



**ArcheoSciences**  
Revue d'archéométrie

42-1 | 2018  
Varia / 40 ans de colloques du GMPCA

---

## La prospection : évolution de la sous-discipline, évolution du métier

*Prospection, discipline evolvement, trade and research prospects*

**Alain Tabbagh**

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/5440>  
DOI : 10.4000/archeosciences.5440  
ISSN : 2104-3728

### Éditeur

Presses universitaires de Rennes

### Édition imprimée

Date de publication : 27 juin 2018  
Pagination : 103-108  
ISBN : 978-2-7535-7587-5  
ISSN : 1960-1360

### Référence électronique

Alain Tabbagh, « La prospection : évolution de la sous-discipline, évolution du métier », *ArcheoSciences* [En ligne], 42-1 | 2018, mis en ligne le 27 juin 2020, consulté le 03 janvier 2020. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/5440> ; DOI : 10.4000/archeosciences.5440

---

Article L.111-1 du Code de la propriété intellectuelle.

# La Prospection : évolution de la sous-discipline, évolution du métier

## *Prospection, Discipline Evolvement, Trade and Research Prospects*

Alain TABBAGH<sup>a</sup>

**Résumé :** Les méthodes géophysiques utilisées en archéologie s'insèrent dans le cadre général d'une démarche, celle de la prospection archéologique, où la mise en relation des différentes informations passe aujourd'hui par l'utilisation d'un Système d'Information Géographique. Les premiers chercheurs spécialisés à plein temps dans cette voie s'y sont engagés à la fin des années cinquante. Les méthodes mises en œuvre au sol sont principalement basées sur les propriétés électromagnétiques : conductivité électrique, permittivité diélectrique et susceptibilité magnétique complexe. La mécanisation des mesures permet aujourd'hui la couverture de grandes surfaces à maille fine. Les développements actuels et futurs portent sur des acquisitions et une interprétation multi-propriétés en 3D.

**Abstract:** *The application of geophysical survey methods fits into the global archeological prospection approach with the present use of Geographic Information Systems. The first full time researchers began their work at the end of the fifties. Ground methods are based on the measurement of electromagnetic properties: electrical conductivity, permittivity, complex magnetic susceptibility. The improvement of the method through mechanization now allows the coverage of great surfaces with a fine meshing. Recent and future progresses address multi-property acquisitions and 3D interpretation.*

**Mots clés :** historique de la prospection, méthodes géophysiques propriétés physiques des sols, perspectives métier.

**Keywords:** *account of archaeological survey, geophysical methods, physical properties of soils, working perspectives.*

---

## 1. LA PROBLÉMATIQUE

### Qu'est-ce que la « Prospection archéologique » ?

L'emploi des méthodes de prospection géophysique en archéologie s'insère dans un cadre, celui de la prospection archéologique. La prospection se différencie de la fouille par son caractère non-destructif et par l'étendue du terrain investigué, elle met en œuvre et associe des techniques variées et complémentaires : analyse des documents anciens, prospection « pédestre » par observation et (éventuellement) décomptes des témoins présents à la surface du sol, cartographie des microreliefs (Lidar aérien), exploitation des

photographies aériennes obliques comme verticales, mesures géophysiques au sol ou aériennes etc. La prospection archéologique constitue une démarche de terrain à part entière « susceptible de fournir des données archéologiques interprétables en termes d'histoire de l'occupation du sol » (Ferdrière *et al.*, 2006).

Les différents outils de la prospection ne trouvent aujourd'hui leur pleine efficacité que par l'utilisation d'un SIG (Système d'Informations Géographiques). Les méthodes géophysiques ne sont pas les seules « archéométriques » ; en revanche, leur caractéristique propre est qu'elles explorent directement le sous-sol et non plus seulement sa surface.

---

<sup>a</sup> Sorbonne Université, UMR7619, Métis, 4 place Jussieu 75252 PARIS cedex 05, France. (alain.tabbagh@upmc.fr)

## Les propriétés physiques des sols et des roches et les mesures qu'elles permettent

En prospection géophysique les grandeurs physiques mesurées à partir de la surface sont sensibles à la répartition volumique d'une ou plusieurs des propriétés du milieu sous-jacent, sur le premier mètre le plus souvent, et au maximum sur quelques mètres de profondeur. Mais de lourdes contraintes limitent la gamme des propriétés utilisables, elles sont de trois ordres.

