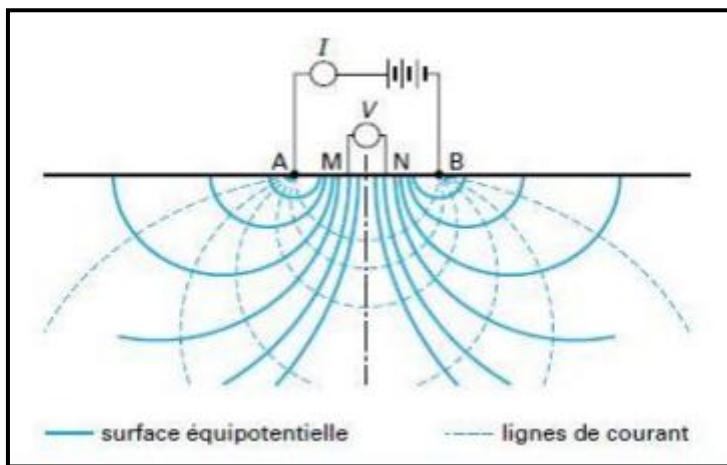


## 1. Principes de base

La prospection géophysique est une technique non destructive très répondue en géotechnique, elle permet une investigation rapide et peu coûteuse d'un grand volume de sols et capable de caractériser des sols sur une surface étendue ainsi qu'éventuellement de détecter des variations latérales à l'échelle du site. La prospection géophysique devient alors un outil extrêmement puissant pour optimiser les campagnes de forage et réduit leur coût. Les méthodes de prospection électrique par courant continu permettent de déterminer la répartition des matériaux dans le sol par l'intermédiaire de leur résistivité. Pour cela on injecte dans le sol un courant continu, dont on mesure l'intensité  $I$  au moyen de deux électrodes métalliques notées A et B plantées dans le sol et reliées aux deux bornes d'un générateur de courant continu (figure 1). On mesure ensuite au moyen de deux autres électrodes notées M et N la différence de potentiel  $V_M - V_N$  résultant de la circulation du courant. La résistivité apparente :

$$\rho_a = k \frac{V_M - V_N}{I}$$

nous renseigne sur les propriétés électriques du sol ;  $k$ , le facteur géométrique, a la dimension d'une longueur et dépend de la géométrie du dispositif ABMN .



**Fig.1 : Prospection électrique par courant continu : schéma de principe**

Alors la résistivité  $\rho$  d'un milieu est la propriété physique qui détermine l'aptitude de ce milieu à s'opposer au passage du courant électrique. La résistivité est la résistance ohmique d'un cylindre de section et de longueur unitaire.

$R = \rho \frac{L}{S}$	avec
	$R$ =résistance[ohm]
	$\rho$ = résistivité [ohm.m]

Les unités usuelles sont l'ohm pour les résistances et le mètre pour les longueurs. L'unité de résistivité sera donc **l'ohm.m**. L'ohm\*cm employé parfois vaut 0,01 ohm.m. La

**conductibilité**  $\sigma$  est l'inverse de la résistivité et s'exprime en mho/m. En hydrogéologie on emploie le plus souvent le micromhos/cm ou microsiemens/cm.

$$\rho \text{ (ohm.m)} = 10'000 / \sigma \text{ (microsiemens/cm)} = 1000 / \sigma \text{ (millisiemens/m)}$$

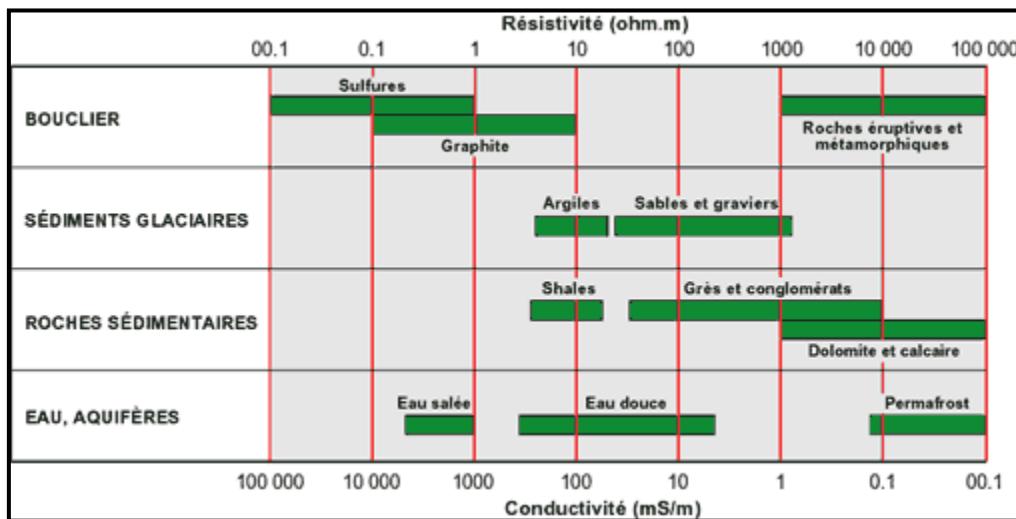


Fig.2 : Plage de résistivité de différentes formations

A strictement parler la loi d'Ohm n'est valable que pour les conducteurs métalliques. Pour les gaz et les électrolytes elle n'est qu'une approximation.

