



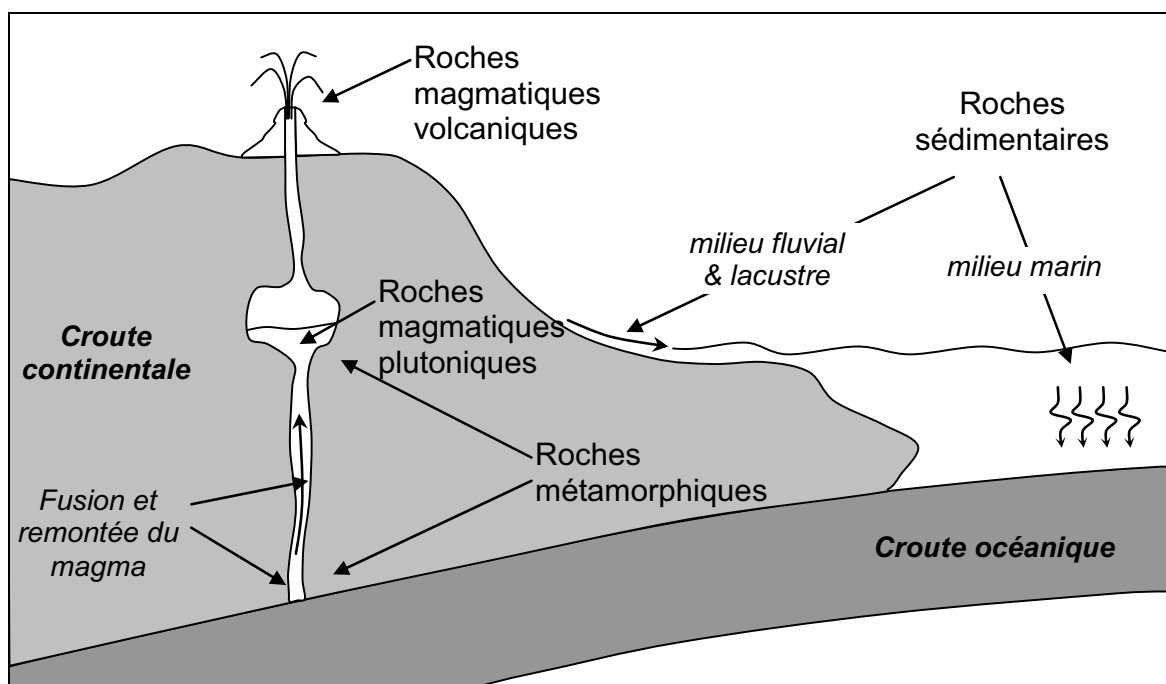
Origines et constitution

Enfin, on trouve parmi les roches sédimentaires les roches salines, telles le gypse ou le sel gemme, qui sont formées respectivement par la précipitation de sulfate de calcium (CaSO_4) et de chlorure de sodium (NaCl) dans des milieux peu profonds favorisant l'élévation de la température de l'eau et la concentration en sels. Ces roches sont solubles dans l'eau ce qui conduit à les proscrire dans les ouvrages en terre.

Enfin, on citera pour mémoire les roches carbonées (charbon, tourbe...) peu concernées par la question de la réutilisation dans les ouvrages en terre.

1.3. Roches métamorphiques

Les roches métamorphiques résultent de la transformation minéralogique, sans fusion, d'une roche initiale sous l'effet d'une augmentation conjointe de température et de pression. Cette augmentation de pression et de température est générée par des événements tectoniques majeurs, en particulier la formation des chaînes de montagnes qui conduit à une augmentation de la masse sus-jacente. Selon la nature de la roche initiale et l'amplitude de l'augmentation de température et de pression, le métamorphisme conduit à des associations de minéraux variables. Les roches métamorphiques les plus répandues sont les schistes, les micaschistes et les gneiss, qui représentent grossièrement le résultat d'un métamorphisme croissant appliqué à une roche argileuse ou un granite. Le métamorphisme transforme les grès en quartzites et les calcaires en marbres.





