



Prospections géophysiques adaptées au socle

Viviane BORNE



Journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie de l'Association Internationale des Hydrogéologues
Aquifères de socle : le point sur les concepts et les applications opérationnelles
Hard-rock aquifers: up-to-date Concepts and Practical Applications - La Chapelle-Hermier - Juin 2015

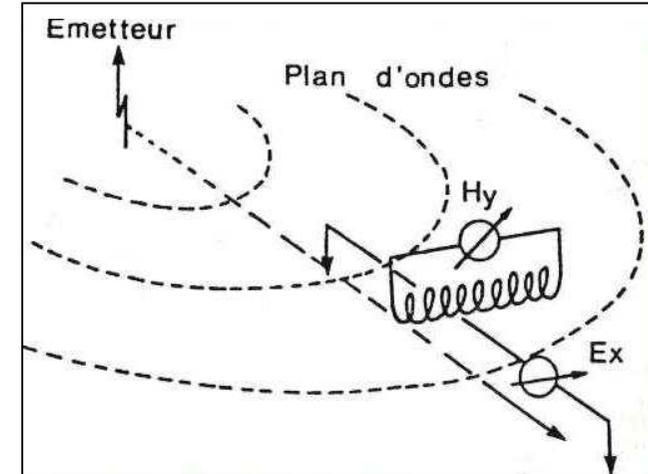


- 1 - La prospection électromagnétique VLF
- 2 - La tomographie électrique
- 3 - Les nouvelles prospections à mettre en oeuvre



Une onde électromagnétique est constituée de deux champs, magnétique et électrique, perpendiculaires entre eux et à la direction de propagation de cette onde.

Le champ magnétique (H_y) est tangenciel, le champ électrique (E_x) est radial au plan d'onde (Geonics Limited, 1979).