## 2. Les filets de courant et les équipotentielles

Examinons maintenant comment mesurer la résistivité. La loi d'OHM nous permet de prévoir le cheminement des filets de courant dans un milieu homogène isotrope. Soit un terrain homogène et isotrope de résistivité  $\rho$  limité par une surface plane du côté de l'air. Envoyons un courant continu  $I$  à l'aide d'une électrode ponctuelle A. L'écoulement du courant se fera par filets rectilignes rayonnant autour de A et produira des variations de potentiel dans le sol à cause de la résistance ohmique de celui-ci. La répartition du potentiel peut être représenté par des demi sphères centrées sur A.(Fig.2)

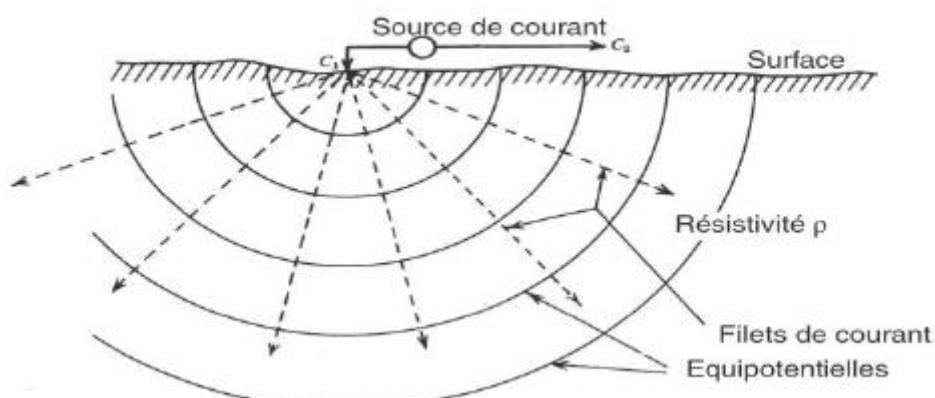


Fig.3 : Représentation des équipotentielles et des filets de courant pour une source Unique

### 3. Exemple sur terrain -Modèle à un terrain homogène

Exemple géologique:  
Molasse burdigallienne (OMM), banc de grès homogène ( $\rho = 120 \Omega.m$ ).

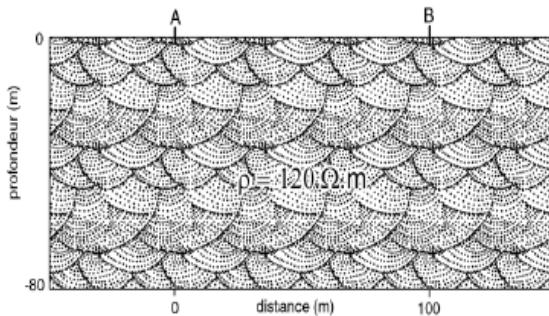


Figure A: modèle

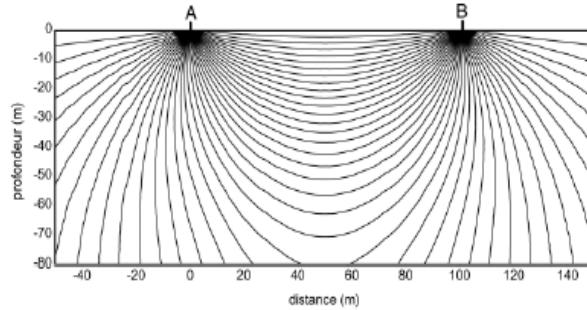


Figure B: champ électrique

La répartition du courant électrique se fait de manière homogène dans le sous-sol entre les électrodes A et B.

#### -Modèle à deux terrains, $\rho_2 > \rho_1$

Exemple géologique:  
Molasse d'eau douce (USM): passage d'un banc gréso-marmeux ( $\rho_1 = 30 \Omega.m$ ) à un banc gréseux désaturé ( $\rho_2 = 200 \Omega.m$ ).

