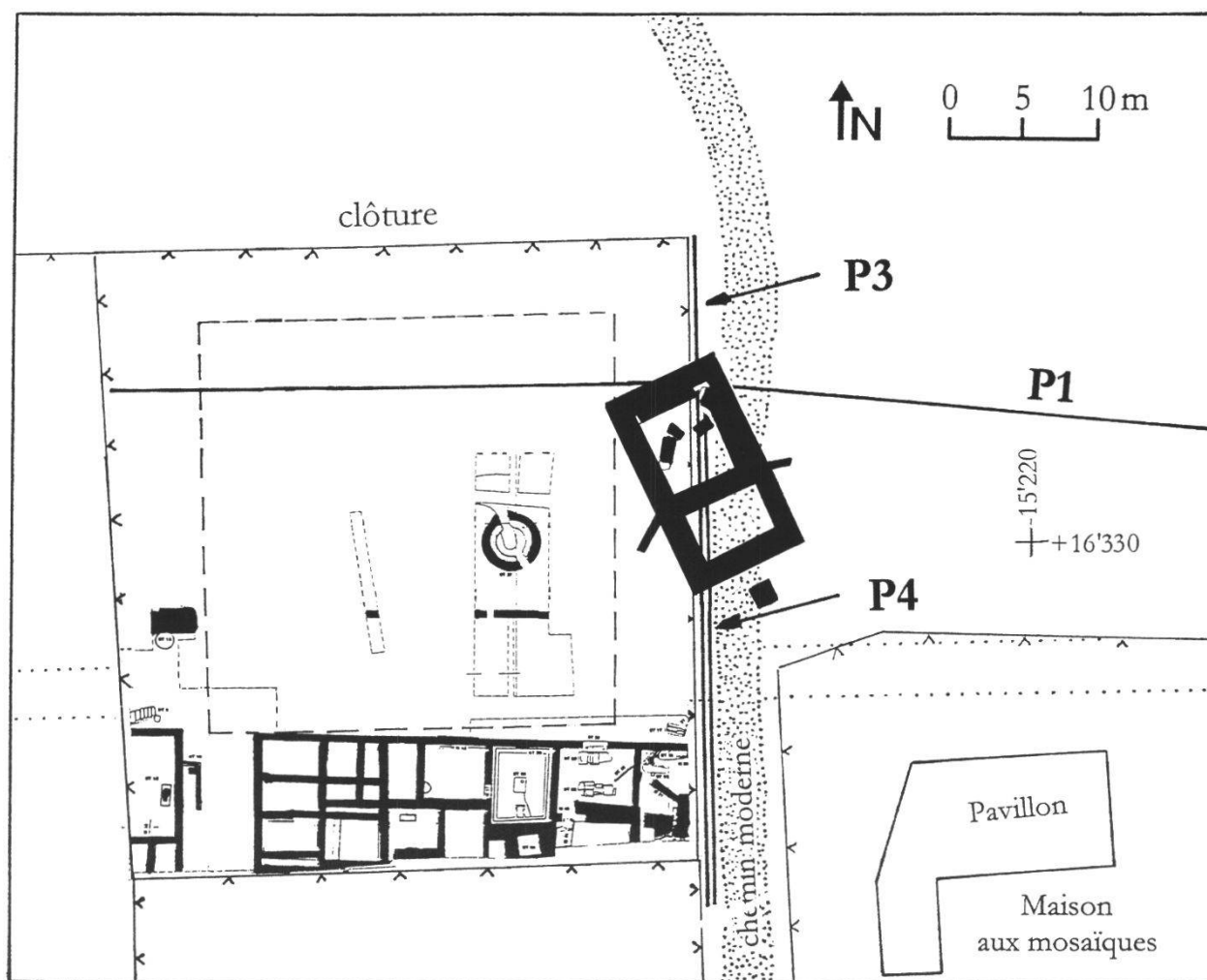


Figure 9.—Plan des vestiges fouillés de 1996 à 1999, avec au S de la parcelle le quartier industriel et les fondations du temple en oblique sur le chemin moderne N-S. L'emplacement des profils P1, P3 et P4 montre clairement l'origine des anomalies détectée.

prudent et garder à l'esprit que la réalité est toujours plus complexe que le modèle physique ou l'hypothèse de travail sur lesquels l'on s'est appuyé pour mener à bien une étude. Néanmoins, des essais ont été entrepris avec succès dans le sens du filtrage des anomalies en prospection archéométrique. Certaines de ces techniques sont complexes et sortent du cadre de notre étude; on se contentera de citer par exemple ORLANDO *et al.* (1987) et TSOKAS et HANSEN (1995).

