

## PRINCIPE CARTOGRAPHIQUE DE LA DETECTION DES INSTALLATIONS CACHEES PAR LA METHODE DE BLUE STAKE DANS LA CONCESSION MINIERE DE TENKE FUNGURUME AU KATANGA EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

### [ CARTOGRAPHIC PRINCIPLE OF THE DETECTION OF BLUE STAKE HIDDEN INSTALLATIONS IN THE TENKE FUNGURUME MINING CANCER IN KATANGA IN THE DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO ]

*K.B. Lulali<sup>1</sup>, K. Viascear<sup>2</sup>, K. Wanduma<sup>3</sup>, and L. KIPATA<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Faculté des Sciences, Département de Géologie, Université de Kolwezi, à Lubumbashi, RD Congo

<sup>2</sup>Tenke Fungurume Mining, Engineering Department, Lubumbashi, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des Sciences, Sciences de l'Environnement, Université Libre de Bruxelles, Campus de la Plaine, CP201/01, Boulevard du Triomphe 50, 1050 Bruxelles, Belgium

<sup>4</sup>Faculté des Sciences, Département de Géologie, Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

---

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The location, location and mapping of hidden facilities make it possible to avoid the risks of accidents and other nuisances that can cause material and human damage during the various phases of planning and construction of a project. Hence it is important to identify these to solve several problems on a given site. Damaging these buried utilities during construction work, urbanization continues to be one of the major risks for different industries. Currently, it is important to update information on hidden utilities that will serve several scientific disciplines during field work and for successful projects involving excavation, well drilling, exploration drilling, leveling And construction in the field of civil engineering. Bluestake (picketing and marking) processes identify and locate the various hidden utilities such as underground piping, ducting and cable systems, sewers and other installations that can emit a frequency that can be detected during field prospecting . Accordingly, the Blue stake processes are based on the geophysical prospecting method, see the electromagnetic approach using an apparatus consisting of a transmitter, a receiver, electrodes, the ground rod and the electromagnetic field clamp which Of the searched utility sends a detectable frequency and then locates it for mapping.

**KEYWORDS:** Cartography, Hidden Installations, Blue Stake process, mines, Tenke Fungurume, Katanga, RD Congo.

**RESUME:** La localisation, le repérage et la cartographie des installations cachées permettent d'éviter les risques d'accidents et autres nuisances pouvant entraîner des dégâts matériels et humains lors des différentes phases de planification et de construction d'un projet. D'où il est important d'identifier ces derniers pour apporter la solution à plusieurs problèmes sur un site donnée. Endommager ces utilitaires enfouis lors des travaux de construction, urbanisation continue d'être un des principaux risques majeurs pour différents industries. Actuellement, il est important de mettre à jour les informations concernant les utilitaires cachés qui devra servir plusieurs disciplines scientifiques lors des travaux sur terrain et pour la réussite des projets reposant sur les travaux d'excavation, forage des puits, sondage d'exploration, nivellement et construction dans le domaine de génie civil. Les procédés de *Bluestake (piquetage-marquage)* permettent d'identifier et localiser les différents utilitaires cachés tels les réseaux de tuyaux, conduits et câbles souterrains, les égouts et autres installations pouvant émettre

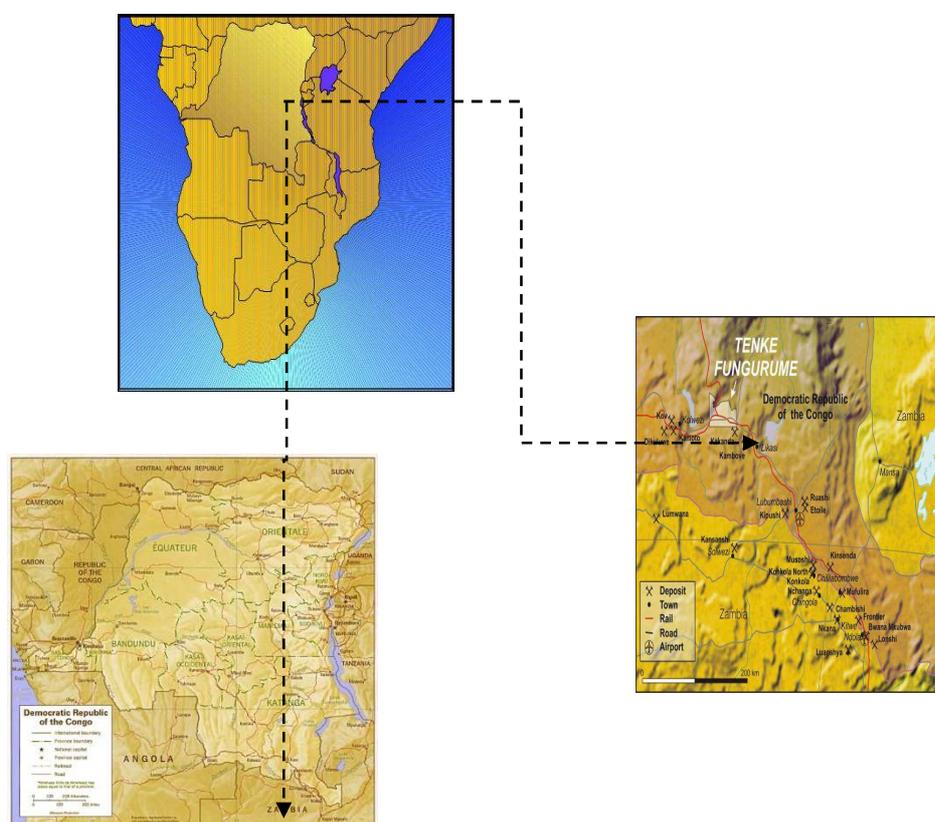
une fréquence qui peut être détectée lors des travaux de prospection sur terrain. De ce fait, les procédés de Blue stake repose sur la méthode de prospection géophysique voire l'approche électromagnétique utilisant un appareillage constitué d'un émetteur, un récepteur, des électrodes, la tige de terre et la pince à champ électromagnétique qui en fonction de l'utilitaire recherché émet une fréquence pouvant être détectée puis localiser en vue d'être cartographier.

**MOTS-CLEFS:** Cartographie, Installations Cachées, Méthode, BlueStake, Mines, Tenke Fungurume, Katanga, RD Congo.

## 1 INTRODUCTION

Le Blue stake est une procédure qui consiste à identifier, marquer, cartographier et repérer les installations enfouies (cachées) telles que les installations électriques, les tuyauteries les égouts, les fibres optiques, ou d'autres installations similaires afin d'éviter des nuisances, risques de blessure et dommage lors des activités d'excavation et terrassements lors de l'exécution des ouvrages de géologiques (forages et puits de prospection, puits filtrants, sondages géotechniques), minières et de génie civil tel que le forage dans les murs et béton.

