



Applications de la Géophysique en Génie civil : cas de la Reconnaissance Géotechnique

[Applications of Geophysics in Civil Engineering: case of Geotechnical Reconnaissance]

Mabiala Ma Diambu Georges Christian*, Nsimba Masunda Jean-Claude, Ndeke Issa Blandine, Lumpungu Lutumba Kevin, Mukala Kalambaie Alphonse Claude, Manzuma Mpukuta Bienvenu, Senzele A Tadi Bauval

Centre de Recherche en Géophysique (CRG), Kinshasa, République Démocratique du Congo

Résumé

La géophysique a pour objet l'étude du champ physique à la surface du sol ou à l'intérieur d'une cavité. Pour ce faire, elle passe par des méthodes tels que la gravimétrie, la sismique, les méthodes électriques en courant continue, etc. Ces méthodes trouvent aussi leurs applications dans d'autres domaines, particulièrement en génie civil.

Cela passe par la reconnaissance géotechnique du terrain sur lequel on projette réaliser des ouvrages. Cette reconnaissance oriente les travaux de construction.

La géophysique intervient aussi dans la maintenance des ouvrages comme le diagnostic des digues ou l'auscultation des barrages et des ponts.

Mots clés: Géophysique, reconnaissance géotechnique, génie civil, ouvrages.

Abstract

The aim of geophysics is to study the physical field at the surface of the ground or inside a cavity. To do this, it uses methods such as gravimetry, seismic and DC electrical methods. These methods also have applications in other fields, particularly civil engineering.

This involves geotechnical reconnaissance of the ground on which structures are to be built. This reconnaissance guides the construction work.

Geophysics is also involved in the maintenance of structures, such as the diagnosis of dikes or the monitoring of dams and bridges.

Keywords: Geophysic, geotechnical reconnaissance, civil engineering, structures.

*Auteur correspondant: Mabiala Ma Diambu Georges Christian, (georges.mabiala21@gmail.com). Tél. : (+243) 820 147 479

Reçu le 03/07/2023; Révisé le 20/07/2023 ; Accepté le 07/08/2023

<https://doi.org/10.59228/rcst.023.v2.i2.36>

Copyright: ©2023 Mabiala et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

La géophysique permet d'étudier la structure des terrains en recourant aux moyens de la physique. Cette approche est utilisée pour réaliser la reconnaissance géotechnique, étape indispensable avant la construction d'un ouvrage. En effet, la géotechnique étudie le comportement du sol et du sous-sol en relation avec les ouvrages. Le sol peut supporter les ouvrages (bâtiments, chaussées, pont) ou être supporté par des ouvrages (murs de soutènement). En ce sens, la géotechnique permet d'adapter des projets d'aménagement en rapport avec les conditions géographiques et géologiques du site (Chaussier, n.d.).

La reconnaissance consiste à déterminer dans un site donné, la nature des matériaux qui le constituent, leurs propriétés et leur répartition. Avec ces éléments, la reconnaissance aboutit à la réalisation du modèle géologique du site qui sert à déterminer l'emplacement de l'ouvrage, le type de fondation et à définir les procédés de construction (Lagabriele, 1988).

La reconnaissance géotechnique intervient aussi pour le diagnostic des digues. Elle commence par les méthodes électromagnétiques comme la radio magnétotellurique. Elle permet d'identifier au sein de la digue, les zones hétérogènes capables d'évoluer défavorablement en cas de crue. Les résultats obtenus sont complétés à l'aide d'une reconnaissance locale par panneau électrique. La sismique réfraction apporte aussi des compléments importants à cette reconnaissance (Fauchard & Mériaux, 2004).

2. Méthodes de reconnaissance et paramètres physiques utilisés en géophysique

Les méthodes de reconnaissance passent par les étapes suivantes: observations, mesures et interprétations. Les deux premières étapes se font à la surface tandis que la dernière étape présente les résultats du sous-sol profondeur.

2.1. Méthodes de reconnaissance

Pour élaborer un modèle géologique, il est nécessaire de commencer par exploiter les données existantes ou données secondaires. L'accès à ces données se fait en recourant aux études géologiques antérieures, aux enquêtes et aux études des photos aériennes et satellitaires. Ensuite, les informations récoltées sont complétées par une descente sur terrain

(observations directes, échantillonnage, prise des relevés et cartographie) (Egal, 2021).

Une fois que le modèle géologique est élaboré, on définit les techniques géophysiques de surface. Le choix de ces techniques est déterminé par le type de terrain en présence duquel on se trouve, la profondeur d'investigation souhaitée, le type de contraste espéré, les détails visés et le problème technique auquel on est confronté (Price, 1971).

