



# **ORGANISER UNE CAMPAGNE DE SONDAGES**

# SONDAGES ET FORAGES

- Un sondage est une investigation avec ou sans trou (sondage électrique par exemple) destinée exclusivement à réaliser une étude.
  - Un forage est un trou destiné à être exploité comme un pieux ou puits par exemple.
- Mais en fait on parle souvent de sondages quand on fait des prélèvements et de forages quand on réalise des sondages destructifs

# A QUOI SERT LE SONDAGE ?

Différentes destinations sont possibles :

Prélèvement d'échantillon : l'échantillon est soigné, la paroi du trou et le contrôle de la foration sont négligés

Essais: la paroi est soignée, l'échantillon et le contrôle de la foration sont négligés.

Sondage pour enregistrement des paramètres de forages : le contrôle de la foration est soigné, l'échantillon et la paroi sont négligés.

Il est impossible de privilégier les trois en même temps surtout dans un terrain difficile où il faut apporter un grand soin au but principal du sondage.

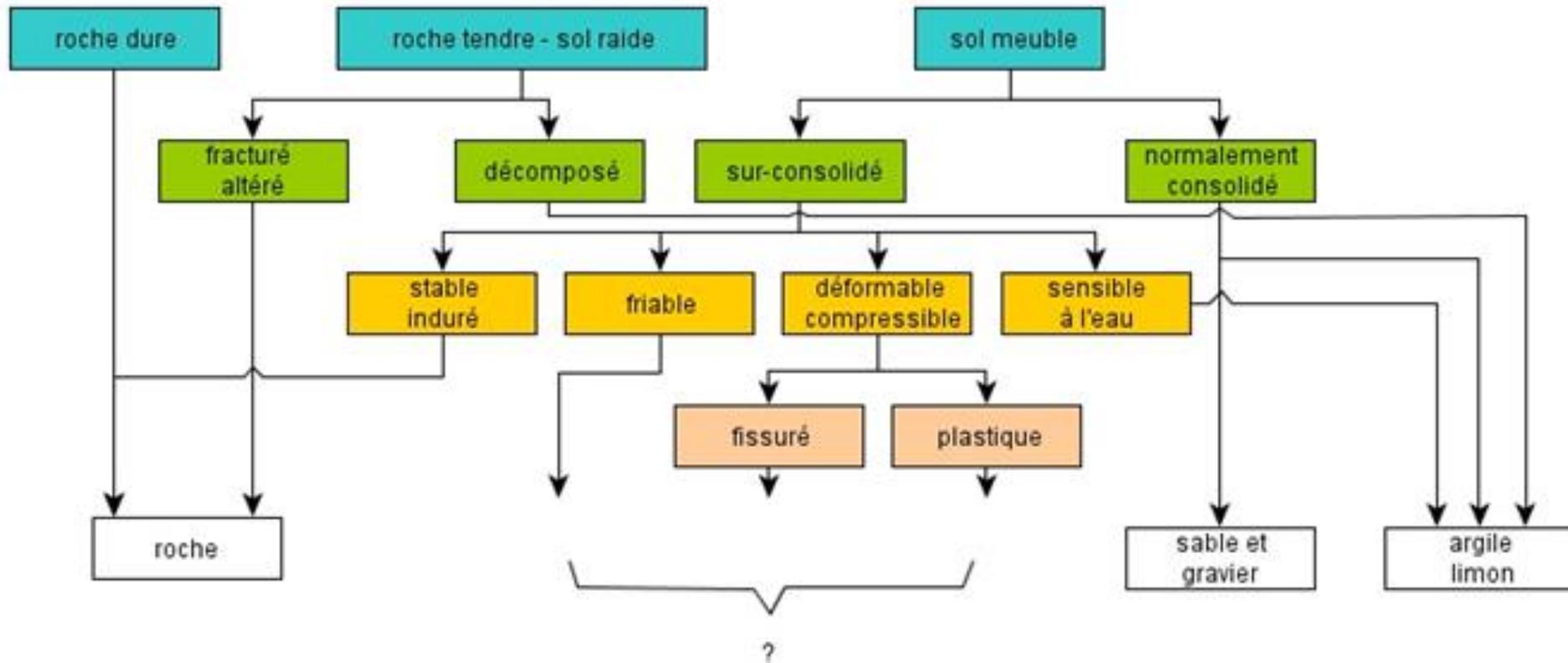
Dans les cas les plus faciles on peut parfois privilégier l'une des destinations du sondage et obtenir malgré tout des résultats exploitables pour une seconde destination mais jamais les trois.

# ATTENTION AUX TRADUCTIONS

Un « carottage » en France ou un « Kernbohrung » en Allemagne sont des sondages avec prélèvement systématique mais quelle que soit la méthode, rotation, battage, etc.

En Angleterre ou aux Etats Unis, un « core drilling » est un sondage réalisé uniquement en rotation. Quand on utilise d'autres méthodes on parle de « sampling » (échantillonnage).