6.1. Filtrage des profils de résistivités P3 et P4

La confrontation des anomalies de résistivités apparentes des profils P3 et P4 avec les résultats des fouilles exécutées le long de ces mêmes profils est du plus haut intérêt. Ces deux profils ont recoupé en diagonale les fondations du temple du culte impérial comme on peut le voir sur la figure 9. Nous avons saisi l'occasion de vérifier l'effet d'un filtrage des anomalies et d'en comparer les résultats avec la réalité. Le filtre utilisé, imaginé par PATTANTYUS-À. (1986) consiste à modéliser une structure simple théorique, dans notre cas un cylindre horizontal infini résistant, puis à déterminer une série de coefficients qui seront appliqués successivement aux différentes valeurs de résistivités du profil, d'une manière analogue au cheminement d'une moyenne mobile dans une série de données. Dans le cas illustré, la suite des coefficients est la suivante:

-0.14 -0.17 0.13 0.36 0.13 -0.17 -0.14

De plus amples détails se trouvent dans l'appendice de l'article de PATTANTYUS-À. (1986). La transformation d'un profil conduit à une suite de pics positifs à l'aplomb desquels se trouve une structure résistante 2D semblable à un cylindre, donc assimilable à un mur électriquement résistant. Les valeurs négatives, dépourvues de sens physique, sont abandonnées.

Les résultats du filtrage effectué sur les profils P3 et P4 sont montrés à la figure 10 avec en regard une représentation en coupe de la fouille archéologique. Pour les deux profils, quoiqu'exécutés avec des dispositifs différents (Wenner et pôle-pôle), on voit immédiatement qu'à chaque pic de résistivités filtrées correspond bien le passage d'une structure résistante, et notamment entre les abscisses 20 et 40 m se marquent très clairement les blocs du soubassement du temple. La partie N de la berme non fouillée, vers l'abscisse 15 m (marquée «? ?») montre également un pic important: il est très probable qu'un mur ou du moins un bloc important s'y cache encore. Cette technique de filtrage paraît donc efficace et mérite bien son nom de *signal detector* donné par PATTANTYUS-À. (1986). Il serait très profitable de pouvoir réitérer ce genre d'étude dans d'autres contextes pour en vérifier la fiabilité mais l'occasion

n'est pas fréquente: les techniques de fouilles actuelles sont coûteuses, lentes et minutieuses, et un chantier d'étude dure souvent plusieurs années. Il est ainsi rarement possible de vérifier concrètement par une excavation la pertinence d'une interprétation géophysique sur une structure archéologique présumée.