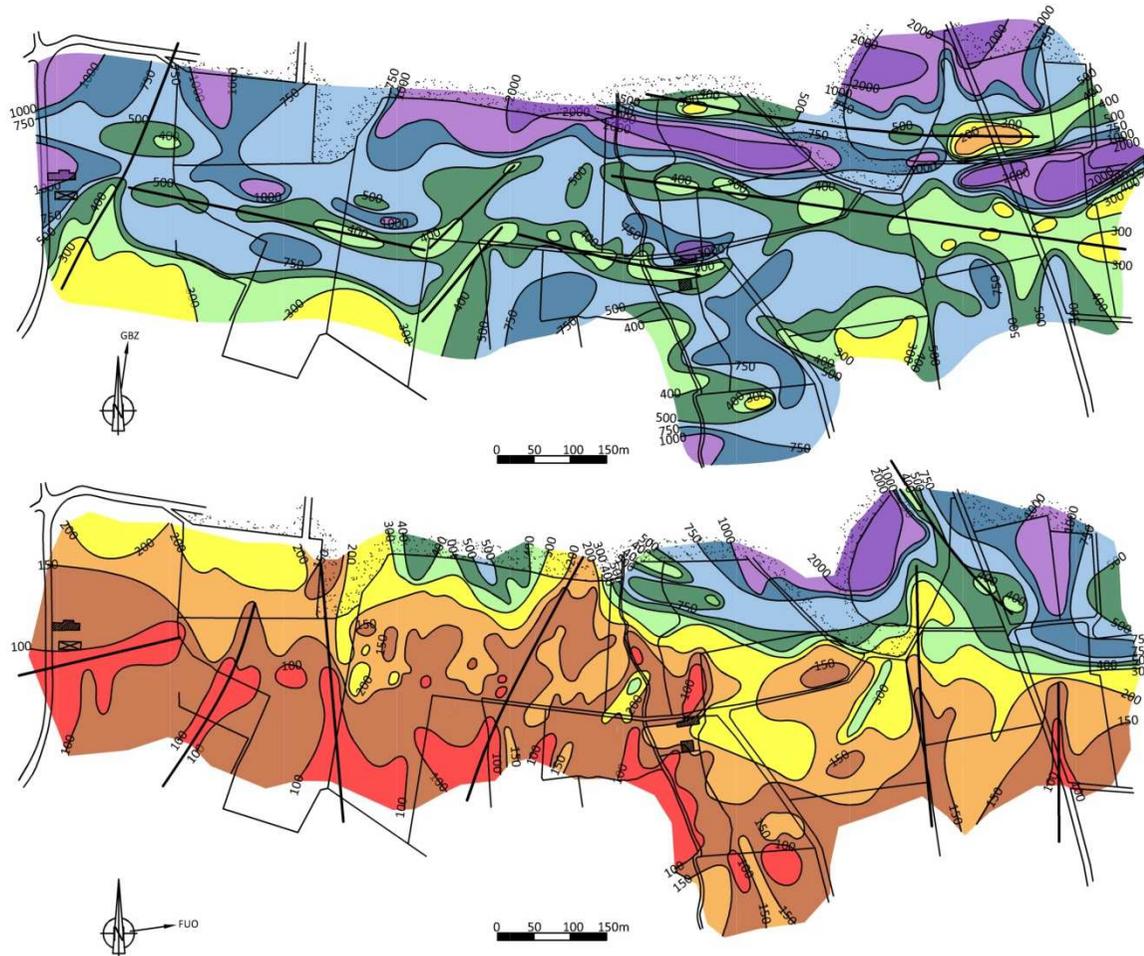


La profondeur d'investigation varie suivant la fréquence de l'onde mais aussi suivant la résistivité des terrains. Cette profondeur est d'autant plus élevée que la fréquence est faible et la résistivité forte.