# CLASSIFICATION DES ROCHES ET SOLS



# LE CHOIX DES MOYENS

Paramètres déterminant la qualité d'un prélèvement :

- **Le matériau** : sa nature, son état, sa profondeur
- **La technique de prélèvement** : "outil" + procédé de mise en œuvre
- **La compétence** et le savoir faire du personnel

Dans une situation idéale, on adapte la méthode en fonction :

- des données à obtenir à partir des échantillons
- du matériau à prélever

En réalité, la plupart du temps, on fait ce que l'on peut avec ce que l'on a et l'on « se débrouille » avec

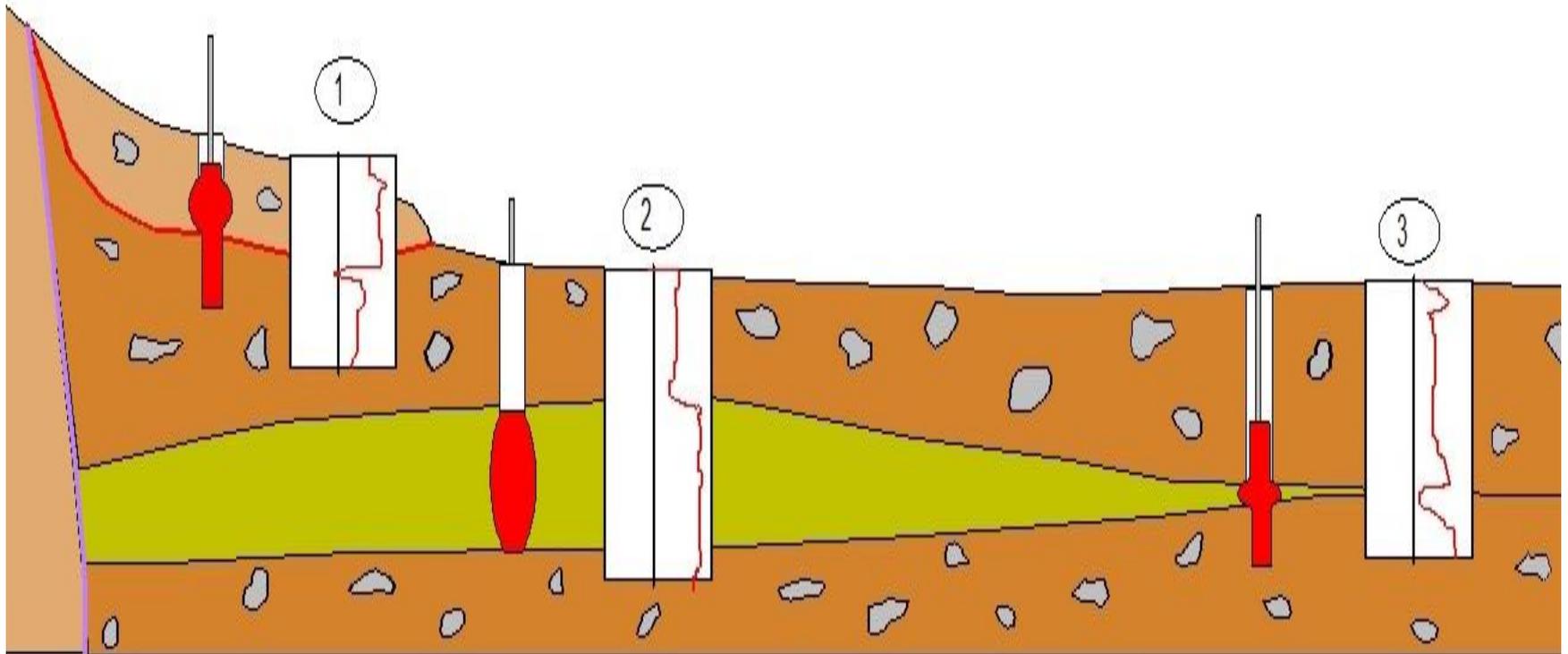
- les équipements dont on dispose
- les compétences de son personnel