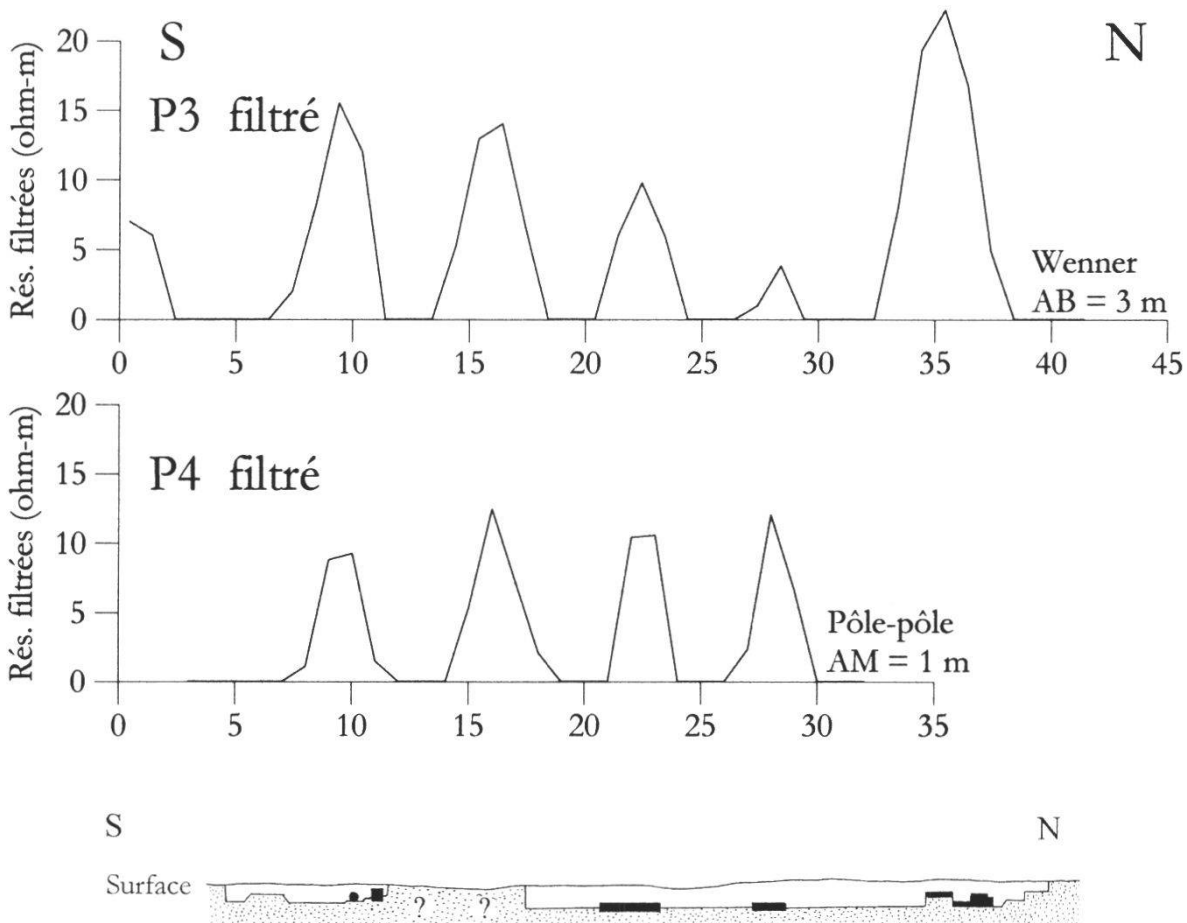


Figure 10.—Représentation des profils de résistivités filtrées P3 et P4 comparés avec les structures vues en coupe dans la fouille du chemin moderne N-S. Les pics du *signal detector* correspondent parfaitement au passage des murs ou des blocs calcaires.

7. CONCLUSIONS

La prospection géophysique appliquée à l'archéologie peut souvent apporter des informations précieuses lors de l'étude d'un site. Le cas présenté reflète bien les étapes nécessaires à l'obtention de résultats concrets. La campagne de fouille qui a suivi celle des mesures géophysiques a permis de contrôler les causes des anomalies relevées et d'enrichir également *a posteriori* les étapes de l'interprétation.

D'une manière plus générale, pour parvenir à des résultats de ce genre, plusieurs conditions doivent être remplies, les unes d'ordre physique ou technique, les autres d'ordre humain ou relationnel.

Premièrement, les vestiges que l'on se propose de prospecter doivent naturellement présenter un contraste de propriétés physiques entre la matière qui les compose et le milieu environnant où ils sont enfouis. Leur profondeur ne doit pas être excessive par rapport à leur volume car la résolution des méthodes de prospection décroît très vite avec la profondeur. Ensuite le terrain doit présenter des conditions acceptables d'application pratique des méthodes. Ainsi à Erétrie, la méthode magnétique est difficile à appliquer par l'omniprésence des clôtures ou des déchets de ferraille très nombreux sur le site archéologique. On peut regretter cet état de fait d'autant plus que la méthode magnétique est très sensible et rapide à mettre en œuvre. La méthode des résistivités ne s'applique pas sans mal sous un climat tel que celui de la Grèce à la belle saison. La surface du sol est indurée et sèche sur plusieurs cm de profondeur obligeant l'opérateur à préparer les trous d'électrodes et à améliorer le passage du courant en les humectant d'eau salée. Ces manipulations ralentissent l'acquisition des mesures mais l'utilisation d'un matériel léger bien adapté à ces conditions particulières permet néanmoins un bon rendement.