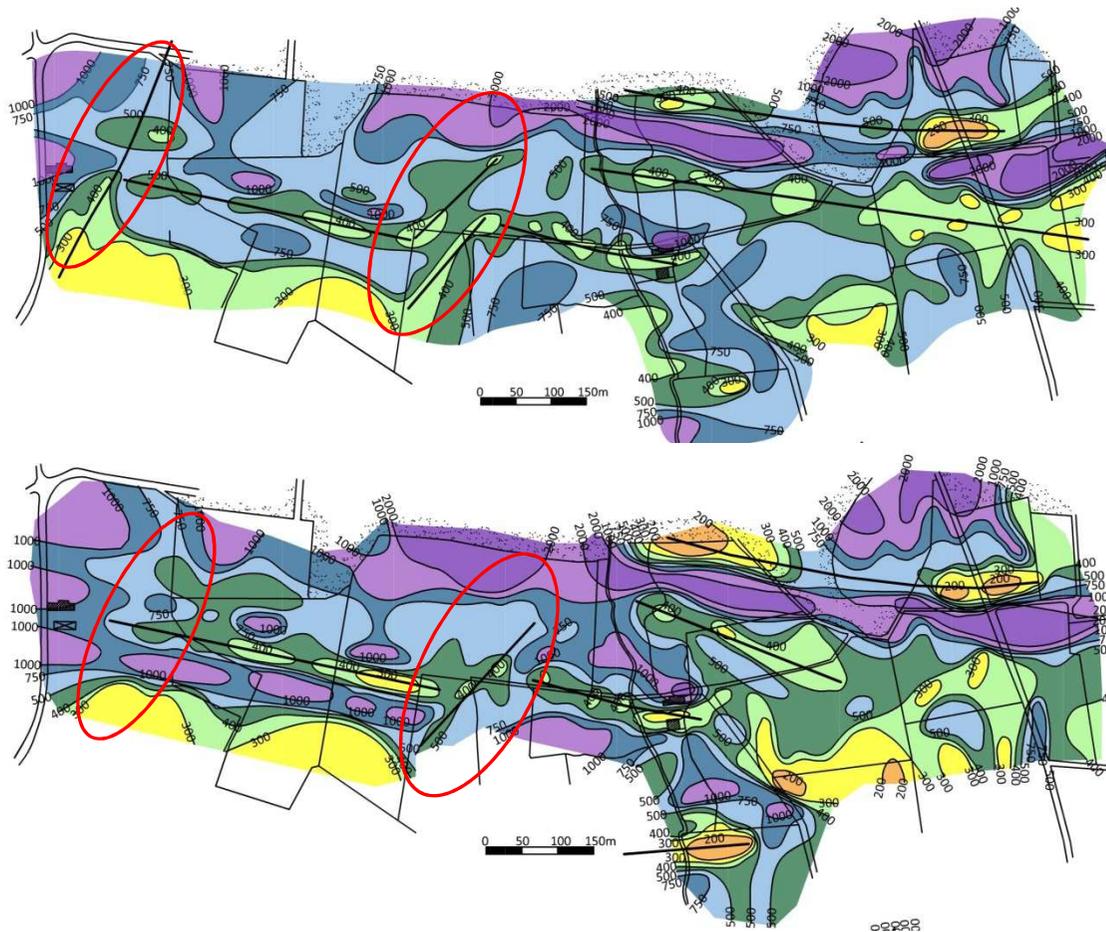
La profondeur d'investigation simplifiée admise pour ce matériel est : $P = 3.6 \sqrt{\sigma_a}$. Elle peut varier d'une dizaine à une centaine de mètres suivant la résistivité du terrain.