Méthodes de prélèvement

2.3. Méthodes Radar

Les méthodes Radar consistent à envoyer dans le sous-sol une onde électromagnétique à haute fréquence et à analyser les ondes réfléchies par les interfaces entre couches ou au contact des objets (Figure 14). Concrètement, une antenne d'émission et une antenne de réception Radar sont déplacées horizontalement au contact du sol et l'appareil analyse les ondes reçues. Le résultat est un profil Radar où sont reportés les signaux reçus en fonction de la distance parcourue (Figure 14).

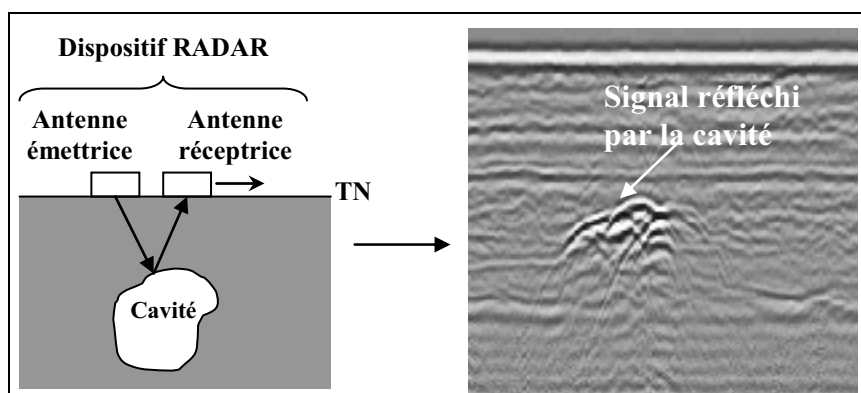


FIGURE 14 : EXEMPLE D'IMAGE RADAR AU DROIT D'UNE CAVITÉ NATURELLE

La méthode Radar peut être utilisée dans les sols et les roches de résistivité électrique relativement élevée afin que les ondes électromagnétiques ne soient pas trop atténuées. On considère généralement qu'une résistivité électrique d'au minimum 100 ohms.m (ou $\Omega.m$) est nécessaire pour que les ondes électromagnétiques pénètrent et permettent d'obtenir des informations exploitables.

Par ailleurs, la fréquence des ondes envoyées doit aussi être adaptée à la nature du sous-sol à ausculter. Dans les sols et les roches, les mesures ne donnent généralement pas de résultats satisfaisants pour des fréquences dépassant 400 MHz. À l'inverse, en diminuant la fréquence, le signal perd en résolution et le choix de la fréquence résulte donc d'un compromis entre la nature du matériau et la résolution.

2.4. Diagraphies différées

Certains paramètres géophysiques peuvent être mesurés directement dans les forages, au moyen de sondes appelées sondes de diagraphies. Elles sont descendues dans les forages au moyen d'un treuil et effectuent généralement leurs mesures lors de leur remontée, à des intervalles réguliers (tous les 10 cm par exemple). Les diagraphies les plus courantes sont :

1. La diagraphie radioactivité naturelle (RAN), qui mesure la quantité de rayonnements



Caractères des sols

La **limite de plasticité**, notée w_p , qui constitue la teneur en eau à laquelle la fraction 0/400 μm d'un sol passe d'un état dit « plastique » à un état dit « solide ». Cette limite est mesurée en roulant sous les doigts un petit boudin de 3 mm de diamètre et en déterminant sa teneur en eau lorsqu'il se fissure (

- Figure 17) ;

La **limite de liquidité**, notée w_L , qui constitue la teneur en eau à laquelle la fraction 0/400 μm d'un sol passe de l'état plastique à un état dit « liquide ». Cette limite est généralement mesurée grâce à la coupelle de Casagrande (

- Figure 17) mais on peut aussi utiliser la méthode au cône de pénétration (NF P 94-052-1). On étale une couche de sol d'une épaisseur de 15-20 mm, à une teneur en eau donnée, dans cette coupelle puis on pratique une rainure de 2,2 mm de largeur dans la pâte ainsi étalée. La coupelle est soumise ensuite à des chocs verticaux réguliers de 10 mm de hauteur et on détermine le nombre de coups nécessaire pour que la rainure se referme sur une longueur d'environ 1 cm. La limite de liquidité est la teneur en eau pour laquelle il faut 25 chocs verticaux pour que la rainure se referme sur 1 cm de long (Figure 18).