1) Ces propriétés doivent montrer une variabilité suffisante avec la nature des différents matériaux présents sur un site archéologique : des contrastes sont nécessaires.

2) La mesure ne doit modifier en rien le milieu, elle doit être répétable pour respecter le principe de réfutabilité.

3) Les mesures doivent être les plus rapides possible : les possibilités d'interprétation seront d'autant meilleures que la surface couverte sera étendue et que la densité de mesure correspondra à un échantillonnage dense respectant le critère de Nyquist.

Si les propriétés mécaniques ont pu faire l'objet d'applications dans un certain nombre de cas et les propriétés thermiques donner lieu à une application aéroportée, ce sont les propriétés électriques et magnétiques qui ont été et sont les plus utilisées en archéologie comme pour la plupart des études portant sur la proche surface. On utilise ainsi, au sol, principalement quatre méthodes : la prospection magnétique (mesure des variations locales du champ magnétique terrestre), la prospection électrique (injection d'un courant électrique dans le sol par deux électrodes et mesure de la différence de potentiel en résultant sur deux autres électrodes), la prospection électromagnétique basse fréquence (création d'un champ magnétique variable dans le temps et mesure du champ magnétique créé par les courants ainsi induits) et la prospection électromagnétique haute fréquence (émission d'une onde électromagnétique et réception du signal réfléchi à l'intérieur du sol : Radar-sol ou GPR, Ground Penetrating Radar).

## L'interprétation des mesures

Même si dans beaucoup de cas le dessin en plan des structures détectées montre une forme qui permet de les identifier comme anthropiques et, parfois, de les dater approximativement, le fait que les phénomènes physiques mis en jeu obéissent à des lois parfaitement connues permet une interprétation quantitative des données. Elle aboutit à une description de la répartition de la ou des propriétés considérées dans les trois dimensions qui permet une détermination relativement précise des volumes et de la nature des matériaux. Cette interprétation « géophysique » doit toujours précéder l'interprétation « archéologique ».

## 2. HISTORIQUE

Comme tous les commencements, celui de la prospection géophysique en archéologie est difficile à cerner. Des initiatives ont pu être prises par des intervenants (y compris des bénévoles) difficiles à identifier, les premières idées et les premiers tests n'ont pas nécessairement été suivis d'un compte rendu écrit ou ne l'ont été que quand l'auteur les a jugés « fructueux » et la diffusion du rapport peut avoir été très restreinte. Deux faits survenus dans les années trente méritent cependant d'être cités car ils constituent les premières traces écrites (donc historiques) d'un projet d'emploi ou d'un emploi de la prospection géophysique en archéologie.

D'une part Robert du Mesnil du Buisson a publié dans son manuel d'archéologie (Mesnil du Buisson, 1934) tout un paragraphe qui décrit le principe des différentes méthodes de prospection géophysique et propose leur emploi en archéologie : « Indices gravimétriques, magnétiques, sonores et similaires. En dehors des taches et autres phénomènes visibles révélateurs d'accidents souterrains, il existe à la surface des particularités qui échappent à nos sens et sont dues aussi à l'état du sous-sol. Des instruments de précision permettent de découvrir ces particularités formant aussi des espèces de taches de gravité, de magnétisme, de conductibilité plus intenses. Nous ne pouvons que mentionner ces méthodes dont l'emploi devient de plus en plus fréquent dans l'étude des mines, mais qui, à notre connaissance, n'ont pu encore être appliquées aux fouilles archéologiques... »

D'autre part la première prospection électrique d'un site archéologique a été réalisée en 1938 à Burton Parish Church (Williamsburg VA, USA) par Mark Malamphy (Bevan, 1999). Ces débuts sont finalement assez proches du début de la prospection électrique elle-même, en Normandie, sur le site archéologique de l'abbaye du Val Richer en 1912 (Hulin *et al.*, 2015) (mais l'expérimentateur, Conrad Schlumberger, n'avait pas conscience de la présence de vestiges archéologiques).

