

5. Les dispositifs utilisés

Pour l'établissement d'une carte de résistivité les dispositifs les plus variés peuvent être envisagés. Tout dispositif de mesure comporte en fait quatre électrodes, deux A et B, pour l'envoi de courant "circuit d'émission" et deux M et N, pour la mesure du potentiel ΔV "circuit de mesure".

5.1 Les dipôles ou pôle – pôle

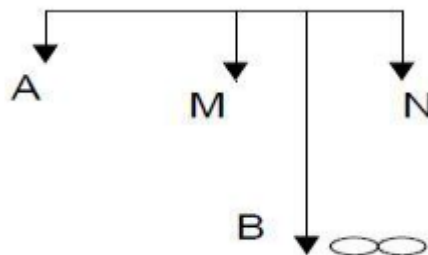


Les électrodes B et N sont placées à l'infini, on ne s'occupe que de A et M. Ce dispositif est théoriquement simple puisque le potentiel mesuré en M est dû à A seul. Dans la pratique cependant ce dispositif est encombrant à cause de la longueur des câbles nécessaires pour rendre négligeable l'effet des électrodes placées à l'infini.

5.2 Les tripôles ou pôle – dipôle



On ne rejette à l'infini qu'une des quatre électrodes, on obtient un tripôle AMN ou ABM. En vertu du principe de réciprocité, on peut théoriquement utiliser ABM ou AMN. En fait le dispositif avec MN très écarté est peu commode car l'influence des vagabonds et des telluriques devient prépondérante. Le tripôle le plus courant est celui où les trois électrodes sont disposées sur une même ligne droite, A étant à l'extérieur de MN. De plus généralement, ou bien ces trois électrodes sont équidistantes, ou bien la distance MN est petite par rapport à AN. On peut aussi, au lieu de rejeter B assez loin pour que son influence soit négligeable, le placer de manière qu'il crée le même potentiel en M et N. En milieu homogène, il suffit de le placer sur la médiatrice de MN. Ainsi, l'effet de B s'élimine des ΔV mesurés. En pratique, il faut éloigner B suffisamment pour que les dissymétries introduites par la non-homogénéité du sous-sol puissent être négligées.



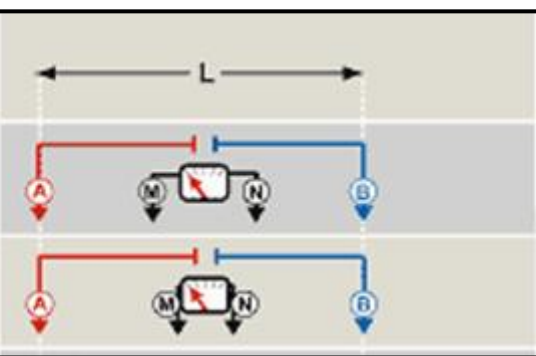


Les tripôles présentent l'intérêt de n'exiger que le déplacement de trois prises et moins de câble ce qui peut présenter parfois un certain avantage, cependant leur caractère dissymétrique leur fait en général préférer les quadripôles complets.

5.3 Les quadripôles

Dans la plupart des quadripôles utilisés, les quatre prises sont disposées sur un même alignement. Les deux électrodes de mesure M et N sont le plus souvent, à l'intérieur de l'intervalle AB et en général symétriques par rapport au milieu O de cet intervalle. Parfois il peut être intéressant d'utiliser un dispositif dissymétrique, M et N étant beaucoup plus près de l'un des pôles d'envoi, l'influence du second pôle est alors très faible. Les deux quadripôles les plus utilisés sont:

Le Wenner: toutes les électrodes sont équidistantes, $AM = MN = NB = AB/3$

Le Schlumberger: La distance MN est petite par rapport à AB. En général $MN < AB/5$

Dispositifs		Prof. d'investigation	
		Roy (1971)	Barker (1989)
Wenner		0.11L	0.17L
Schlumberger		0.125L	0.19L