FIGURE 17 : CONFECTION DU BOUDIN PERMETTANT DE DÉTERMINER LA LIMITE DE PLASTICITÉ (À GAUCHE) ET RÉALISATION DE LA RAINURE AVANT LA SÉRIE DE COUPS POUR LA DÉTERMINATION DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ À LA COUPELLE DE CASAGRANDE (À DROITE)

L'**indice de plasticité**, noté I_p , est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité (Équation [1]). Plus le sol est argileux (on dit aussi « plastique »), plus la variation de teneur en eau pour passer de l'état solide à l'état liquide est importante et, donc, plus l'indice de plasticité est important.

$$I_p = w_L - w_p \quad [1]$$



Caractères des roches

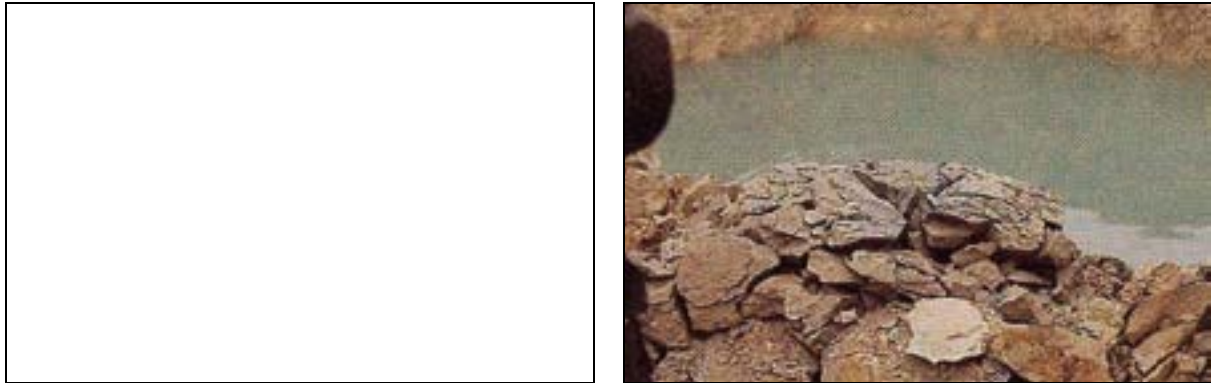
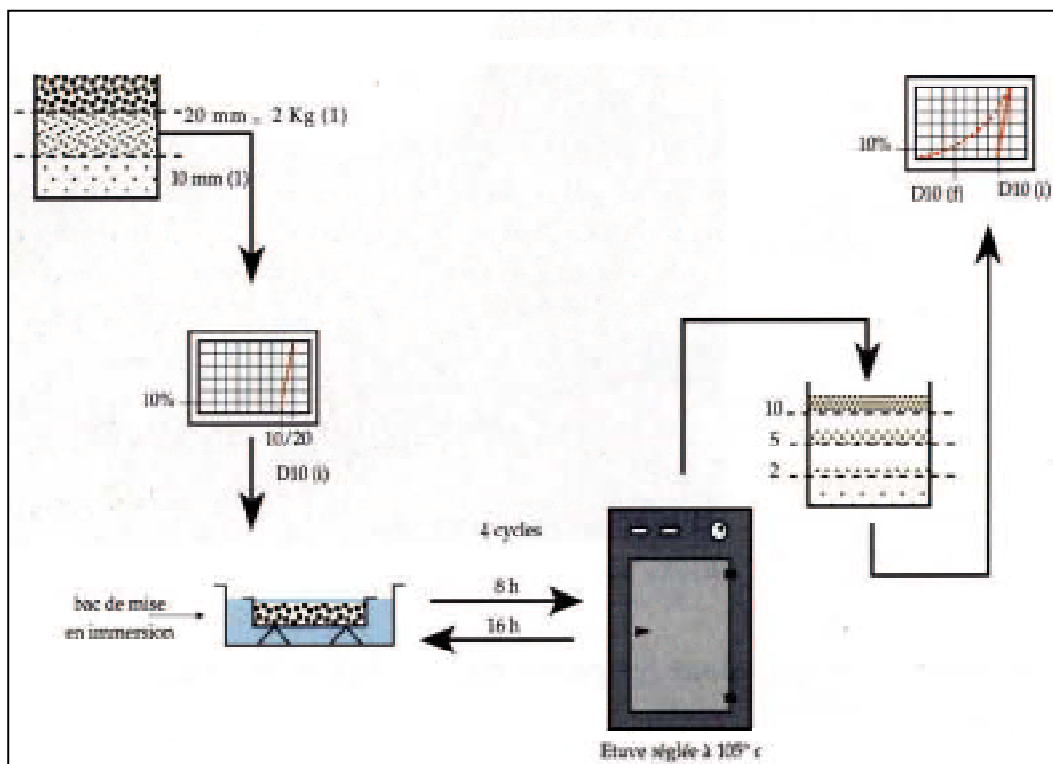