L'interprétation de ces mesures géophysiques permet de réaliser le zonage du terrain et un premier niveau de répartition des matériaux qui le constituent et leurs propriétés (Eggers, 2016).

2.2. Géophysique et méthodes de reconnaissance

La géophysique occupe une place de choix car elle intervient à plusieurs niveaux dans le processus de reconnaissance. Elle permet d'améliorer le premier modèle géologique en présentant la structure du sous-sol en volume de manière approximative. De plus, elle sert à optimiser l'implantation des sondages mécaniques qui sont indispensables pour la précision dans les interprétations géophysiques (Honjo & Setiawan, 2007).

La géophysique sert à évaluer les informations obtenues lors des sondages mécaniques et des essais géotechniques et rend le modèle géologique cohérent. Elle permet de résoudre de nombreux problèmes notamment la détection des cavités souterraines, le terrassement, l'évaluation de la fracturation, l'identification des argiles,... (Najine et al., 2006)

2.3. Paramètres physiques utilisés en géophysique

La géophysique appliquée se consacre à l'étude du champ physique à la surface du sol ou dans des cavités creusées dans le sol. L'origine du champ physique est soit naturelle, soit provoquée et dépend des paramètres qui caractérisent les matériaux dont on cherche à déterminer la répartition dans le terrain.

Parmi les paramètres les plus utilisés en géophysique figurant la masse volumique, la vitesse des ondes mécaniques, la résistivité, la radioactivité et les caractéristiques magnétiques et électromagnétiques (Dubois et al., 2011). Les trois derniers paramètres ne seront pas développés dans notre article.

2.3.1. Masse volumique

Le champ de pesanteur est fonction de la masse volumique des matériaux du terrain. La présence d'une cavité souterraine par exemple conduit à une anomalie négative de la pesanteur mesurée à la surface. Les méthodes utilisées à cet effet sont la gravimétrie et la diagraphie différée.

2.3.2. La vitesse des ondes mécaniques

Les modules d'élasticité (modules d'Young et de Poisson, coefficient de Lamé) et la masse volumique déterminent la vitesse de propagation des ondes mécaniques les matériaux. Les méthodes sismiques les plus utilisées sont: la sismique réfraction, la sismique réflexion, la tomographie sismique, le cross-hole, la diaggraphie sonore et la diaggraphie microsismique.

3.2.3. La résistivité

Une des grandeurs qui caractérise les matériaux c'est leur capacité à véhiculer l'électricité. Cette grandeur est appelée conductivité. Son inverse c'est la résistivité. Pour déterminer la résistivité, les méthodes utilisées sont la prospection électrique et les méthodes électromagnétiques en basse fréquence.

3. Méthodes géophysiques

Les méthodes géophysiques (tableau 1) sont mises en application à l'aide des techniques géophysiques. Parmi elles, nous citons les techniques de surface, les techniques de forage et les diaggraphies.

Tableau 1. Méthodes utilisées en géophysique

Méthode	Grandeur mesurée	Paramètre	Origine du champ physique
Gravimétrie	Champ de pesanteur	Masse volumique	Naturelle
Sismique	Temps de trajet	Vitesse d'ondes mécaniques	Provoquée
Électrique par courant injecté	Potentiel électrique	Résistivité	Provoquée
Magnétique	Champ magnétique	Susceptibilité magnétique	Naturelle
Électro-magnétique	Champ électro-magnétique	Résistivité et permittivité	Provoquée
Radioactivité	Événements	Radioactivité des roches	Naturelle ou provoquée

Source: Lagabrielle (1988)

4.1. Diaggraphies

Le mot diaggraphie est attribué à la fois à la technique géophysique et au résultat que fournit la technique. Les diaggraphies sont utilisées à l'intérieur d'un forage (Figure 1).

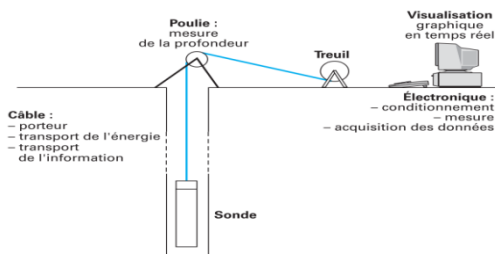


Figure 1. Schéma général d'un matériel de diaggraphie
Source: Lagabrielle (2007)

Complémentaires aux techniques de surface qui ne donnent accès qu'aux informations générales sur le terrain étudié, les diaggraphies fournissent suffisamment d'informations du terrain étudié sur le plan vertical avec plus de détails (Figure 2).