Le dispositif Wenner présente l'avantage d'avoir une plus grande ligne MN ce qui facilite la mesure de ΔV ; avec les voltmètres modernes cet avantage a perdu de son importance. De plus un grand MN est toujours beaucoup plus affecté par les parasites. Il existe aussi un dispositif où MN est à l'extérieur de AB. Ce dispositif est appelé "double dipôle". L'avantage de celui-ci est de n'exiger que des longueurs de câble beaucoup faibles pour une profondeur d'investigation donnée. Il nécessite cependant un appareillage très sensible, car si la profondeur d'investigation croît avec la distance entre A et B, le ΔV que l'on mesure entre M et N décroît avec le cube de cette distance (dans un Schlumberger le ΔV décroît avec le carré de cette distance).

Une des variantes des quadripôles alignés consiste à placer une des électrodes à l'intérieur de l'intervalle AB. Pratiquement, on utilise ce branchement avec un dispositif Wenner. La comparaison obtenue avec les trois branchements, Wenner alpha, beta et gamma, permet de se rendre compte de l'influence de la zone proche de chacune des électrodes et peut faciliter l'interprétation.

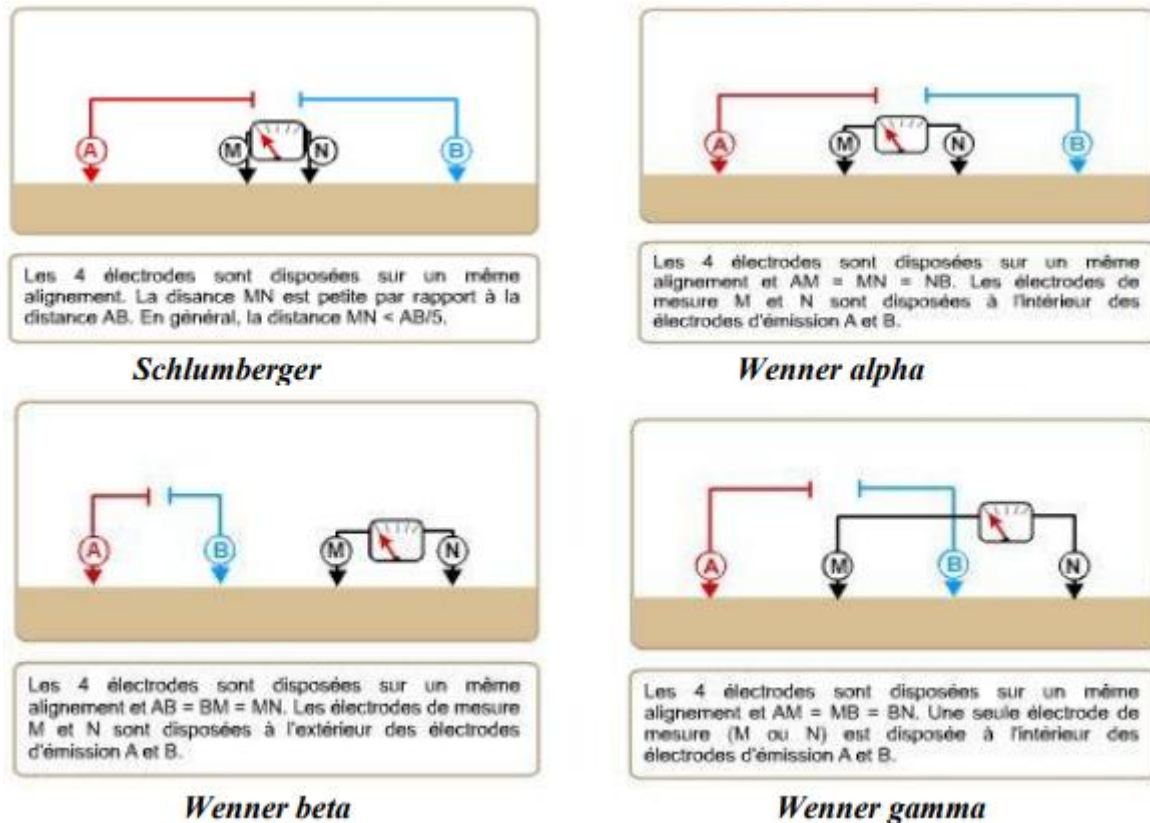


Fig.9: Les principaux dispositifs quadripôles.