La résistivité apparente des terrains est une fonction de la valeur des champs électriques et magnétiques, elle est directement donnée par l'appareil.

Effet directionnel : les structures mises en évidence sont perpendiculaires à l'émetteur utilisé.

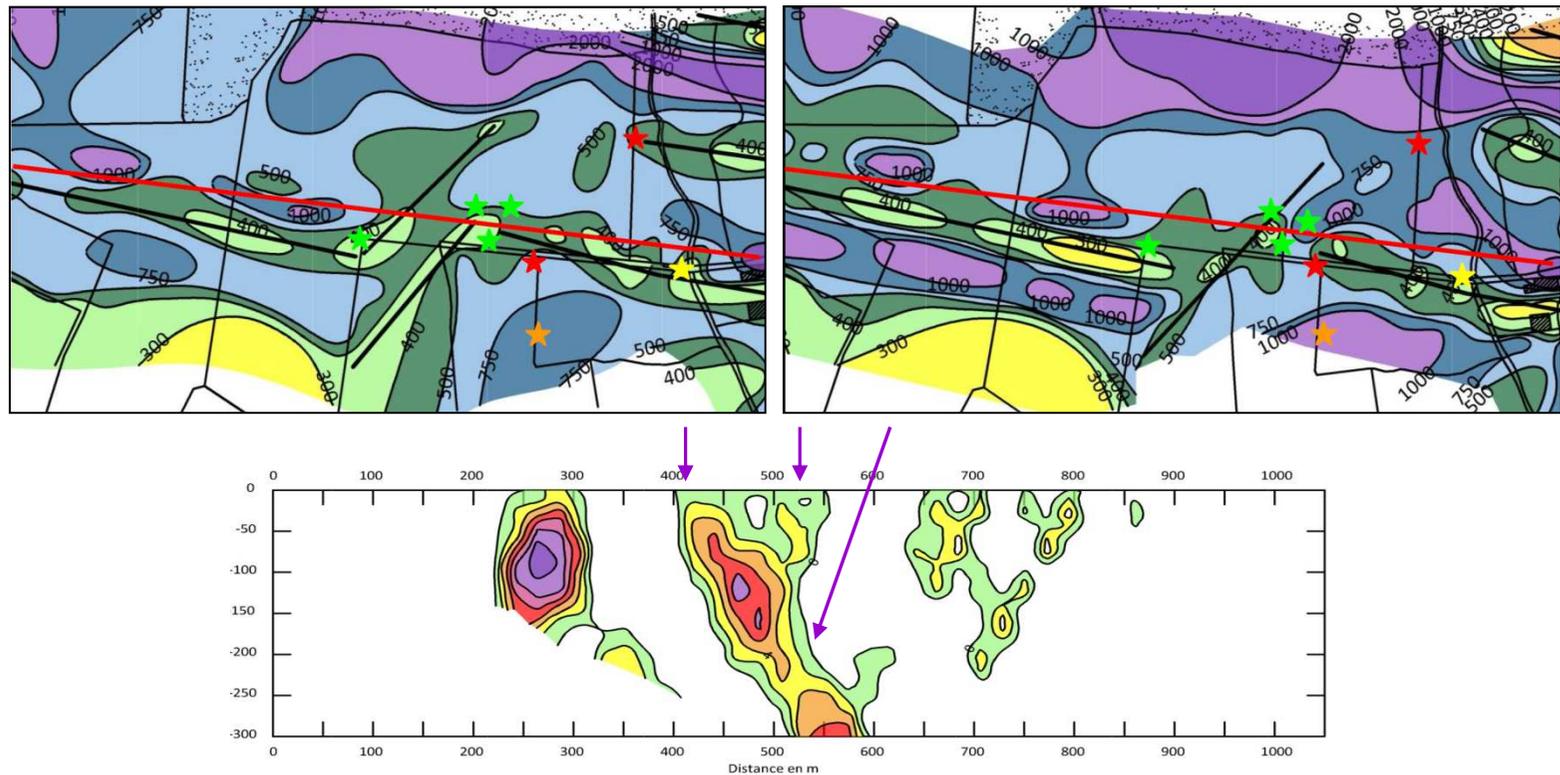


Modèle bicouche : on peut estimer l'épaisseur et la résistivité du substratum à partir de la résistivité apparente et du déphasage, en faisant une hypothèse sur la résistivité du premier terrain.



Interprétation en mode magnétique : le matériel donne la composante horizontale et les composantes verticales, en phase et en quadrature, du champ magnétique.

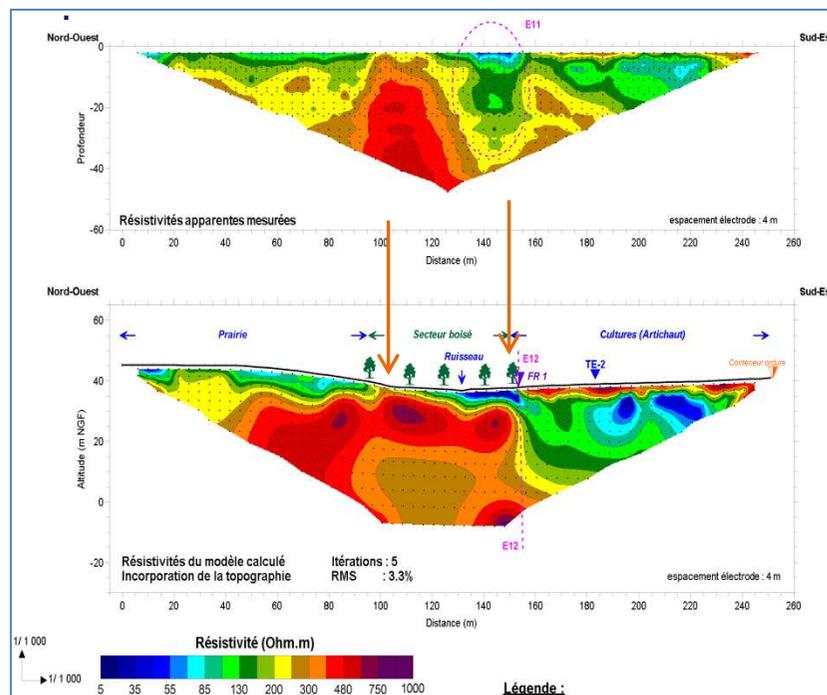
O. Martiré a élaboré une technique de calcul de la répartition de l'angle de phase en profondeur. Les résultats sont reportés sous forme de coupes verticales du sous-sol qui mettent en évidence les pendages des corps conducteurs



Résultats d'une tomographie dans des orthogneiss à Plouénan (Finistère)

C'est une prospection géophysique en milieu contraint : il y a peu de place, des cultures, des taillis, des lignes électriques, etc.