## 2 PRESENTATION



**Figure1 : représentation du secteur d'étude (source : Tfm\_géologie/ Dpt\_Exploration)**

Cette méthode dite *Blue Stake (piquetage)* s'applique dans la concession de l'entreprise minière Tenke Fungurume qui est localisée dans la province de Lualaba ex Katanga en République démocratique du Congo à environ 195 Km au Nord-Ouest de la ville province de Lubumbashi. Cette procédure s'applique non seulement dans la concession minière, mais également sur toutes les zones opérationnelles de la société Tenke Fungurume Mining dans le reste du pays.

### 3 PROBLEMATIQUE

La République démocratique du Congo, dispose de plusieurs services publics et sociétés œuvrant dans différents domaines tels les réseaux hydroélectriques, les réseaux de canalisation et assainissement d'eaux, les services d'urbanisations et autres domaines de génie civil tel que la construction des réseaux routiers, barrage, le terrassement, pond et chaussé puis autres travaux dans domaines géologiques tels que les forage et puits de prospection, sondage géo mécanique...

De ce qui suit, plusieurs services publics de l'État Congolais ne dispose d'informations fiables et des cartes détaillées en ce qui concerne les installations souterraines cachées dans différents secteurs où les travaux et différents chantiers évoluent; d'où il y a risque d'accidents pouvant endommager les équipements, les personnels ainsi que le milieu environnement si ces différentes installations telles que les câbles électriques, les canalisation de tuyauteries pour la desserte en eau, les installations de la télécommunication et différents cavités sur site ne sont pas bien localiser, cartographier, identifier et marquer avant d'effectuer les différents types des travaux sur un site donnée.

### 4 OBJECTIF

L'objectif est d'identifier, rechercher et marquer les utilitaires rencontrer puis informer et prévenir les risques de blessures et différents types d'accidents pouvant endommager l'environnement, l'écosystème, ou porter atteinte à la vie humaine ou entraîner de dommages matériels lors des travaux d'excavation et pénétration dans les bâtiments et surfaces du sol. De ce fait, nous établissons des cartes permettant de représenter, schématiser et repérer les différentes installations enfouies et dont nous ne possédons au paravent aucune information. Ainsi nous devons conserver les schémas, les cartes, concernent les utilitaires enterrés ou cachés, et faire leur mise à jour des schémas en cas de disponibilité de nouvelles informations

### 5 PRINCIPE ET REGLEMENTATION DE LA METHODE BLUE STAKE (PIQUETAGE-MARQUAGE)

Cette procédure est appliquée lorsque nous devons pénétrer une surface de plus de 2,5Cm, excaver, forer, niveler, creuser. Lors des différentes inspections des travaux sur terrain nous devons prospecter minutieusement la zone de travail concernée en identifiant, et en marquant les différentes installations localisées au moyen d'une peinture de couleur appropriée, un drapelet, un piquet, ou autre forme de marquage tel que la chaux, le ciment ou le ruban. Ainsi les installations localisées ou détectées sont codifiées par les couleurs suivantes : Rouge: Électrique, Jaune : Gaz, hydrocarbures, Orange : Câble de communication, Bleu : Système d'eaux, Vert : Systèmes d'égouts sanitaires, drains, égouts, tuyauterie de pulpe, Violet : Eaux de procédé de l'extraction par solvant ou de l'électrolyse, Blanc : Système d'aération.

Toute inspection sur terrain avant le début des différents travaux tels que le forage, la préparation des plates-formes des sondages, excavation, nivellement et autres travaux de génie civil doit être fait au moins 48 heures ou plus avant ; afin de permettre une bonne identification et élaboration des cartes détaillées pouvant permettre la localisation des installations cachées sur un site donné.

### 6 TECHNIQUE ET METHODOLOGIE DE DETECTION DES RESEAUX ENTERRES

#### 6.1 DÉTECTION PAR DES TECHNIQUES DESTRUCTIVES

Nous entendons par technique destructive, toute méthode de sondage qui repose sur un terrassement mécanique et/ou manuel, dans le but de chercher les ouvrages à ne pas accrocher lors des travaux à proximité, tout en maintenant leur fonctionnement [1].

Il existe deux types de techniques de fouille :

- a) Mécaniques : généralement déployées lors des premières dizaines de centimètres où nous avons la certitude de l'inexistence du risque d'endommagement de l'ouvrage.
- b) Douces : utilisées à l'approche de l'ouvrage sur les dernières dizaines de centimètres de fouille. Elles sont souvent établies à la main, ou à l'aide d'un camion aspirateur.

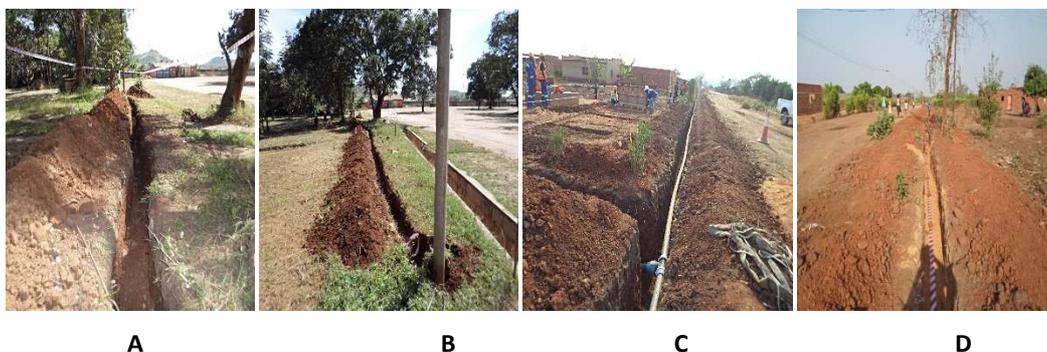
Lors des travaux de terrassement, il faut adapter les techniques de fouille selon la nature du sol et des profondeurs renseignées par l'exploitant de réseaux. Il arrive parfois que le tracé d'un réseau ne corresponde pas vraiment à la réalité du terrain, comme par exemple lorsque nous constatons qu'un ouvrage passe au bord d'un arbre car nous savons au préalable que cela n'est pas possible. En effet, le règlement de la voirie prévoit un rayon de 2m à partir du centre de l'arbre, où aucun

réseau ne doit passer. Dans ce cas, il faut commencer par un terrassement à la pelle mécanique jusqu'à une certaine profondeur (45cm par exemple), ensuite il faut continuer à creuser avec des techniques douces.

L'objectif de l'utilisation des techniques intrusives est de mettre à nu tous les réseaux qui rentrent dans la zone de travaux afin d'avoir une visibilité sur la position de l'ouvrage et connaître aussi précisément son matériau de construction, son diamètre extérieur, son revêtement de protection, et ses caractéristiques géométriques. Nous pouvons aussi constater les points singuliers comme les changements de direction et de pente ainsi que les organes de coupure et leurs accès [2].