C'est en fait à la fin des années cinquante que (en Europe d'abord) des institutions, et du personnel à temps plein, se sont engagées dans la prospection géophysique appliquée à l'archéologie : création à Oxford du *Research Laboratory for Archaeology and the History of Art* où la prospection était l'une des activités principales (34 % des articles des 5 premiers numéros de la revue *Archaeometry* portent sur la prospection), création au *Rhienisches Landesmuseum* de Bonn d'une équipe de prospection (1959), création au Royaume-Uni d'un service de prospection à l'*Ancient Monument Laboratory (English Heritage)*, en Italie, développement de l'activité de la *Fondazione Lerici* (1955) dans ce domaine, aux États-Unis, début d'une activité continue dans le cadre de l'*University Museum, University of Pennsylvania* (ASCA 1965). En

France, un chercheur CNRS, Albert Hesse, a été recruté sur cette thématique en 1960 (dans le cadre d'un laboratoire de géophysique) et deux universitaires, Michel Martinaud et Alain Tabbagh, se sont engagés dans cette voie à la fin des années soixante, mais en 1972 le CRA (ministère de la Culture) a refusé la création d'un service de prospection.

### La méthode électrique

La première méthode mise en œuvre a été la méthode électrique et les premiers travaux publiés dans une revue bien diffusée sont ceux de R. J. C. Atkinson (1946). La résistivité électrique est en effet une propriété qui montre une grande gamme de variation, avec la teneur en argile, la teneur en eau et la minéralisation de l'eau. Sa mesure est possible même avec des appareils très simples (et peu coûteux). L'insertion manuelle des électrodes conduit néanmoins à des mesures lentes. Le passage à des mesures rapides acquises au sol en « déplacement continu » a été long, il a nécessité la mise au point de résistivimètres adaptés et de nombreux tests pour définir les électrodes (Hesse *et al.*, 1986, Dabas *et al.*, 1994). La figure 1 montre l'évolution des différents dispositifs permettant de faire des mesures « en continu » avec comme électrodes des roues dentées. Cette méthode permet aujourd'hui la mise en œuvre opérationnelle de mesures simultanées sur trois profondeurs. La méthode électrostatique où l'injection et la mesure des différences de potentiel sont assurées par des condensateurs ouverts a permis de palier le problème du

contact entre sol et électrode et de disposer d'une méthode utilisable en milieux urbanisés tout en gardant des mesures « en continu » multi-profondeurs (Tabbagh *et al.*, 2002).