6. La sensibilité des dispositifs

Il est possible de représenter la fonction de sensibilité des différents dispositifs pour un terrain homogène (fig.10). Cette fonction nous permet de savoir à quel point les variations de la résistivité dans une région influenceront la mesure de la différence de potentiel. Plus la valeur de cette fonction est élevée, comme c'est le cas à proximité des électrodes, plus elle influencera la mesure du potentiel. On constate immédiatement que les valeurs de cette fonction diffèrent selon les dispositifs. Ils vont donc chacun avoir leurs caractéristiques propres et donc être influencés de manière différente par la géométrie des corps à étudier. Un Wenner sera plus sensible à une variation verticale de la résistivité (la fonction est étalée horizontalement) alors qu'un dipôle-dipôle sera influencé par une variation horizontale de la résistivité (fonction étalée verticalement). Un Schlumberger présente un comportement intermédiaire. Ceci est surtout valable à grande distance des électrodes.

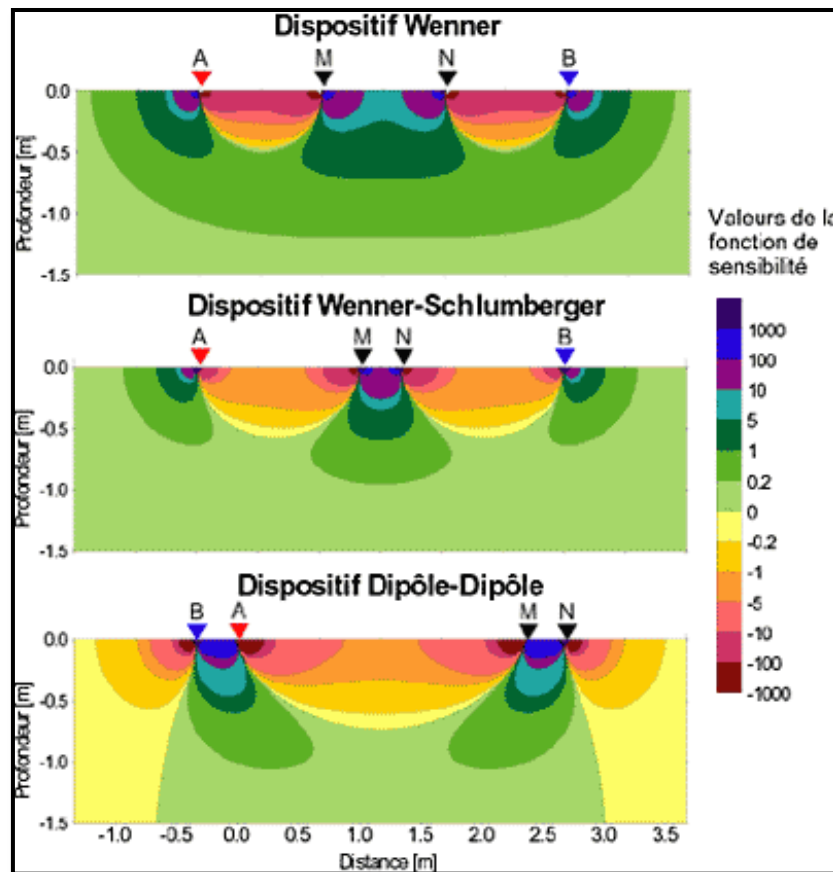


Fig.10 : Valeurs de la fonction de sensibilité pour les dispositifs les plus courants