Selon la méthodologie dans cette procédure de Blue stake (Piquetage - Marquage)

Tous les nouveaux matériels souterrains doivent avoir un fil de démarcation ainsi que des rubans de sécurité appropriés enterrés avec la ligne du matériel lors de l'installation. Ainsi, les lignes de gaz, de communication, de plomberie ainsi que les fibres optiques, les installations électriques tels que les câbles de basse tension devront être enterrés dans le sol à une profondeur de 70cm puis recouvert d'une couche de sable lavé, ou autre matière fine approuvée au moins de 30cm au-dessus de l'utilitaire pose puis d'un ruban de sécurité approprié avec une indication. Quant au câble électrique de moyenne et haute tension, ces derniers doivent être placés à une profondeur allant de 1,20m à 1,50m recouvert d'un béton teint en rouge et un ruban d'indication situé à 15cm ou 20cm au-dessus de béton puis placé au niveau de sol à l'œil nu, une plaquette marquée d'un signe de danger visible.



**Photos 1 : (A-B) : Excavation pour installer le câble électrique basse tension (Fungurume, 2015)  
Photos 2 : (C-D) : Excavation pour installer le tuyau d'eau (Quartier Kabila, Fungurume, 2016)**

## **7 DÉTECTION PAR DES TECHNIQUES NON DESTRUCTIVES**

Actuellement, il n'existe pas de méthode non-destructive qui garantit à 100% la détection de tous les types des ouvrages, c'est pourquoi il faut étudier les différentes techniques et les adapter aux autres types des réseaux et aux conditions environnementales de la zone de projet.

### **Principe**

Cette technique non-destructive repose sur la détection des ondes électromagnétiques qui se diffusent dans un réseau conducteur de courant. Ce dernier peut être un réseau d'électricité ou de téléphone, mais aussi une canalisation dont le matériau de construction permet le transport du courant. C'est le cas des ouvrages d'eau, d'assainissement ou de gaz qui sont en cuivre, en plomb ou en acier. Par ailleurs, certains réseaux ne sont pas conducteurs de nature, mais ils sont parfois posés avec des câbles conducteurs de courant de type Plynox (câble ou fil traceur) qui permettent la détection. C'est le cas de certains réseaux de fibre optique. Trois méthodes de détection électromagnétique sont utilisées selon la nature des réseaux à détecter, la possibilité d'accès au réseau, la présence ou non d'affleurant et la finalité de la détection (évitement des endommagements ou fourniture de la cartographie des réseaux : la suite sera détaillée dans le Principe et utilisation du matériel de détection qui sera vue ci bas).

## 8 ASPECT GEOPHYSIQUE DE LA METHODE DE BLUE STAKE (PIQUETAGE-MARQUAGE)

### 8.1 LA PROSPECTION MAGNETIQUE

La prospection par champs électromagnétiques (EM) artificiels ou naturels, générés par des courants variables dans le temps, porte le nom de prospection électromagnétique [3] [4] [5]. Notons que les techniques électromagnétiques sont intéressantes, même quand il s'agit d'une reconnaissance rapide, d'une «déttection» sommaire ou de la simple découverte de zones d'anomalies, l'interprétation quantitative en plusieurs dimensions (2D, 3D) peut devenir très compliquée et ; est loin d'être « intuitive ». Elles ont d'autre part un vice rédhibitoire : leur profondeur d'investigation est limitée, d'autant plus limitée que la fréquence du champ électromagnétique est plus élevée. Les appareils de prospection électromagnétique répondent à une grande variété de conducteurs tant naturels qu'artificiels, tels que les conducteurs dans la roche en place : (graphite, sulfure massifs, zones de cisaillement), les conducteurs artificiels : (lignes électriques, pipes lines, réservoir et conduites métalliques, voie ferrée...)

### 8.2 LA NOTION SUR LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau ou d'une solution à laisser les charges électriques se déplacer librement, donc à permettre le passage d'un courant électrique. Principe physique : La conductivité électrique est l'inverse de la résistivité. Elle correspond à la conductance d'une portion de matériau de 1m de longueur et de 1m<sup>2</sup> de section.

Parmi les meilleurs conducteurs, il y a :

- les métaux (comme l'argent, le cuivre, l'or ou l'aluminium) pour lesquels les porteurs de charge sont les « électrons libres ».
- les solutions d'électrolytes (ayant des ions en solution). Pour ces dernières, la valeur de la conductivité dépend de la nature des ions présents dans la solution et de leurs concentrations. La conductivité d'une solution peut être mesurée à l'aide d'un conductimètre.

Certains matériaux, comme les semi-conducteurs, ont une conductivité qui dépend d'autres conditions physiques, comme la température ou l'exposition à la lumière, etc. Ces propriétés sont de plus en plus mises à profit pour réaliser des capteurs

### 8.3 LA NOTION D'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

En régime variable, champ électrique et champ magnétique sont étroitement liés, et même littéralement indissociables. C'est de là d'ailleurs que vient le nom d'électromagnétisme. Un champ magnétique variable engendre un champ électrique : en cela consiste l'induction électromagnétique de Faraday. Dans un conducteur, un champ électrique crée un courant, lequel crée un champ magnétique, c'est la loi d'Ampère.

La méthode de prospection EM fait intervenir simultanément trois processus physiques distincts à savoir :

1. le premier consiste en la production d'un champ magnétique primaire qui varie avec le temps;
2. le second est la naissance de courants induits (courants de Foucault) dans tous les conducteurs sur lesquels agit ce champ primaire;
3. le dernier est la détection de ces conducteurs par la mesure des champs magnétiques secondaires créés par les courants de Foucault.

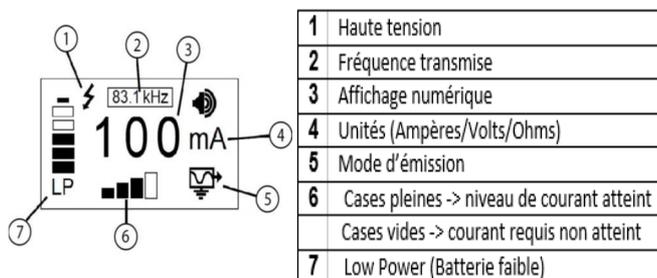
L'amplitude des courants induits dans un corps conducteur dépend de plusieurs facteurs, à peu près équivalents, qui sont: les propriétés électriques du conducteur; les dimensions et la forme du conducteur; la fréquence du champ primaire; l'emplacement du conducteur par rapport aux instruments géophysiques

En ce qui concerne la méthode de Blue stake (piquetage-marquage) , les détecteurs utilisés appliquent les principes et méthodes de la prospection géophysique reposant sur la localisation de champ électromagnétique induit sur différents utilitaires recherchés sur terrain. Les différentes fréquences émises par les utilitaires sont captés (détectés) à l'aide d'un émetteur et un récepteur. A l'aide d'un GPS, les données sont récoltées puis seront ensuite traitées pour obtenir une carte représentant différentes anomalies des conducteurs enfouis dans le sol et dont nous ne disposons aucune information dans un secteur donné.