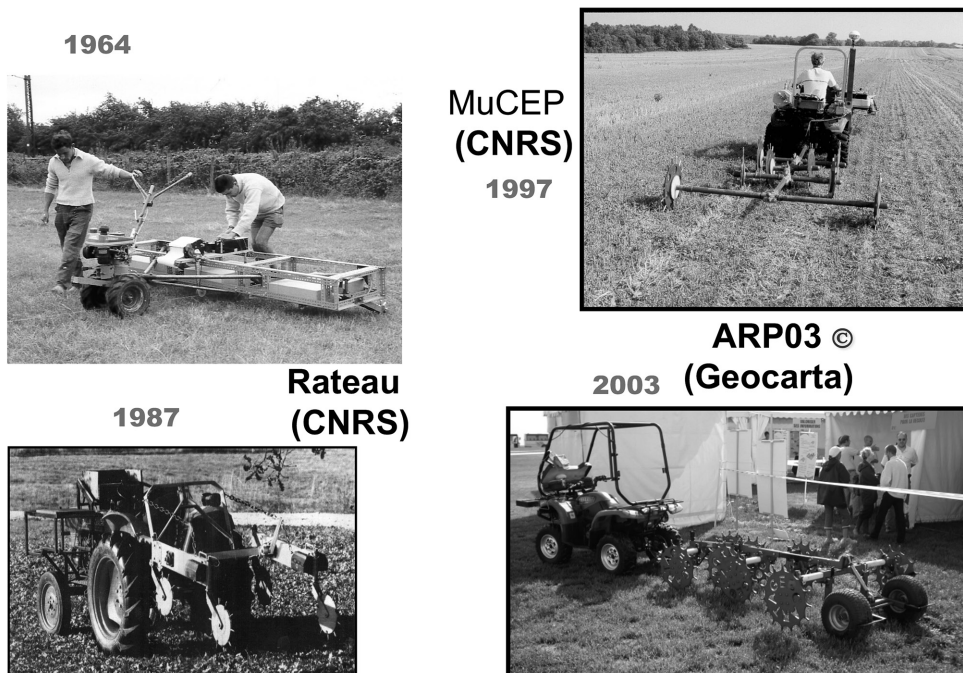
### La méthode magnétique

L'adoption de la méthode magnétique a suivi un cheminement plus tortueux. Il a d'abord été remarqué que les terres cuites, des tuiles romaines, donnaient des réponses avec les détecteurs de métaux communs après la guerre (Laming, 1952), mais cette observation n'a pas eu de suite. La recherche de structures de cuisson porteuses d'une aimantation thermorémanente susceptible de permettre une datation (et une meilleure connaissance des variations passées du champ magnétique terrestre) a conduit à construire un magnétomètre à proton à précession libre (société Littlemore Scientific Engineering Company, ELSEC fondée à partir du laboratoire d'Oxford) de terrain et à le mettre en œuvre en prospection archéologique (Aitken, 1961). Son emploi a montré que d'autres structures étaient aussi détectées : les structures en creux remplies de sol superficiel. Cette observation a conduit à un très large usage de cette méthode, la plus utilisée au sol aujourd'hui dans le monde.

Le magnétomètre à précession libre ne permettant pas des mesures rapides (son cycle de mesure est de 4 s environ), il a été abandonné pour d'autres capteurs permettant des mesures rapides en déplacement continu dont l'existence sur le marché est liée à leurs applications militaires. Depuis le milieu des années soixante, deux types de capteurs

Figure 1 : Évolution des outils de prospection électrique permettant avec des roues dentées la mesure « en continu ». Le dernier modèle à 3 dipôles de mesures permet trois profondeurs d'investigation différentes.

*Figure 1: Evolution of the mobile arrays used in continuous while moving resistivity surveying. The electrodes are spiked wheels. The last version has three different depths of investigation.*



(figure 2) sont ainsi retenus comme bien adaptés pour la prospection archéologique : les capteurs à pompage optique qui mesurent le module du champ magnétique terrestre et les gradiomètres « fluxgate » qui mesurent la différence de valeur de la composante verticale entre deux hauteurs. Le champ magnétique dérivant d'un potentiel, l'information apportée par sa cartographie est en théorie la même quel que soit le type de capteur. Le choix d'un capteur dépend de considérations pratiques (minimisation des bruits parasites, facilité de mise en œuvre, coût). Pour les méthodes électrique et magnétique, il existe actuellement au moins une société spécialisée dans la fabrication d'appareils de mesure dédiés à la prospection archéologique (Geoscan Research, Ltd, Bradford).

### Les méthodes électromagnétiques

Comme cela avait été le cas en prospection minière, il était logique que les difficultés rencontrées en prospection électrique conduisent les prospecteurs à se tourner vers les méthodes électromagnétiques basse fréquence (*Electromagnetic Induction, EMI*). L'analyse des possibilités offertes dans ce domaine était cependant compliquée par le fait qu'il fallait tenir compte à la fois des propriétés électriques du sol et de ses propriétés magnétiques. Ainsi, alors que les premières études ont débuté en 1962 ce n'est qu'en 1978 qu'un prototype bien adapté à la prospection archéologique a été construit (Parchas et Tabbagh, 1978). Par la suite, le marché de la cartographie

des propriétés des sols s'est développé en agronomie et plusieurs appareils relativement bien adaptés à la prospection archéologique existent aujourd'hui. La figure 3 présente plusieurs des appareils utilisés.