7. La représentation des résultats

La représentation des résultats obtenus ne pose aucun problème particulier. Pour les dispositifs symétriques, on reporte au centre du dispositif la valeur de la résistivité apparente obtenue. Dans le cas des dispositifs dissymétriques, MN extérieurs par exemple, on convient de reporter les résultats à l'aplomb du milieu des électrodes MN. Cette convention est arbitraire. Il est important de pouvoir, en tout temps, disposer des données brutes (voir feuille de données, avec la longueur de ligne, l'espacement des mesures, les valeurs mesurées). Dans le dossier on doit aussi trouver un plan de situation de l'étude avec l'échelle, les coordonnées, les renseignements topographiques,... Les résultats d'un ensemble de profils sont représentés sous forme de cartes de résistivités apparentes, chacune correspond à une longueur de ligne bien définie qui doit être indiquée. A l'emplacement O de tous les milieux de MN on inscrit la valeur de la résistivité apparente obtenue, on trace en suite par interpolation entre les points de mesure des courbes d'égale valeur de cette résistivité.

8. Interprétation des profils de résistivité

Pour l'interprétation des profils et des cartes de résistivité, plusieurs facteurs sont à considérer:

- Les dimensions du dispositif, AB et le type de dispositif

- Les variations de l'épaisseur du premier terrain, h_1
- Les variations de la résistivité du premier terrain, ρ_1
- Les variations de la résistivité du deuxième terrain, ρ_2 Il y a souvent intérêt à établir pour la même région plusieurs cartes de résistivité avec des dispositifs AB de longueurs différentes, les plus petites faisant ressortir l'action des terrains superficiels, les autres plus grandes pour explorer le sous-sol plus profondément. Si le sous-sol est constitué d'une couche homogène, isotrope, d'épaisseur infinie et de résistivité finie, la résistivité apparente mesurée avec un quelconque dispositif sera la résistivité vraie de ce milieu. Si le sous-sol est composé de deux couches, une première couche d'épaisseur h_1 et de résistivité ρ_1 surmontant un substratum d'épaisseur infinie et de résistivité ρ_2 , alors pour les petits dispositifs la résistivité apparente ρ_{app} est plus ou moins égale à la résistivité ρ_1 du premier terrain. Puis à fur et à mesure que l'on agrandit le dispositif on atteint une valeur asymptotique qui est celle de ρ_2 . La longueur de ligne à laquelle on atteint la valeur de ρ_2 dépend de trois facteurs:
 - l'épaisseur de h_1
 - La valeur du rapport des résistivités
 - Le dispositif utilisé

L'effet de l'épaisseur de h_1 est assez évident. Plus l'épaisseur du premier terrain est importante plus il faudra une grande longueur de ligne pour obtenir la résistivité du second terrain ρ_2 . Cela est vrai pour n'importe quel dispositif et pour n'importe quel rapport de ρ_2/ρ_1 .

Cependant quelque soit le dispositif utilisé il faut des AB plus grands pour atteindre ρ_2 quand ρ_2 est résistant ($\rho_2/\rho_1 > 1$) que quand ρ_2 est conducteur ($\rho_2/\rho_1 < 1$).

La méthode de la carte de résistivité a eu, depuis le début de la prospection électrique, de très nombreuses applications et elle continue à être largement utilisée. Ses principaux avantages résident dans la rapidité de sa mise en œuvre et dans la simplicité de l'interprétation qualitative des résultats.

Les résistivités apparentes reflètent en effet les variations correspondantes à la distribution des résistivités vraies dans une tranche de terrain de profondeur assez bien déterminée et à peu près constante qui dépend de la longueur du dispositif. Elles rendent compte de la variation de la résistivité dans le sens horizontal. Les cartes ou les profils de résistivité apparente qui traduisent les résultats sont analogues aux cartes relevées par les géologues sauf qu'il ne s'agit plus d'observations uniquement superficielles mais de la mesure d'un paramètre physique intéressant en moyenne une tranche de terrain d'une certaine épaisseur. Il est souvent utile de mesurer les résistivités apparentes sur un même profil avec plusieurs longueurs de ligne. On obtient ainsi des résultats pour plusieurs tranches de sol certaines plus épaisses que d'autres. Les cartes de résistivité (Fig11, 12) présentent l'avantage de permettre une exploration continue, ce qui peut être très utile pour les études de détail comme la mise en évidence des zones fracturées en hydraulique villageoise en zone de socle en Afrique par exemple. C'est