**9 MATERIELS UTILISES DANS LA METHODE BLUE STAK (PIQUETAGE-MARQUAGE)**

**9.1 LE VLOCPR02**

Est un détecteur de courant électromagnétique composé d'un émetteur et un récepteur. Ce dernier agit comme un générateur de courant dont la puissance et la fréquence sont modulables, Un écran de contrôle indique les différentes variables qui sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.



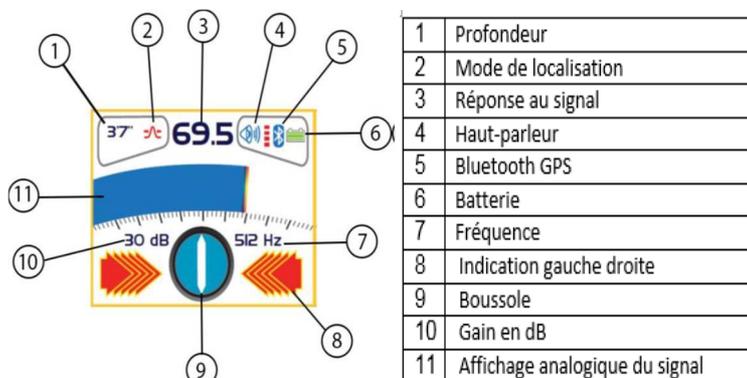
**Figure 2: Présentation de l'écran d'affichage de l'émetteur**



**Photo 3: Vue de l'Émetteur du VlocPro2, pose au sol lors des travaux de prospection sur terrain**

**9.2 PRESENTATION ET DESCRIPTION DE RECEPTEUR**

Le récepteur se présente comme ci-dessous. Le tube est en fibre de carbone ce qui le rend résistant et léger. Sur le schéma on peut voir les différentes informations fournies par l'écran principal :



**Figure 3 : Présentation de l'écran et affichage de récepteur**



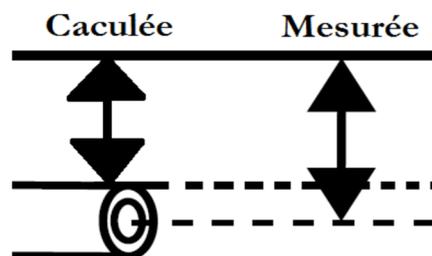
**Photo 4: Vue de récepteur de VlocPro2, pose au sol lors des travaux de prospection sur terrain**

La boussole indique la direction des utilitaires recherchés (soient les câbles ou tuyaux galvanisés) ; la couleur passe au bleu quand la direction est parallèle à celui-ci. Les flèches aident à se diriger vers celui-ci tandis que la jauge donne un maximum (ou un minimum en fonction du mode utilisé) à l'aplomb de l'utilitaire retrouvé. De même, la fréquence détectée ainsi qu'un aperçu de la profondeur (à 10 cm près) sont indiqués. Il suffit d'appuyer sur la touche « i » pour avoir la profondeur au centimètre près (au niveau de l'affichage, on ne parle pas ici de précision) et l'intensité du signal en Ampère. Après avoir branché l'émetteur au réseau selon les différents cas qui seront vus ci bas, la mesure sur le terrain se fait de la manière suivante:

- Localiser brièvement les utilitaires en effectuant un balayage de droite à gauche en maintenant le détecteur perpendiculaire au sol,
- Orienter le récepteur à l'aide de la boussole (voyant bleu lorsque l'on est dans l'axe),
- Vérifier la direction des utilitaires en tournant le récepteur à 90 degrés, le signal doit alors être minimum car on est orienté perpendiculairement,
- Une fois la position et la direction établie, il faut poser la base du détecteur au sol et appuyer sur

« i » pour afficher (« + » pour enregistrer) le courant et la profondeur. Le détecteur possède une mémoire interne permettant d'effectuer les enregistrements.

À noter que la profondeur mesurée est la distance de la base du récepteur (au niveau du sol) à l'axe de la canalisation soit du câble ou de tuyau. Ainsi pour les réseaux dont le diamètre est non négligeable, il faudra retrancher la longueur du rayon pour avoir la profondeur exacte de la génératrice supérieure du réseau. Attention, dans certains cas, le diamètre fourni est le diamètre nominal, qui diffère du diamètre extérieur pour certaines canalisations (en acier par exemple). Il faut toujours utiliser le diamètre extérieur pour calculer la profondeur exacte.



**Figure 4: schéma illustrant la profondeur calculée et mesurée, source : (VlocPro2 use manual)**

Une attention particulière est à apporter lors de la localisation dans des zones avec des coudes ou des raccords perpendiculaires car les mesures de profondeur peuvent être imprécises à cause de la distorsion des champs électromagnétiques. Cette contrainte est très importante et nous oblige à toujours être vigilants et à porter un œil critique sur les résultats obtenus.

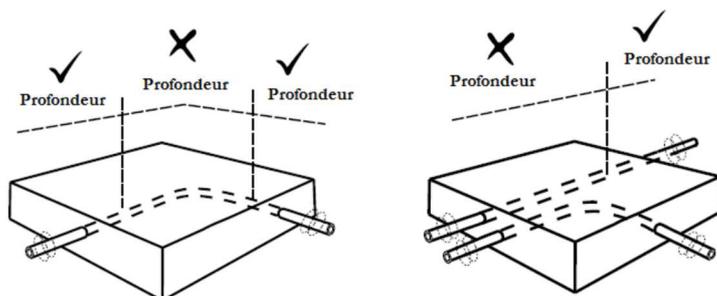


Figure 5: Schéma illustrant les zones influant sur la qualité de la mesure de profondeur, Source : (VlocPro2 use manual)

### 9.3 LE SEBAKMT5000 : LE DETECTEUR PAR IMPULSION ACOUSTIQUE VIBRATOIRE

Contrairement à la détection électromagnétique, la détection par méthode acoustique est une autre technique non-destructive qui sert à détecter généralement les réseaux non métalliques. Elle est actuellement l'une des méthodes les plus pertinentes pour repérer les ouvrages et branchements en plastique. Cette technique de détection repose sur l'injection de pulsations par le générateur, avant que celles-ci soient captées par un récepteur au niveau du sol. Il existe deux méthodes d'injection du signal:

- Injection de pulsations sur la canalisation : fixée sur l'aplomb de l'ouvrage par une bride, le générateur envoie des vibrations qui sont reçues par un accéléromètre. Cette méthode est fréquemment utilisée pour les conduites d'eau. Elle a l'avantage de ne pas susciter la coupure du service au client.
- Injection de pulsations sur le fluide contenu dans la canalisation: compliquée pour la mise en œuvre, cette méthode suscite souvent la présence d'un représentant du concessionnaire du réseau, ainsi que la coupure du service, assuré par l'ouvrage aux clients, car un accès direct au fluide est nécessaire. Nous pouvons parfois éviter l'interruption du service par un raccordement sur la prise « pression » dans le coffret.