En hautes fréquences, pour les radars-sol où la propriété qui gouverne la vitesse de propagation est la permittivité, on a dû attendre le développement des applications en reconnaissance des sols en géotechnique pour que des appareils soient disponibles. Les premières applications publiées l'ont été en 1975.

### Mise en œuvre de la prospection géophysique

À côté de la recherche méthodologique et thématique s'est posé le problème de la mise en place d'une pratique « industrialisée » de la prospection à même de répondre au besoin de l'archéologie préventive et programmée sur le territoire national comme à l'étranger. Cette possibilité, en place dès le début en Angleterre avec un service public relayé ensuite par des sociétés privées, a longtemps été bloquée en France par le refus du ministère et de l'AFAN/INRAP de mettre en place un service adéquat. Il a fallu attendre que le développement de la cartographie en pédologie permette les investissements nécessaires (Société Geocarta SA) à la constitution d'un parc d'appareils en prospection magnétique, électrique et électromagnétique multi-profondeurs pour qu'une application « industrialisée » soit réalisable.

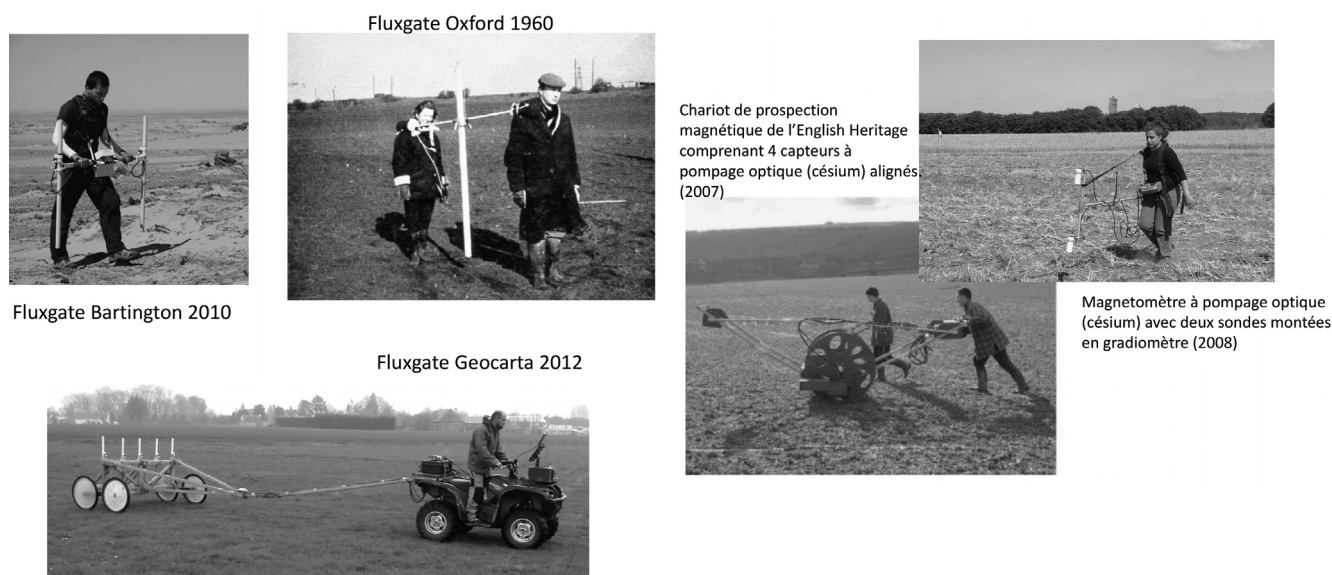
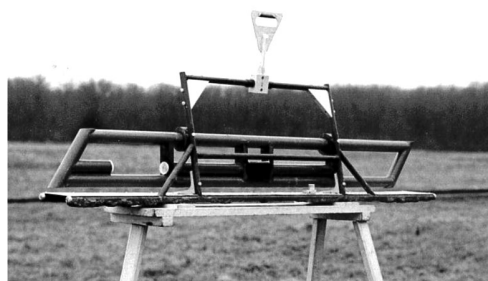


Figure 2 : Outils de prospection magnétique : avec comme capteurs d'une part des gradiomètres « Fluxgate » (à gauche) et d'autre part des sondes à pompage optique (à droite).