La prospection VLF n'a donc pas été possible en raison des perturbations. Deux tomographies électriques ont été réalisées en fonction des cultures et d'un linéament mis en évidence par analyse des photographies aériennes.



On peut voir un contact entre deux compartiments : conducteur au Sud-Est, résistant au Nord-Ouest.

L'implantation du forage a été proposée en bordure de ce contact. Résultat : arrivées d'eau > 100 m pour 11 m³/h.

Un autre forage a été réalisé de l'autre côté du taillis. Résultat : arrivées d'eau entre 55 et 85 m pour 38 m³/h.

Sont recensées ici toutes les méthodes de prospections profondes, toutes ne sont pas adaptées à la profondeur souhaitée ou au contexte de socle.

Sismique Réflexion Haute Résolution :

- basée sur la capacité du sol à renvoyer un écho à chaque changement de propriété ;
- très grande résolution même à très grande profondeur ;
- nécessité d'avoir des réflecteurs sismiques pour voir les décalages de faille ;
- bien adaptée pour localiser les accidents horizontaux ou des contacts géologiques inférieurs à 45 °.

Résonance Magnétique Protonique (RMP) :

- donne directement l'eau libre ;
- analyse le retour à l'équilibre des protons de H₂O après un temps d'excitation. En milieu argileux, ce temps est très court, en milieu poreux, le retour à l'équilibre est plus long ;
- volume théorique investigué : 1,5 fois le diamètre de la boucle en largeur et profondeur ;
- profondeur d'investigation diminue avec l'augmentation de la conductivité et s'il y a de l'eau dans les altérites, il est difficile d'étudier la partie profonde de l'aquifère,

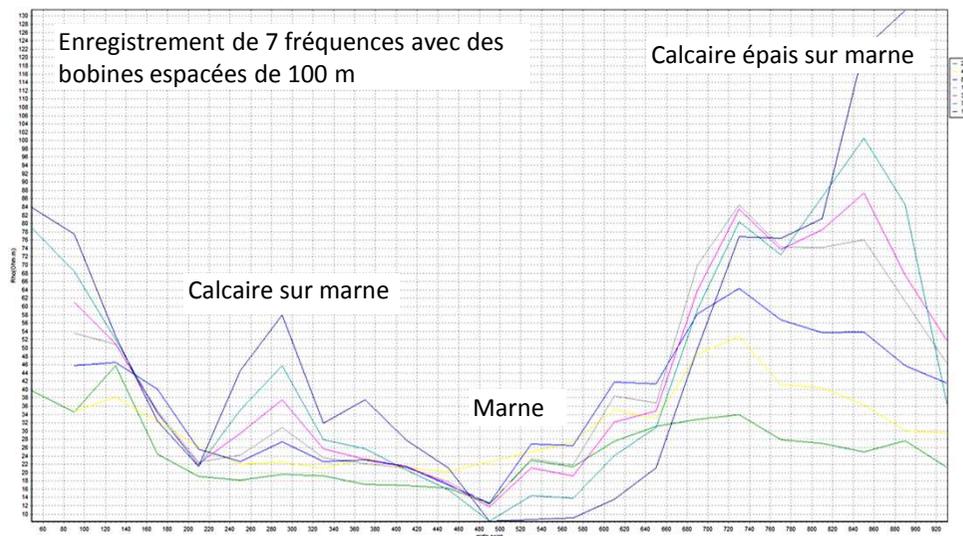
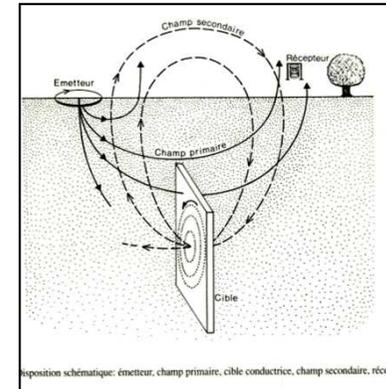