La deuxième condition, d'ordre humain ou relationnel, implique un dialogue ouvert et constant avec l'archéologue responsable du site, et lors de cette étude sur le site d'Erétrie, ceci s'est parfaitement réalisé. Une relation de confiance doit s'établir et le géophysicien ne doit pas s'étonner de voir au début son travail sur le terrain être considéré comme bizarre, voire absurde par les fouilleurs au travail aux alentours ! Le fait de «voir» des structures archéologiques présumées sous forme de courbes de résistivités ou d'anomalies magnétiques n'est pas très convaincant pour un archéologue et c'est au géophysicien de se montrer persuasif. Paradoxalement, en cas de succès, l'archéologue devient souvent trop enthousiaste et il lui semble alors que la «magie» pourra opérer à coup sûr sur n'importe quel problème qui l'intéresse ! Au géophysicien encore de tempérer cet excès d'optimisme et d'exposer clairement les difficultés et les pièges à éviter. Il est vrai que tant que la sanction de la fouille ou du sondage n'a pas eu lieu, on ne peut rien affirmer avec certitude. Ce flou est le domaine habituel du géophysicien, qui travaille sur la nature dans toute sa complexité.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord M. Pierre Ducrey, directeur de l'Ecole suisse d'archéologie en Grèce, qui m'a octroyé depuis plusieurs années les autorisations nécessaires et permis de prospecter différentes zones d'Erétrie en toute liberté. Mes remerciements vont également à l'Ephorie des Antiquités classiques et préhistoriques d'Eubée ainsi qu'à la Direction générale des Antiquités à Athènes pour leurs aimables autorisations. Stephan G. Schmid, secrétaire scientifique de l'ESAG, responsable des fouilles à Erétrie, s'est

toujours intéressé très amicalement à mes travaux et j'ai eu avec lui de nombreuses et intéressantes discussions. C'est grâce à sa collaboration active que cette étude a pu être menée à bien. Il m'a également souvent facilité la tâche du point de vue logistique et je l'en remercie sincèrement.

BIBLIOGRAPHIE

- BATHENDIER S., BOILANGER R., GRIMAUD R., MAFFRE J.-J., MONTAGNON D., SARIANOS P., 1997. Grèce continentale. Les Guides Bleus, Hachette Livre, Paris. 920 p.
- EL-AGAMY H., 1984. Exemple de prospection géoélectrique sur le site historique d'Erétrie. *Revue d'Archéométrie* 8: 21-29.
- ORLANDO L., PIRO S., VERSINO L., 1987. Location of sub-surface geoelectric anomalies for archaeological work: a comparison between experimental arrays and interpretation using numerical methods. *Geoexploration* 34: 227-237.
- PATTANTYUS-À. M., 1986. Geophysical results in archaeology in Hungary. *Geophysics* 51,3: 561-567.
- SCHMID S. G., 1999. Decline or prosperity at Roman Eretria ? Industry, purple dye works, public buildings, and gravestones. *J. Roman Archaeol.* 12: 273-293.
- SCHMID S. G. , 2000. Vorbericht über die Grabung in E/600 NW. In: DUCREY P., SCHMID S. G., VERDAN S. et SIMON P.: Les activités de l'Ecole suisse d'archéologie en Grèce 1999. *Antike Kunst* (43. Jg.) :122-127.
- THEURILLAT TH., 1999. Erétrie, le plan en question. Mémoire de licence. Inst. d'Archéol. et d'Hist. anc., Univ. de Lausanne. 2 vol., 69 + 54 p.
- TSOKAS G.N., HANSEN R.O., 1995. A comparison of inverse filtering and multiple source Werner deconvolution for model archaeological problems. *Archaeometry* 37,1: 185-193

Manuscrit reçu le 20 juillet 2000