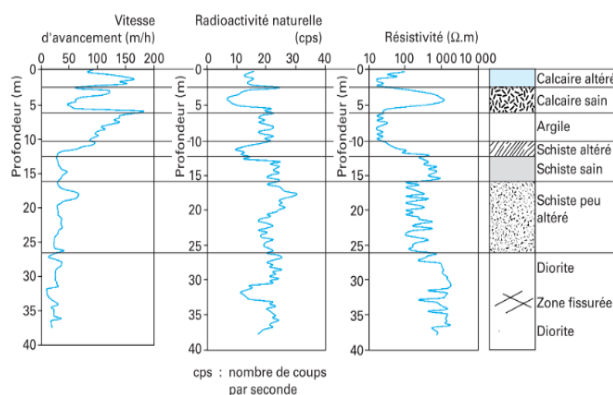


Figure 2. Trois diaggraphies différentes dans un même forage recoupant un recouvrement sédimentaire sur un substratum cristallin
Source: Lagabrielle (2007)

4.2. Gravimétrie

La gravimétrie s'intéresse aux variations du champ de pesanteur à la surface du sol. En génie civil, on recourt à la microgravimétrie. Elle est utile pour la recherche des cavités souterraines qu'elles soient naturelles ou artificielles.

Cette méthode aboutit à la production d'une carte de l'anomalie de Bouguer (Figure 3). Cette carte permet d'élaborer la carte de l'anomalie régionale. Ensuite, on retranche l'anomalie régionale de l'anomalie de Bouguer et on obtient la carte de l'anomalie résiduelle. Grâce à elle on arrive à déduire l'existence des cavités.

4.3. Sismique

La sismique se base sur l'étude de la propagation des ondes mécaniques dans le sol. On distingue la sismique réfraction et la sismique réflexion (Magnin & Bertrand, 2005).

En génie civil, la sismique réfraction intervient dans les études des terrains superficiels altérés et celles des substrats rocheux. Elle permet d'obtenir une coupe du sol avec les différentes couches qui le constituent.

La sismique réflexion est aussi utilisée pour le cas des études relatives à la structure du sous-sol formé des couches sédimentaires plissées et tectonisées. Les résultats obtenus sont des coupes-temps où sont identifiées les réflexions qui correspondent aux réflecteurs du sous-sol.

Une fois que les informations recueillies sur les vitesses mesurées sont suffisante, on peut établir des coupe-profondeurs.

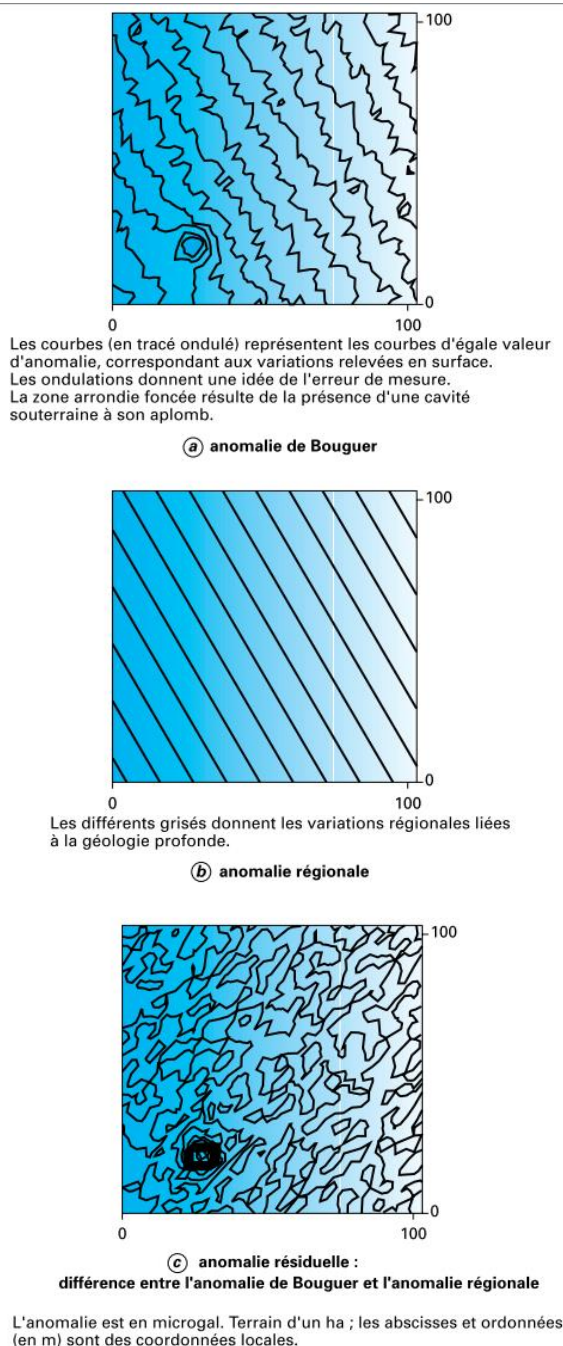


Figure 3. Carte de l'anomalie de Bouguer pour la recherche des cavités
Source: Lagabrielle (1988)