Time Domain Electro Magnetic (TDEM) :

- basée sur la réponse temporelle d'un champ magnétique. En pratique, on déploie une boucle de câble dans lequel on crée un champ magnétique statique en faisant circuler un courant électrique. On coupe ensuite le courant très rapidement, provoquant la création dans le sol de courants induits qui génèrent à leur tour un champ magnétique secondaire mesuré sur une autre boucle ;
- le champ secondaire est décroissant dans le temps. Plus le temps est grand, plus l'information est profonde ;
- on obtient des courbes de sondages analogues aux sondages électriques (résistivités apparentes / temps (distance) et s'interprètent de la même manière ;
- méthode très sensible en terrain conducteur : on a une meilleure précision sur les interfaces qu'en sondage électrique ;
- moins performante en terrain résistant ;
- pas de mesures pour les terrains de surface (dépend de la taille de la boucle) ;
- Investigation entre 1 à 3 fois la taille de la boucle.

Méthodes électromagnétiques multifréquences :

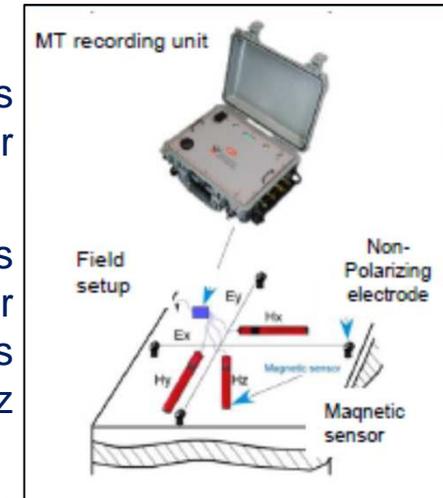
- basée sur la mesure de la perturbation d'ondes électromagnétiques dans le sol ;
- le Promis permet l'émission de plusieurs champs primaires de fréquences différentes ;
- plusieurs espacements inter bobines sont disponibles entre 20 et 400 m ;
- mesures rapides ; mais matériel très encombrant et très lourd.