Assurant une détection des réseaux enterrés à 20 cm et adaptée généralement aux canalisations non conductrices, cette méthode de détection contient plusieurs inconvénients : -Non indication de la profondeur de détection : elle s'avère de ce fait inadaptée à la cartographie des réseaux enterrés ; Inefficacité de détection en présence d'un terrain végétal ou sous un trottoir en béton (terrain non correctement compacté) ; bruitage du signal en présence d'une circulation dense à proximité, d'un fourreau ou d'autres obstacles au-dessus ou à proximité ; difficulté à localiser les branchements de petite longueur ; risque d'endommagement de certaines canalisations par les pulsations injectées.

De par ces inconvénients, cette méthode est de plus en plus abandonnée et remplacée par des techniques de détection électromagnétique et de géoradar. Ci-après un exemple de détecteur acoustique [1]

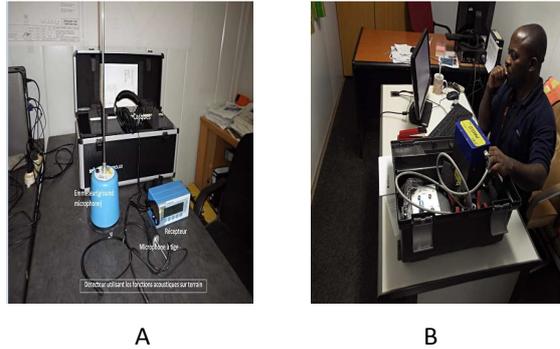


A



B

Photo 6 : (A-B) : Prospection par la méthode acoustique (Village Mitumba : Lualaba /Rd. Congo 2015)



**Photo 7 (A-B):Présentation générale de l'Appareil Hydrolux 5000 H2 localisation des fuites d'eau par méthode acoustique et son générateur d'onde ou pulsation : PWG/2 -FAST (B)**

## 10 EXPERIMENTATION ET TRAVAUX SUR TERRAIN

Dans cette étude nous utilisons le détecteur VIVAX METROTECH série vLocPro2 équipé d'un transmetteur (émetteur), récepteur, pince à champ électromagnétique (clamp), tige de terre, des câbles et d'un GPS. Notons que le récepteur dispose d'une boussole servant de guide, indication et orientation. L'émetteur produit un champ électromagnétique qui est enregistré puis capté par le récepteur sous formes des différentes fréquences d'investigations lors des travaux de prospection soit en maille large et serrée sur site. Ces fréquences peuvent être changées en fonction du conducteur localisé sur terrain.

Le détecteur série VLocPro2 est unité disposant les fonctions de radiodétection (radar) à plusieurs fréquences de recherche. Il existe deux modes de détection du signal des installations recherchées:

- a) Le mode passif ou puissance: seul le récepteur est utilisé et permet une localisation simple et rapide de la plupart des réseaux enterrés. Ce mode est efficace en maille large lors de la reconnaissance générale des différents conducteurs sur terrain ayant une grande superficie. Ici le réseau lui-même émet une onde dont la fréquence est connue, c'est le cas de quelques réseaux électriques ; le détecteur reçoit cette fréquence et permet le repérage des utilitaires induit par cette fréquence (photo 8). Notons que le mode passif est subdivisé en :
  - Mode 50Hz : qui capte les signaux à 50Hz proviennent des câbles électriques sous-tension et en charge ainsi que sur les réseaux métalliques induits par ces câbles.
  - Mode Radio : qui capte les signaux radio détectables proviennent d'émetteurs de haute puissance. Les signaux radio permettront de localiser la plupart des réseaux conducteurs de plus de 50 mètres linéaires et des câbles de télécommunication en fouis et autres fils de terre pour la protection des équipements sensibles contre la foudre.
  - Le mode Signal de la Protection Cathodique (CSP) : Permet au récepteur de localiser la fréquence 100Hz générée par un générateur de courant de protection cathodique.



**Photo 8 : Prospection en maille large/ Kwatebala Plant February 2014**

- b) Le Mode actif ou la détection active : ce mode est utilisé lorsque le champ magnétique est trop faible. On fait circuler un courant d'une fréquence donnée dans la conduite ou le câble métallique qui se transforme en une antenne, ainsi à partir

de la surface on suit la direction grâce à une boussole indicatrice localisée sur le récepteur du détecteur. On utilise simultanément le récepteur et son émetteur qui permet de générer une fréquence sur les utilitaires recherchés en vue de localiser et identifier ces derniers avec beaucoup plus de précision puis obtenir les informations sur la profondeur des utilitaires que nous recherchons. Notons que ce mode est utilisé en maille réduite en plus les conducteurs recherchés doivent être visible pour permettre de brancher les différents accessoires du détecteur sur terrain. Ainsi, cette technique est déployé avec l'utilisation d'un émetteur de courant dont la fréquence du signal émis doit être la même que celle du récepteur.

Ce mode dispose de plusieurs disponibilités de détection sur terrain à savoir :

- Le mode de transmission indirect ou par induction (Photo 9) : ce mode est utilisé lorsque le contact, avec le réseau conducteur à détecter, n'est pas possible pour établir un branchement direct. Pour établir la transmission, nous positionnons l'émetteur sur la surface du sol à l'aplomb de l'ouvrage, afin qu'il puisse y induire une fréquence de positionnement. Par ailleurs, la mise en place de l'émetteur est effectuée à la verticale du réseau à tracer ou à géo référencer, en se référant aux plans issus de la réponse à la aux utilitaires visibles sur le terrain. Néanmoins, cette méthode possède des limites techniques telles que le risque de confusion lors de la transmission du signal qui est diffusé sur les réseaux conducteurs proches de l'ouvrage détecté. Cela peut influencer considérablement la précision des mesures planimétriques, et celle de la profondeur. Ainsi, ce mode est utilisé parfois pour effectuer le tracé des réseaux conducteurs souterrains du fait de sa rapidité d'exécution de la non-nécessité de branchement l'émetteur sur le réseau. Néanmoins, il est formellement déconseillé de s'en servir pour des prestations de géo référencement, car il est le mode de transmission le moins précis.