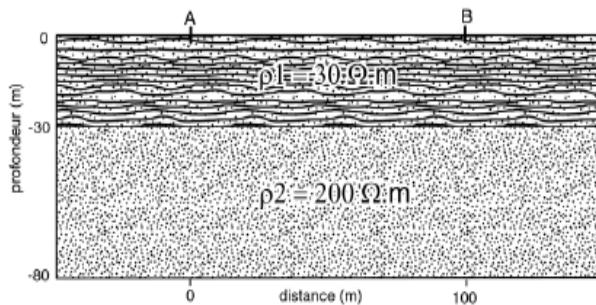


Figure A: modèle

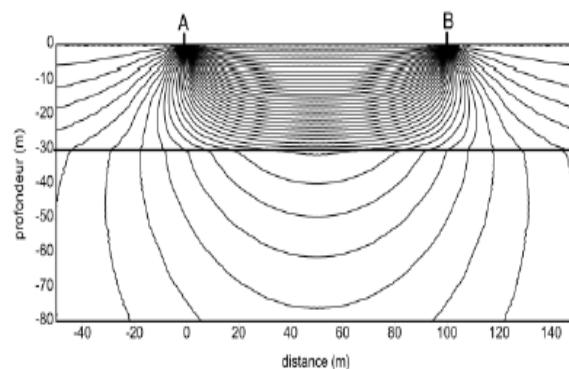


Figure B: champ électrique

Le courant se concentre dans le premier terrain de faible résistivité.

#### -Modèle de sillon résistant

Exemple géologique:  
Terrain 1: moraine ( $\rho_1 = 60 \Omega.m$ )  
Terrain 2: molasse châtinière ( $\rho_2 = 30 \Omega.m$ )  
Terrain 3: graviers désaturés ( $\rho_3 = 400 \Omega.m$ )

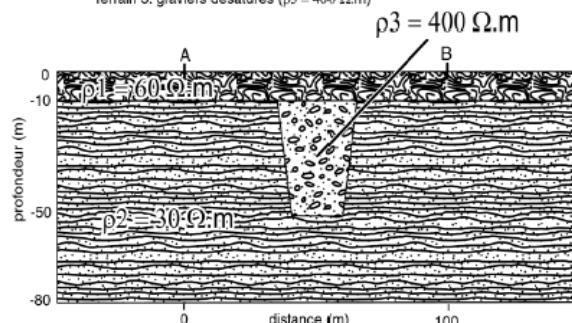


Figure A: modèle

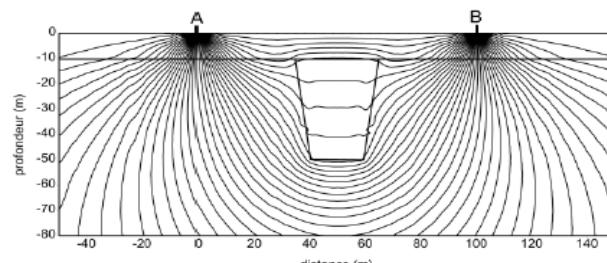
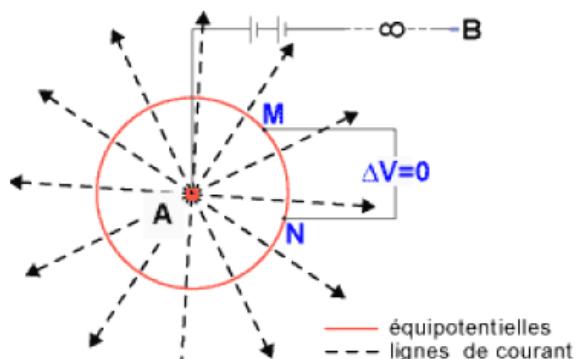


Figure B: champ électrique

Le courant se concentre autour du sillon résistant.

#### 4. carte de potentiel

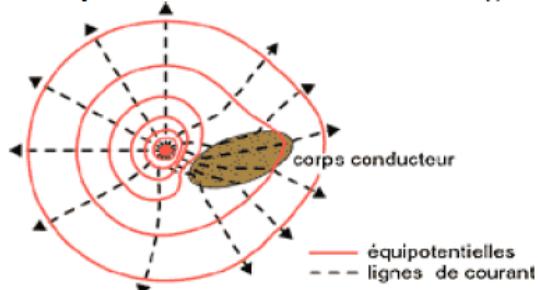
Les valeurs du potentiel sont mesurées à la surface du sol pour un certain arrangement de pôles d'envoi de courant. Ces valeurs sont reportées sur une carte. On trace alors les courbes équipotentielles et l'on compare avec ce que l'on obtiendrait pour la même disposition d'électrodes en terrain homogène.