Figure 2: Magnetic surveying instruments: Fluxgate gradiometers (left), optically pumped magnetometers (right)



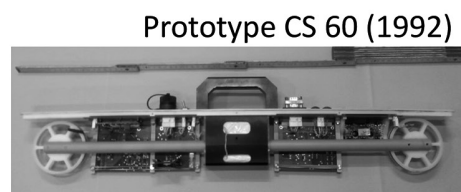
EM38 Geonics (Ltd)  
(1980-2010)



Prototype SH3 (1978)



CMD (Gf Instruments)  
(2012)



Prototype CS 60 (1992)



DualEM421s (Ltd) (2008)

Figure 3 : Appareils électromagnétiques basse fréquence (EMI) utilisés en prospection archéologique. Les modèles les plus récents comprennent plusieurs réceptrices permettant des mesures avec plusieurs profondeurs d'investigation simultanées. La version 2010 de l'EM38 a 2 réceptrices (à 0,5 et 1 m de l'émettrice), le CMD en a 3 (à 0,32, 0,71 et 1,18 m de l'émettrice) le DualEM 421s en a 6 (3 coplanaire avec l'émettrice et situées à 1, 2 et 4 m, 3 perpendiculaires à l'émettrice situées à 1,1, 2,1 et 4,1 m de l'émettrice).

*Figure 3: Low frequency electromagnetic apparatus (EMI) used in archaeological prospection. Newer ones have several receiver coils thus several depths of investigation: the 2010 version of the EM38 has two receivers (at 0.5m and 1m distances from the transmitter coil), the CMD has three receivers (at 0.32m, 0.71m and 1.28m), the DulaEM 421s has six receivers (3 coplanar with the transmitter one at 1, 2 and 4m and 3 perpendicular at 1.1, 2.1 and 4.1m)*

### 3. PERSPECTIVES

#### Perspectives quant aux méthodes

**Le développement des GNSS** (Global Navigation Satellite Systems) a permis un gain qualitatif en matière de précision du positionnement et des gains de temps très significatifs lors des mesures sur le terrain. Sans une localisation précise, l'utilité des gains en précision de la mesure est en fait très incertaine. Ce point acquis on cherchera toujours à gagner encore en vitesse d'acquisition sur le terrain.

**L'interprétation** va se développer; elle s'est souvent limitée à la reconnaissance des formes apparaissant sur les cartographies mais va devenir de plus en plus quantitative et si possible immédiate après, voire pendant, l'acquisition. Elle

tendra surtout à être multi-méthodes et multi-propriétés afin de pouvoir mieux caractériser les matériaux présents.

**La prospection thermique** va désormais pouvoir être mise en œuvre beaucoup plus facilement qu'avant avec l'emploi de drones et de radiomètres de faible poids.

**La prospection électromagnétique multi-fréquentielle dans le domaine de l'induction (EMI)** qui permet de mesurer simultanément les quatre propriétés E.M. (conductivité électrique, permittivité, susceptibilité et viscosité magnétiques) commence à être appliquée (Simon *et al.*, 2017). Elle devrait connaître d'importants développements dans un futur proche.

D'une manière générale depuis une vingtaine d'années, l'emploi des méthodes géophysiques en faible profondeur s'est beaucoup développé pour des applications en agrono-

mie/pédologie et en génie civil notamment (domaine qu'on appelle en anglais *environmental and engineering*). Ce fait garantit l'existence sur le marché d'appareillages relativement bien adaptés pour la prospection archéologique alors que de grandes difficultés avaient été rencontrées pour mettre au point (et financer) des instruments adaptés en prospection électrique et électromagnétique basse fréquence. Il est aussi fort possible que de nouveaux outils d'investigation qui seraient mis au point pour des études environnementales s'avèrent avoir un usage pertinent en archéologie.