***Photo 9 : Prospection en mode Indirect/ Induction : Base camp Avril 2016, (Lualaba RD.Congo)***

- Raccordement en mode direct (Photo 10) : ce mode est utilisé lorsque nous avons la possibilité d'accès à une partie conductrice et non protégée par une isolation du réseau, nous y branchons l'émetteur avec des pinces aux électrodes qui lui sont reliées par des cordons et des câbles connecteurs. on relie le premier câble au conducteur recherché puis le second à un point de terre avec une tige enfoncée dans le sol. Ainsi, l'émetteur fourni de l'énergie électrique à la ligne ou réseau recherché. L'émetteur et le récepteur doivent être réglés sur les mêmes fréquences lors des recherches sur terrain, et à l'aide de la boussole nous pouvons suivre l'orientation précise de l'utilitaire recherché. Ici les fréquences que nous avons utilisées une fréquence entre, 8kHz, et 512Hz. Notons que les mesures de sécurité sont très stricte, ne pas brancher les équipements sans l'autorisation de ceux qui gèrent le réseau recherche' ou sur un câble de plus de 35V, Sa combinaison avec une grande puissance et une faible fréquence contribue de manière significative à la réalisation de plus grandes distances de détection électromagnétique. En outre, l'émetteur est protégé des courants parasites autour de lui. Ce qui permet d'obtenir les meilleurs résultats, même en présence d'une importante zone souterraine dense en réseaux enterrés.



**Photo 10: Prospection en mode Actif-direct/ Kolwezi TFM-guest-House, March 2014**

- La Pince à champ Magnétique (mode Clamp) ; (photo 11) : La pince à champ magnétique permet d'injecter le signal du transmetteur sur l'utilitaire en service. Ce signal est capté par le récepteur, suite à la boussole l'orientation de l'utilitaire recherché sera plus facile à tracer. Notons que la pince doit être bien enfermée autour de l'utilitaire recherché. Notons ici que l'utilitaire recherche est visible et accessible pour placer la pince avec une fréquence spécifique comprise entre 8kHz et 200Hz. Par ailleurs, l'émetteur de courant ne permet la sélection que d'une fréquence adaptée à la pince. Ne suscitant aucune liaison avec la terre et particulièrement pratique pour détection des réseaux d'énergie, ce mode réduit considérablement les risques de confusion entre les réseaux conducteur trop proches. Ainsi, il permet une détection plus précise que celle qui est garantie par le mode de transmission par induction.



**Photo 11: Prospection en mode Actif direct : La Pince à champ Magnétique (Clamp)  
Base camp / Fungurume, April 2014**

## 11 RESULTATS DES RECHERCHES SUR TERRAIN

Dans ce paragraphe, nous allons présenter quelques travaux de prospection sur terrain en mode inductive et passive lors de localisation d'une canalisation de tuyau d'eau et câbles électriques enfoui sous terre. Notons qu'il y a plusieurs cas mais nous allons illustrer quelques exemples plus général.

### 11.1 CAS D'UN TUYAU DE CANALISATION GALVANISEE

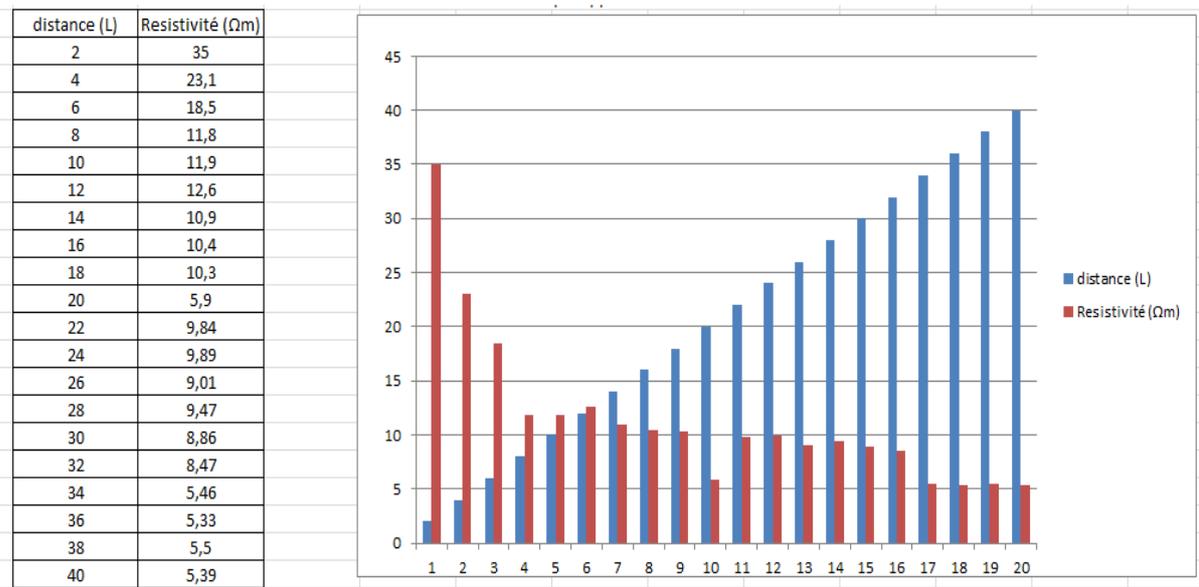
#### Travail en mode actif :

Ces données (a et b) ont été prises en utilisant la pince à champ électromagnétique (mode Clamp)

- L'émetteur est réglé à une fréquence de 32,8kHz, en injectant le courant de 100mA dans le sol
- L'émetteur est réglé à une fréquence de 65,5kHz, en injectant le courant de 100mA dans le sol
- L'émetteur et son récepteur sont réglés à une même fréquence

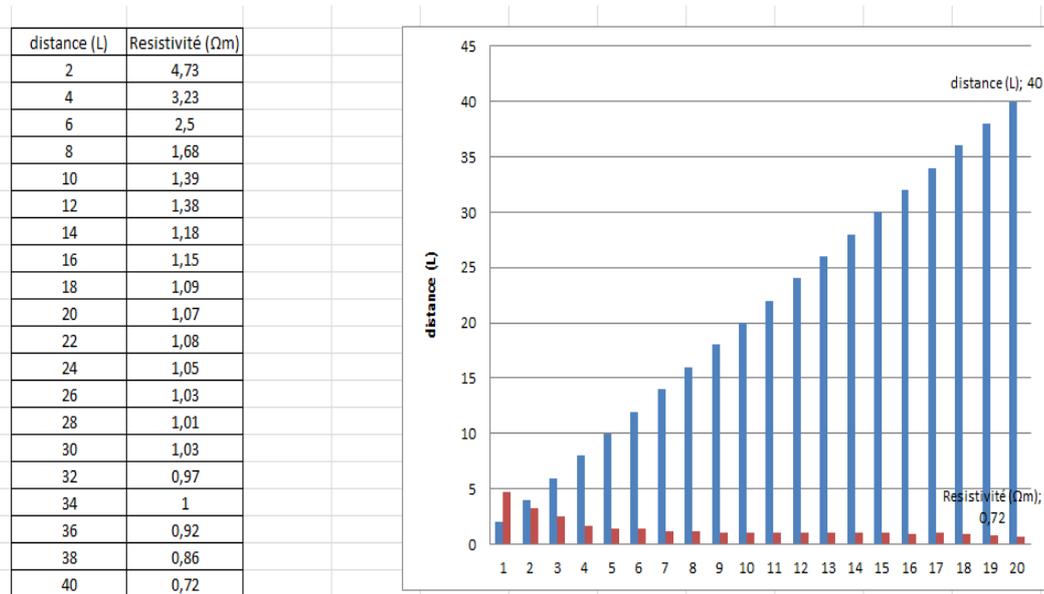
Exemple	Mode	Fréquence (kHz)	Résistivité ( $\Omega m$ )
a	Actif /raccordement direct	32.8	100
b	Actif/ raccordement direct	65.5	10
c	Actif/ induit : Indirect : sans raccordement	32.8kHz	