FIGURE 48. EFFET DES CYCLES MÉTÉOROLOGIQUES SUR L'ÉTAT D'UN BLOC DE ROCHE DÉGRADABLE (À GAUCHE : AVANT – À DROITE : APRÈS) - SETRA-LCPC, 1992



$$DG = \frac{d_{10} \text{ initial}}{d_{10} \text{ après 4 cycles imbibition - séchage}}$$

FIGURE 49 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ESSAI DE DÉGRADABILITÉ



Classification

1.7. Cas des sols contenant de la matière organique

Les sols naturels contenant de la matière organique sont traités dans la classification des matériaux marginaux, des déchets et sous-produits industriels. Ils sont classés F_{11} et F_{12} , selon que la teneur pondérale en matière organique est comprise entre 3 et 10 % ou supérieure à 10 %.

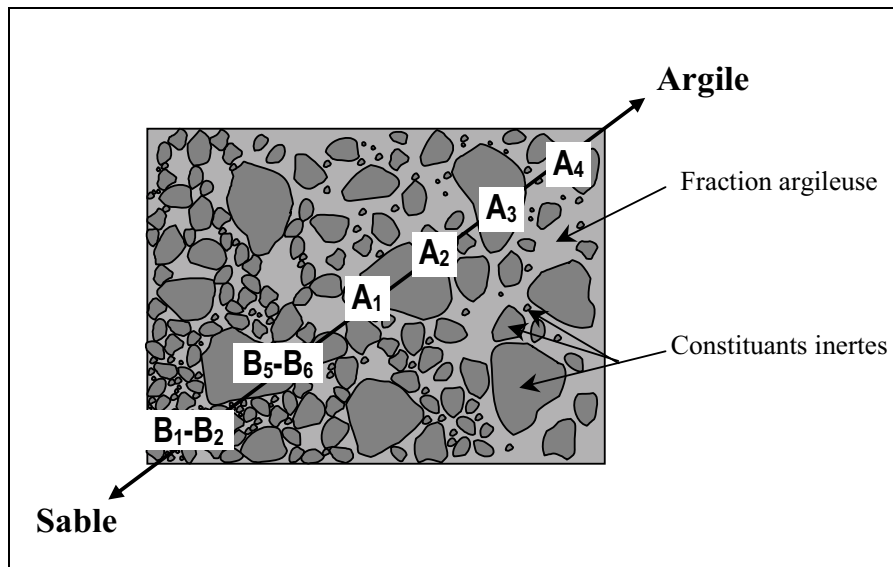


FIGURE 51 : RELATION ENTRE LA CLASSIFICATION DES SOLS FINS ET SABLEUX ET LE PASSAGE PROGRESSIF DES SOLS SABLEUX AUX SOLS ARGILEUX