### Perspectives « métier »

Elles sont très difficiles à cerner, le sentiment dominant étant que nous sommes en phase d'évolution. Deux points ressortent : (1) le début du déblocage de la situation à l'INRAP (qui a engagé un géophysicien en CDI en 2015) et qui voit un grand intérêt aux prospections après décapage, (2) la prise de conscience que l'archéologie ne peut se pratiquer qu'en équipe « pluridisciplinaire » et que chaque équipe de terrain doit faire intervenir une ou plusieurs personnes maîtrisant les méthodes de prospection, c'est-à-dire capable d'exécuter elles-mêmes la prospection et/ou d'établir un cahier des charges pour un sous-traitant en acquisition de mesures ou en traitement.

### Bibliographie

- AITKEN M. J., 1961. *Physics and Archaeology*, first edition, Interscience publishers, 181 p., 1974 second edition Clarendon Press, 291 p.
- ASCA NEWSLETTER, 1965. *Applied Science Center for Archaeology*, University of Pennsylvania, Volume 1, Number 1, 4 p.
- ASPINALL A., GAFFNEY C. SCHMIDT A., 2008. *Magnetometry for Archaeologists*. Lanham, Altamira Press 208 p.
- ATKINSON R.J.C., 1946. *Field Archaeology*, first edition, Methuen & Co.
- BENECH C. (ed.), 2005. La prospection géophysique. *Les dossiers de l'archéologie*, 308, Novembre 2005, 79 p.
- BEVAN B. W., 1999. An early geophysical survey. *Archaeological Prospection* 6, p. 51-58.
- CAMPANA S., PIRO S. (eds), 2009. *Seeing the unseen*, CRC Press, 331 p.
- CLARK A. J., 1990. *Seeing beneath the soil*. Batsford Press.
- CONYERS L. B., 2013. *Ground Penetrating radar for archaeology*. Third edition Altamira Press, 241p.
- DABAS M., DECRIAUD J.-P., DUCOMET G., HESSE A., JOLIVET A., MOUNIR A., TABBAGH A., 1994. Continuous recording of resistivity with towed arrays for systematic mapping of buried structures at shallow depths. *Revue d'Archéométrie*, 18, p. 13-17.
- FERDIÈRE A. (éd.), DABAS M., DELÉTANG H., FERDIÈRE A., JUNG C., HAIO ZIMMERMANN W., 2006. *La Prospection*, Paris, Errance, coll. « Archéologiques », 248 p.
- HESSE A., 1966. *Prospections géophysiques à faible profondeur applications à l'archéologie*, Paris, Dunod, 149 p.
- HESSE A., JOLIVET A., TABBAGH A., 1986. New prospects in shallow depth electrical surveying for archaeological and pedological applications. *Geophysics*, 51-3, p. 585-594
- HULIN G., MANEUVRIER C., TABBAGH A., VINCENT J.-B., 2015. 2018. What exists beneath the place where Conrad Schlumberger carried out the first (1912) electrical prospection experiment: the Val-Richer Abbey. *Near Surface Geophysics*, 16, doi.org/10.3997/1873-0604.2017063.
- LAMING A., 1952. *La découverte du passé*, Paris, Picard, 363 p.
- MESNIL DU BUISSON, R. DU, 1934. *La technique des fouilles archéologiques*, Paris, Geuthner, 256 p.
- PARCHAS C., TABBAGH A., 1978. Simultaneous measurement of electrical conductivity and magnetic susceptibility of the ground in electromagnetic prospecting. *Archaeo-Physika*, 10, p. 682-691.
- SCHMIDT A., 2013. *Earth Resistance for archaeologists*. Lanham, Altamira Press
- SCOLLAR I. TABBAGH A., HESSE A. HERZOG I., 1990. *Archaeological prospecting and remote sensing, Topics in remote sensing 2*, Cambridge University Press, 674 p.
- SIMON F.-X., THIESSON J., TABBAGH A., 2017. Which EM Properties with Multi-frequency Low Induction Number Slingram Apparatus? *Near Surface Geoscience 2017 conference*, Malmö, Sweden, Mo23B11.
- TABBAGH A., PANISSOD C., BENECH C., DABAS M., JOLIVET A., GUÉRIN R., 2002. Un outil de reconnaissance géophysique en milieu urbain : la prospection électrostatique. *Revue française de Géotechnique*, 101, p. 3-9.