**a) L'émetteur est réglé à une fréquence de 32,8kHz**



*Figure 6: histogramme de résistivité enregistrée par le récepteur par rapport à la distance parcourue*

**b) L'émetteur est réglé à une fréquence de 65,5kHz**



*Figure 7: histogramme de résistivité enregistrée par le récepteur par rapport à la distance parcourue*

**c) Travail en mode actif induit : sans raccordement direct**

Lors des travaux sur terrain, le récepteur et son émetteur sont réglés en une même fréquence ; exemple celle de 32kHz, notons que dans ce mode l'émetteur n'est pas relié à l'utilitaire recherché par une quelconque connexion. L'émetteur génère un champ électromagnétique induit qui se traduit sous forme des ondes qui enrôlent l'utilitaire recherché ; le récepteur capte ces ondes qui s'affichent sur l'écran sous forme d'énergie électrique en milli ampère. Grâce à la boussole nous pouvons suivre la direction d'une canalisation ou de différents utilitaires recherchés.

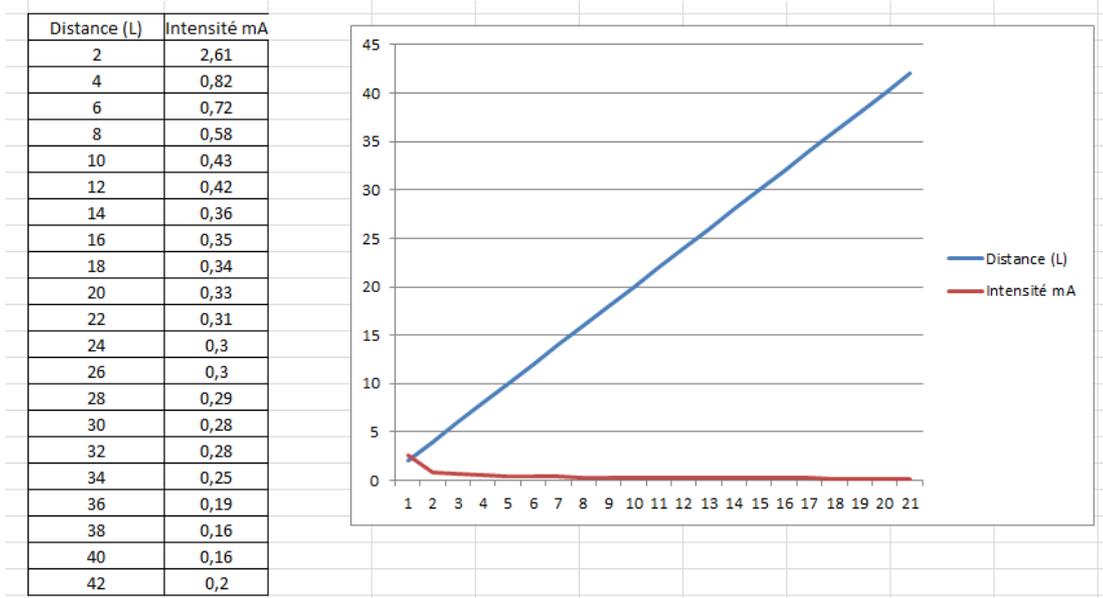


Figure 8 : Courbe représentant la distance parcourue (m) par rapport à l'intensité Enregistrée (mA)

**11.2 CAS D'UN CABLE ELECTRIQUE**

Dans ce cas, nous avons paramétrés le récepteur et l'émetteur à une fréquence de 32kHz lors des travaux de reconnaissance sur terrain, c'est-à-dire en mode actif induit. Pour raison de sécurité l'équipement utilisé ne doit pas être branché sur les câbles électriques sous tension. Pour établir la transmission, nous positionnons l'émetteur sur la surface du sol à l'aplomb de l'ouvrage, afin qu'il puisse y induire une fréquence de positionnement.

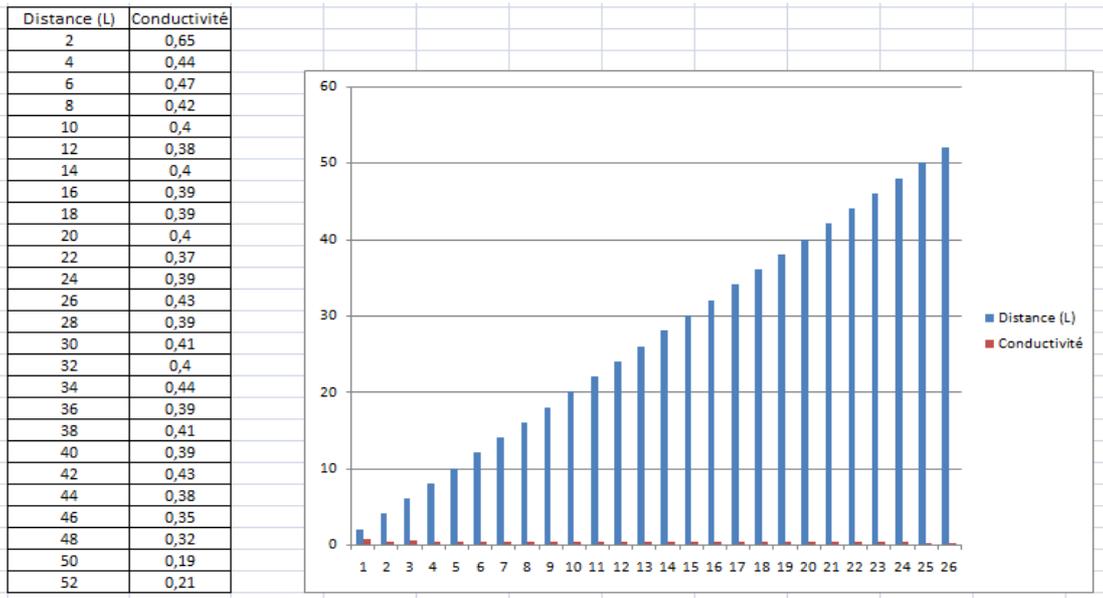


Figure 9: histogramme représentant la distance parcourue (m) par rapport à l'intensité captée (mA)

## 12 CARTOGRAPHIE DES UTILITAIRES OBTENUES

Les coordonnées des différents utilitaires recherchés ont été obtenue grâce à un GPS, en suite les traitements de ces dernières ont été faites à l'aide de logiciel GIS et Autocad. Notons dans ce cadre nous allons illustres la carte obtenue par le logiciel autocard de secteur de nos recherche sur terrain. Ces utilitaires sont localises a une profondeur qui n'est pas constantes. En générale, la profondeur d'investigation varie entre 0.30Cm et 1.50m selon qu'il s'agit soient d'une installation électrique (câble) ou une installation de tuyauterie.