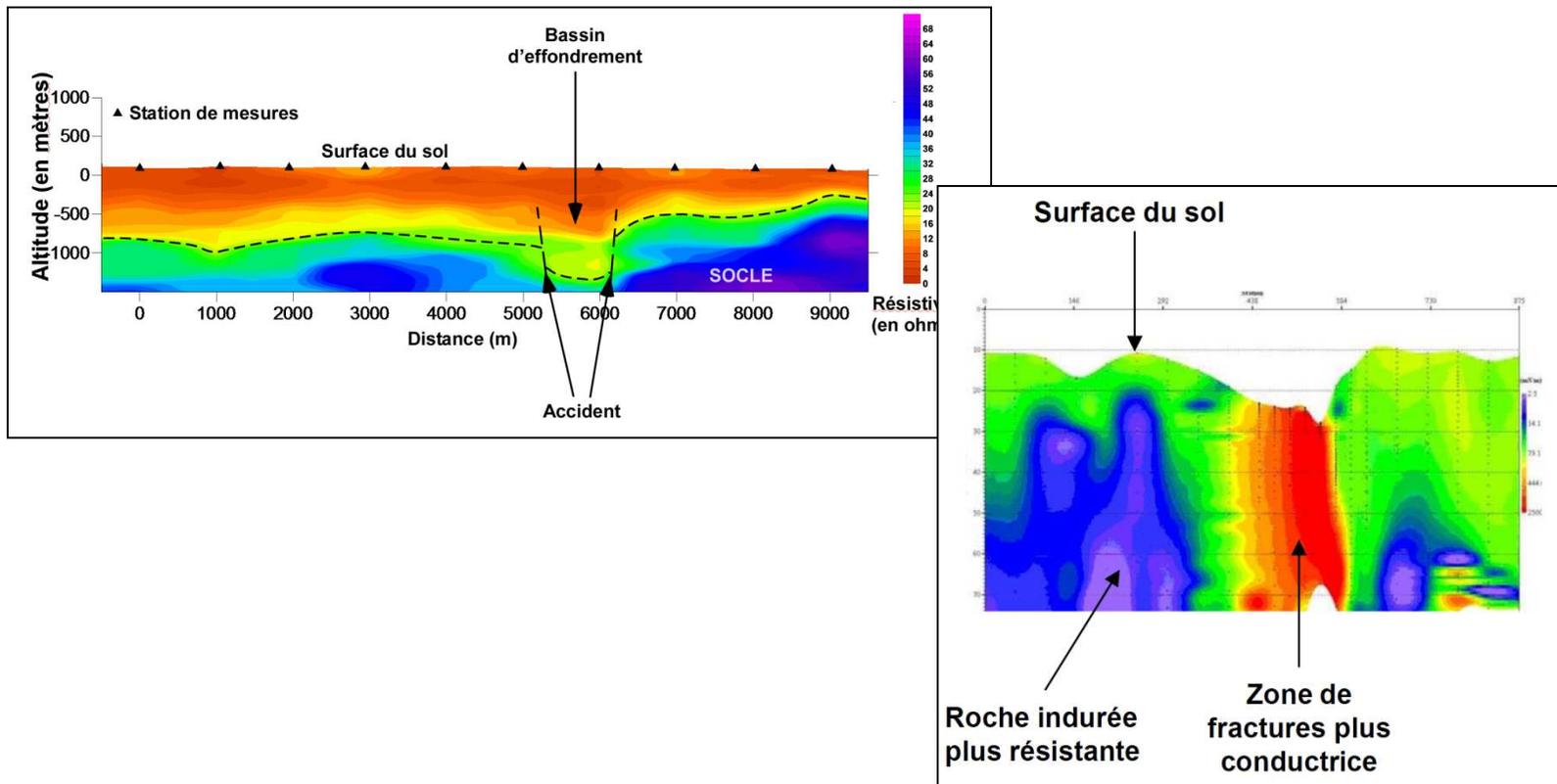
- les résultats se présentent sous forme de courbes de conductivités / résistivités ;
- pas de logiciels d'interprétation.

Audio Magnéto tellurique (AMT) :

- méthode passive de sondage électromagnétique, fondée sur la mesure des composantes électrique et magnétique des champs EM naturels ;
- les sources principales de ces champs sont les fluctuations naturelles du champ magnétique terrestre, qui s'étalent sur un large spectre de fréquence ;
- le dispositif de mesure est constitué de quatre électrodes pour mesurer les champs électriques E_x and E_y (longueur des dipôles de mesure entre 50 à 100m) et de trois bobines magnétiques pour mesurer les composantes H_x - H_y - H_z du champ magnétique ;
- les mesures se font suivant des stations régulièrement espacées ;
- l'acquisition peut être assez longue environ 2 heures.



Les résultats montrent que cette méthode semble bien adaptée pour mettre en évidence des structures faillées à grande profondeur. De plus, elle intègre moins de terrain que les méthodes précédentes.





Comme vous le voyez, il y a encore beaucoup à faire, ... et notamment en électromagnétique.

Je vous remercie de votre attention.