une méthode très utile dans les études de reconnaissance ayant pour but de mettre en évidence des zones anomaliques qui seront ensuite étudiées plus en détail. Son utilité est aussi évidente quand il s'agit de localiser des accidents ou des variations de faciès peu profonds: failles, poches conductrices, nature des alluvions Cette méthode permet encore d'interpoler les valeurs d'un paramètre, résistivité ou profondeur, déterminées avec précision en un certain nombre de points isolés: forages, affleurements, sondages électriques. Dans certains cas simples on peut même arriver à fournir des cartes isobathes comme par exemple le toit du bedrock sous une couverture à partir de deux longueurs de ligne différentes.

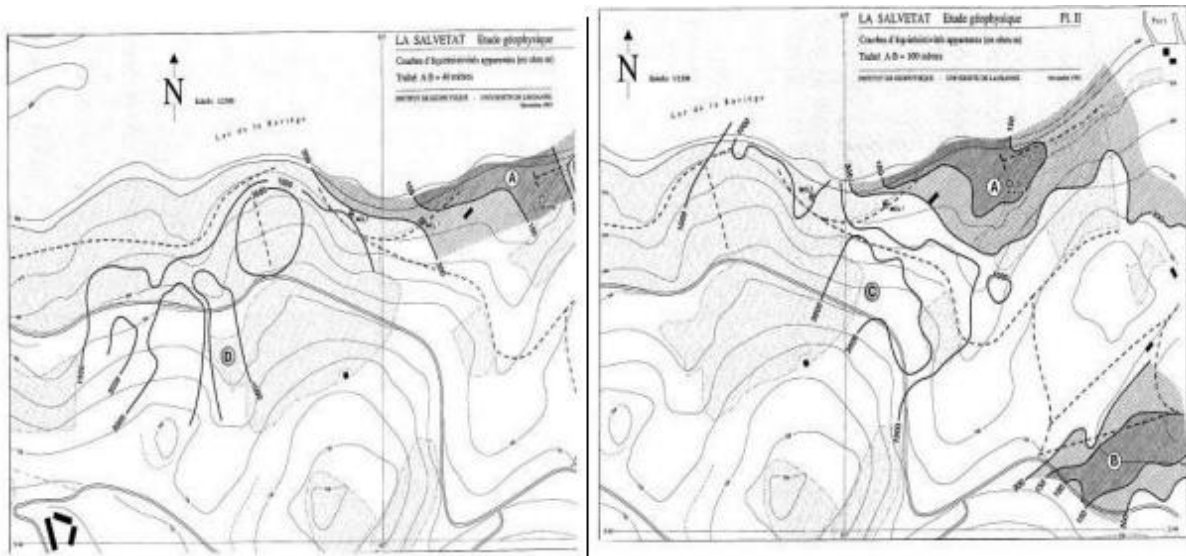


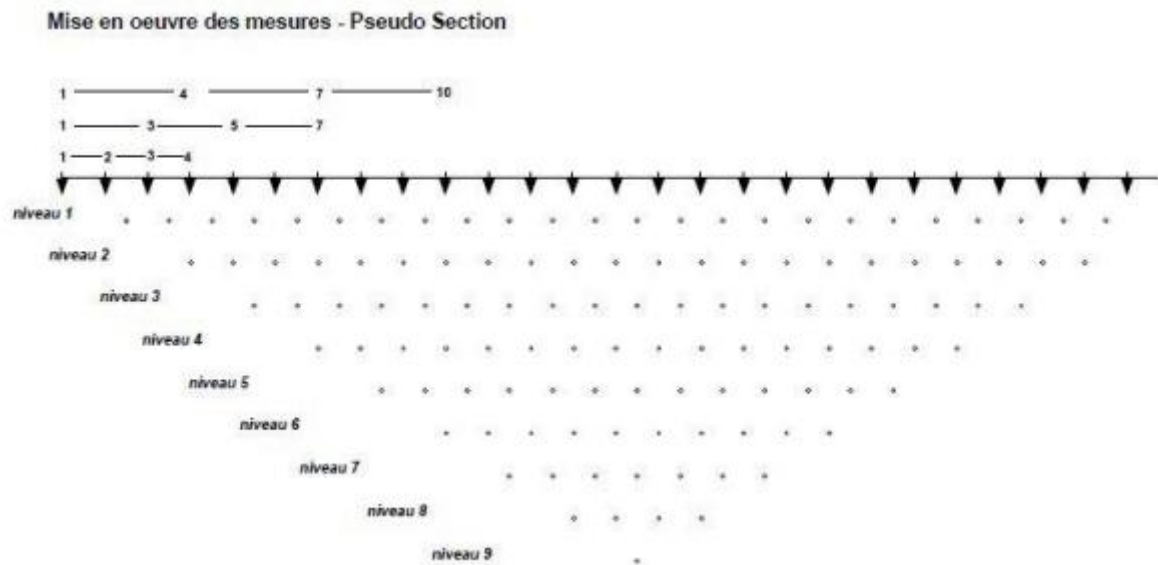
Fig.11 : Etude géophysique de « La Salvetat », Novembre 1993, AB = 40m. Cette étude a permis l'implantation d'un forage pour l'eau ($\rho < 300$, zone A).

Fig.12 : Etude géophysique de « La Salvetat », Novembre 1993, AB = 100m. Idem que Figure 10 mais avec une plus grande longueur de ligne.

9. Les panneaux électriques

Basée sur l'emploi de nombreuses longueurs de ligne, l'imagerie électrique appelée encore panneaux électriques (ou tomographies électriques) est une technique récemment développée

Pour l'examen de régions où la géologie est complexe et où se font sentir des variations latérales qui rendent l'utilisation des sondages électriques inadéquate. Les panneaux électriques consistent à faire des profils multiples en augmentant régulièrement l'espacement entre les électrodes. Les points sont reportés à l'aplomb du dispositif à une profondeur proportionnelle à a . On parle alors de niveaux d'acquisition.