**Photo 12: Théodolite digital Trimble Photo 13 : Gpstrimble**

Les coordonnées prises ont été mise dans un fichier Excel lors de leur traitement sur autocard mais converti en fichier CSV lors de traitement et digitalisation sur GIS. Notons que la carte représentée ci-dessous a été réalisée par le logiciel de dessin Autocad.



**Figure 10: Carte obtenue sur Autocad des différents utilitaires détectés dans le site de recherche**

## 13 RECOMMANDATION

Après les temps mise lors de nos recherches et prospection sur terrain et vue la nécessite et importance de cette méthode Blue stake (piquetage-marquage) des utilitaires cachés dont nous ne possédons aucune information au paravent ; nous recommandons aux autorités politico administratif de l'État Congolais de pouvoir doter la République des lois et normes pouvant permettre aux différents services de l'état tels que le cadastre, les services d'urbanisme et génie civil et tous ceux qui œuvrent dans les domaines des voiries construction des routes et autres chantiers et aux particuliers voir d'autres sociétés de pouvoir s'inspire et mettre en pratique les normes de cette méthode de Blue stake (piquetage-marquage) en vue d'éviter et prévenir les accidents dans leurs chantiers respectifs ou d'endommager les utilitaires existant qui peuvent causer les pertes des matériels ou la vie des travailleurs sur terrain ou encore priver plusieurs personnes ou habitant d'un quartier sans énergies électriques ou l'eau après avoir endommager les utilitaires (photo14).Le manque des plans et cartes détaillées des différents utilitaires peut causer des dommages très graves lors des excavations, fouilles et forage sur terrain d'où la prévention de ces différents risques dangers s'impose.

Ainsi l'État Congolais ou autres organismes voir aussi les particuliers pourraient se servir de cette approche de Blue stake pour les projets de développement et planification urbaine dans différentes sociétés dans le but d'exécuter les différents travaux en toute sécurité suivant les principes et normes dans le cadre de la protection de l'environnement et le développement durable.

Notre souhait dans ce domaine de recherche et projection dans le futur ; est d'étendre cette méthode pour obtenir des cartes et plans détaillés de plusieurs secteurs qui pourront être consultés par différents services publics de l'état ou par des particuliers dans le but majeur de ne pas endommager les utilitaires rencontrés puis faire leurs mise à jour en cas de découverte lors des travaux d'excavation et pénétration sur différents sites et chantier suivant les principes et normes sécuritaires adéquates.



*Photo 14 : travaux d'excavation pour les drainages de la voirie sur Biayi/ Lubumbashi RD.Congo 2012*

## 14 CONCLUSION

La méthode Blue stake (piquetage-marquage) étant une procédure qui consiste à identifier, marquer et cartographier les installations enfouies (cachées) nous a permis lors des travaux sur terrain en maille réduite de localiser avec précision les câbles électriques et installation de tuyauterie dans le secteur de nos recherches dans la cité de Fungurume dans la province de localisé aux environs de la route nationale N°39 au NW de la ville de Lubumbashi. Lors des travaux sur terrain, la prospection électromagnétique en mode actif où le raccordement direct de la pince à champ électromagnétique branché sur l'émetteur et autour de l'équipement recherché et/ou des électrodes connectés d'une part sur le sol à l'aide d'une tige de terre et l'autre sur l'utilitaire recherché donne beaucoup plus des précisions en ce qui concerne l'emplacement, la direction et la profondeur de tuyau galvanisé localisé lors de nos recherches expliqués ci- haut.

Notre constat est que le courant injecté dans le sol à partir de l'émetteur exprimé en milli Ampère ; enregistre une résistivité qui décroît en fonction de la distance parcourue sur terrain; en d'autre terme plus on est près de la source d'émission (émetteur) plus le signal est fort, en s'éloignant de la source la résistivité diminue par conséquent, la localisation et identification de l'utilitaire recherché devient de plus en plus difficile.

Les histogrammes et courbes vue ci haut, interprètent la manière dont les utilitaires recherchés (câbles électriques et tuyauterie galvanisés) sur terrain se comportent lors des travaux de prospection géophysique en approche électromagnétique sur terrain en ce qui concerne le mode actif en raccordement direct en utilisant soit la pince à champ électromagnétique, soit les électrodes enfoncé dans le sol et branché sur l'équipement (le détecteur Vloc Pro2). Notons que dans ce cas, nous travaillons dans une maille réduite pour plus de précision sur terrain.

Il en est de même lors des travaux en mode actif induit où l'émetteur n'est pas relié à un quelconque utilitaire (câble, tuyau) recherché sur terrain. Le mode passif est utilisé pour une reconnaissance générale en maille large, pouvant nous permettre de localiser différents signaux que l'on considère comme anomalie lors des travaux de prospection sur terrain.

Notons que la détection par méthode acoustique fait par Hydrolux5000H2 et son générateur acoustique PWG/2-Fast demandent une bonne attention et ouïe très fine lors des travaux sur terrain ; l'équipement entrant très sensible enregistre même les parasites environnants pouvant ainsi conduire à une mauvaise interprétation des résultats et par conséquent être enduit en erreur.

La représentation sur carte des utilitaires par différentes couleurs s'expliquent suivant le code qui régit cette méthode vue ci haut en vue de distinguer les réseaux des câbles électriques, ceux des tuyauteries ou autres. Notons que la détection de ces utilitaires cachés a été faite sur un sol argileux, sableux, talqueux ainsi que sur les roches siliceuses et shales dolomitiques caractérisant la série des mines localisée dans notre secteur de recherche.

**REFERENCES**

- [1] Soufiane LAQBAYLI ,2013. Étude d’opportunité de développement sur le marché de la topographie de réseau, pg 24 ; 38-39.
- [2] Guide Technique relatif aux travaux à proximité des réseaux, version juin 2012, page 71 [Online] [www.observatoire-national.dtdict.fr/sites/default/files/fichiersPDF/textes%20reglementaires/guidetechnique06-2012.pdf](http://www.observatoire-national.dtdict.fr/sites/default/files/fichiersPDF/textes%20reglementaires/guidetechnique06-2012.pdf)
- [3] Keary, P., M. Brooks, 1991. An Introduction to Geophysical Exploration. BlackwellScientific Publications, 2<sup>eme</sup>ed.
- [4] Reynolds, J. M. ,1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. Wiley, Chichester, UK.
- [5] Telford, W. M., L. P. Geldart et R. E. Sheriff, 1990. Applied Geophysics. Cambridge University Press, 2e ´ed.