*Fig.4 : Les équipotentielles.*

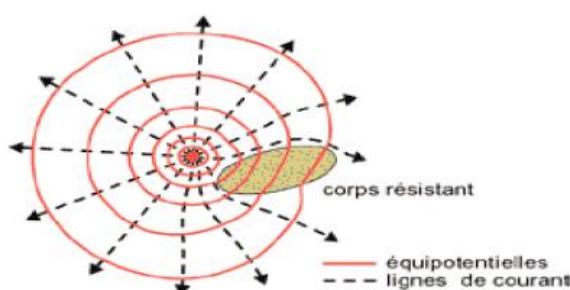
Pratiquement, on envoie le courant dans le sol par deux électrodes de signe contraire A (+) et B (-) assez éloignées et l'on mesure les différences de potentiel entre un point de référence M et un point mobile N. On peut aussi filer les équipotentielles, c'est-à-dire par rapport au point de référence M bouger l'électrode N jusqu'à ce que la différence de potentiel entre MN soit nulle. Les deux électrodes seront alors sur la même équipotentielle.

##### Exemple1 : Cas d'un terrain Hétérogénéité



*Fig.5 : Equipotentielles et filets de courant à proximité*

Lorsque l'on est en présence de variations plus ou moins locales de la résistivité, un corps conducteur par exemple va attirer et concentrer les lignes de courant. Les équipotentielles, elles, seront repoussées par le conducteur.

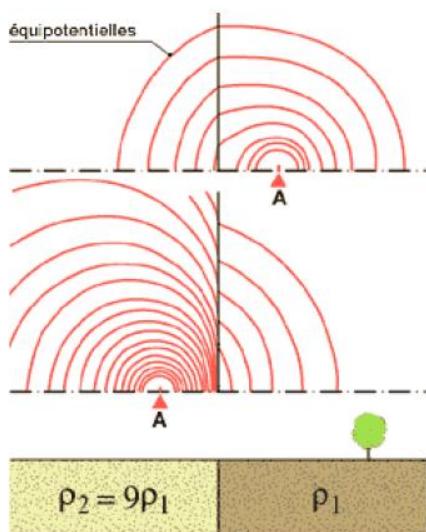


*Fig.6: Equipotentielles et filets de courant à proximité d'un corps résistant*

A l'inverse pour un corps résistant, les filets de courant auront tendance à contourner les obstacles résistants et les équipotentielles se resserreront au voisinage et à l'intérieur de ce corps.

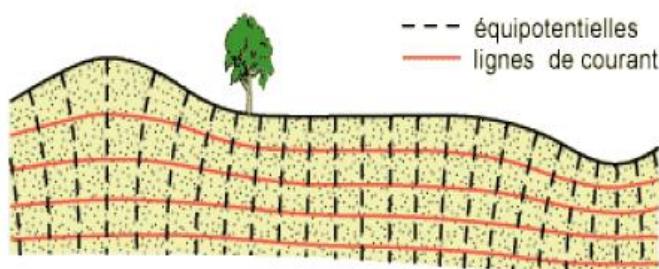
Malheureusement, les effets de ces hétérogénéités locales s'atténuent très rapidement avec la distance et deviennent difficiles à mettre en évidence dès que la distance est de l'ordre de grandeur des dimensions du corps perturbateur.

### Exemple 2 : cas d'une faille



Cet exemple montre l'influence d'une faille sur le tracé des équipotentielles. On constate l'attraction exercée par le terrain résistant sur les courbes équipotentielles du terrain conducteur. On constate aussi que l'on obtient différentes cartes selon la position de l'électrode A.

### Exemple 3 : cas d'un relief



**Fig.8:** Effet de la topographie en terrain homogène

Les accidents du relief perturbent la distribution des potentiels. Les équipotentielles seront plus resserrées au fond des vallées et plus écartées au sommet des montagnes. Cet effet, en général pas très marqué, peut devenir gênant dans les régions montagneuses. Il dépend aussi du contraste des résistivités. Par exemple, lorsque le terrain superficiel conducteur repose sur un bedrock très résistant, la presque totalité des filets de courant se trouve concentrée dans le conducteur et les moindres dénivellations auront alors un effet important.

Au sujet des cartes de potentiel, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- l'interprétation des cartes de potentiel est difficile
- les terrains qui avoisinent l'électrode jouent un rôle perturbateur parfois prédominant
- la profondeur d'investigation n'est pas constante
- La position du pôle d'envoi de courant joue un rôle important de sorte qu'il faut souvent faire plusieurs cartes pour la même région
- l'influence de la topographie n'est pas négligeable