Si l'espacement entre les électrodes augmente, la profondeur d'investigation augmente elle aussi. On peut alors représenter les résistivités apparentes mesurées sous forme de Pseudo sections qui reflètent qualitativement la variation spatiale de la résistivité apparente. La longueur du profil, la profondeur de pénétration et la résolution désirée détermine l'espacement choisi entre les électrodes qui peut varier de 10cm à 50m et plus. Ce pseudo section n'est absolument pas égale à une coupe des résistivités et profondeurs vraies des structures du sous-sol! De nombreux dispositifs peuvent être utilisés pour construire ces Pseudo-sections. Les plus fréquemment mis en œuvre sont les dispositifs : Wenner, Wenner-Schlumberger, le dispositif pôle-pôle, ou encore le dipôle-dipôle pour des raisons de symétrie. Un système d'acquisition automatique avec pilotage à l'aide d'un PC et des câbles permettant de brancher toute une série d'électrodes se trouvent sur le marché. Une fois construite la Pseudo-section il est possible en utilisant des logiciels de modélisation (inversion) d'obtenir une coupe de la variation de la résistivité calculée, variation qui peut être alors interprétée géologiquement. On peut à l'aide de cette technique contrôler l'évolution d'une nappe aquifère, étudier le mouvement de contaminants dans la sub-surface, etc. On peut imaginer par exemple d'installer un système d'électrodes permanent et de contrôler avec le temps le changement de la résistivité. La surveillance de décharges peut aussi se faire avec des systèmes d'électrodes permanentes.