4.4. Méthodes électriques en courant continue

En génie civil, le sondage électrique est important dans la détermination de l'épaisseur d'altération d'un matériau de recouvrement avant d'exploiter une carrière. Il permet aussi de déterminer soit l'épaisseur d'une couche de sable,

soit celui d'une couche de gravier entre couche stérée de surface et substratum rocheux.

Le résultat obtenu permet la réalisation d'une courbe de sondage électrique. Celle-ci facilite le calcul de la variation de la résistivité du sous-sol en fonction de sa profondeur (Figure 4).

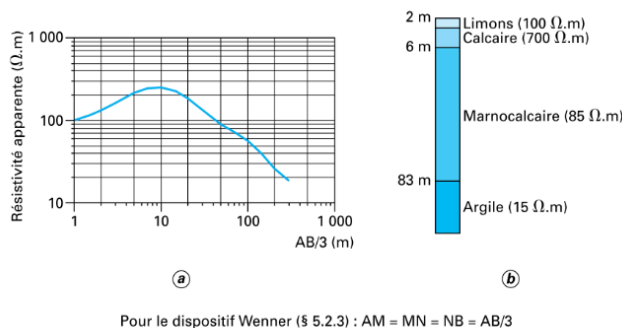


Figure 4. Sondage électrique (dispositif Wenner) au-dessus d'un terrain à stratification horizontale
Source : Lagabrielle (1988)

4. Conclusion

Le présent travail avait pour but d'illustrer les applications de la géophysique en génie civil, particulièrement avec les méthodes de reconnaissance géotechnique.

Il a été démontré que la géophysique facilite les travaux de génie civil. En effet, les études préalables qui se font avant la construction des ouvrages relèvent de la géophysique. Il est à noter aussi que la géophysique intervient dans le processus de maintenance ou entretien des ouvrages comme le diagnostic des digues et l'auscultation des barages. Ces aspects peuvent être développés dans un autre article.

Références bibliographiques

- Chaussier, J. B. (n.d.). *Initiation à la géologie et à la topographie*. Orléans, Editions BRGM.
- Dubois, J., Diamant, M., & Cogné, J.-P. (2011). *Géophysique*. Paris, Dunod.
- Egal, E. (2021). *Géologie: Notion de base et application au génie civil*. Saint-Denis, Ed. Techniques Ingénieur. www.techniques-ingenieur.fr
- Eggers, M. J. (2016). Diversity in the science and practice of engineering geology. *Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, 27(1), 1–18.
- Fauchard, C., & Mériaux, P. (2004). *Méthodes géophysiques et géotechniques pour le diagnostic des digues de protection contre les crues (Guide pour la mise en oeuvre et l'interprétation)*. Aix-en-Provence, Cemagref.
- Honjo, Y., & Setiawan, B. (2007). General and local

- estimation of local average and their application in geotechnical parameter estimations. *Georisk*, 1(3), 167–176. <https://doi.org/10.1080/17499510701745960>
- Lagabrielle, R. (1988). *Géophysique appliquée au génie civil*. Saint-Denis, Ed. Techniques Ingénieur. www.techniques-ingenieur.fr
- Lagabrielle, R. (2007). *Diagraphies et géophysique de forage*. Saint-Denis, Ed. Techniques Ingénieur. www.techniques-ingenieur.fr
- Magnin, O., & Bertrand, Y. (2005). *Guide Sismique réfraction*. Paris, Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées. www.ifsttar.fr
- Najine, A., Jaffal, M., Aïfa, T., Filahi, M., Arioua, A., Boukdir, A., Andrieux, P., & Rejiba, F. (2006). Reconnaissance des cavités souterraines par tomographie électrique et radar géologique dans le centre ville de Béni-Mellal (Maroc). *Bulletin Des Laboratoires Des Ponts et Chaussées*, 260, 83–89.
- Price, D. G. (1971). Engineering Geology in the Urban Environment. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology Engineering*, 4, 191–208. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1971.004.03.03>