**C'EST LE PRINCIPAL PROBLEME**

# METHODES D'INVESTIGATION CLASSEES DE 1 A 3 PAR ADEQUATION CROISSANTE

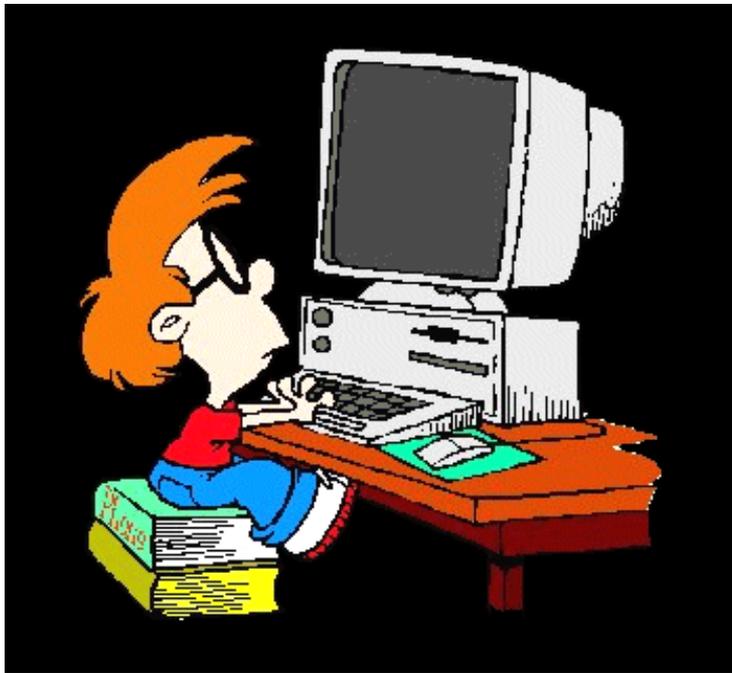
		caractérisation des formations					paramètres physiques			paramètres mécaniques		paramètres hydrauliques	
Géophysique	microgravimétrie				2								
	entre forage (cross-hole) ou forage unique (down-hole)			1		1	1				2		
	radioactivité naturelle RAN $\gamma$ ray	2					2						
	$\gamma$ -nn								3				
Forage	prélèvement							3	3	3	3	3	3
	description,	3						2					
	RQD		3	1									
	enregistrement de paramètres MWD	3	2	2		3	2	2	1	2	1	2	2
Essais in situ	pénétromètre dynamique DPT	2										1	
	pénétromètre statique CPT	3									1	3	
	SPT (si continu)	2						2	2		1	2	
	pressiomètre PMT	1									3	3	
	dilatomètre flexible										3	3	
Essais d'eau	piézomètre												3
	Lefranc (sol)												3
	Lugeon (roche)												3
	essai de pompage												3
	essai de claquage										2		
	mesure de débit (forage horizontal)												1
	traceur - micromoulinet												3
Auscultation en forage	endoscope – photos – caméra – écho-sondeur		2	2		3	2						

# ATTENTION AU CHOIX DE LA METHODE D'INVESTIGATION

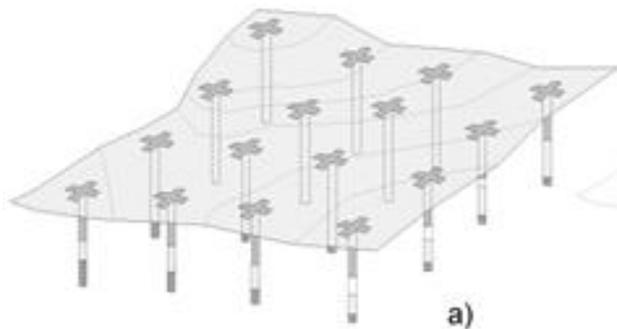


**PROGRAMME DE SONDAGES**  
**MÉTHODE**  
**STATISTIQUE**

**METHODE**  
**INTELLIGENTE**



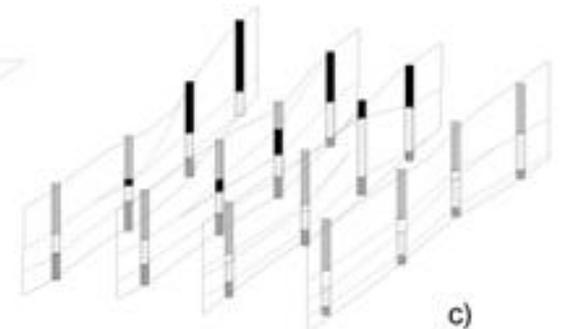
# METHODE STATISTIQUE



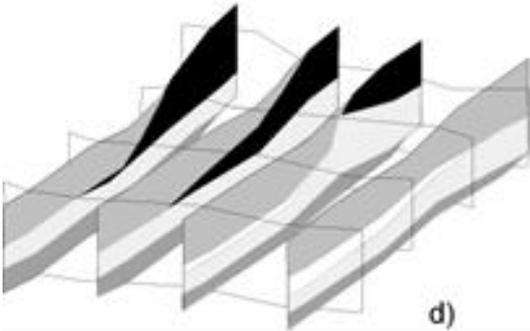
a)



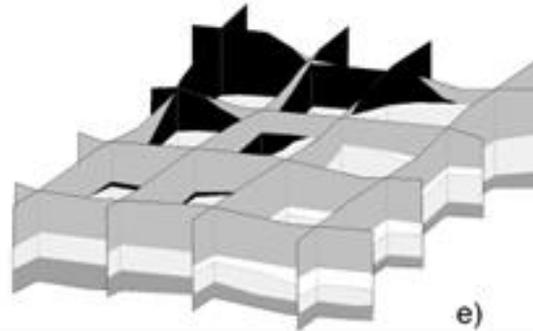
b)



c)



d)

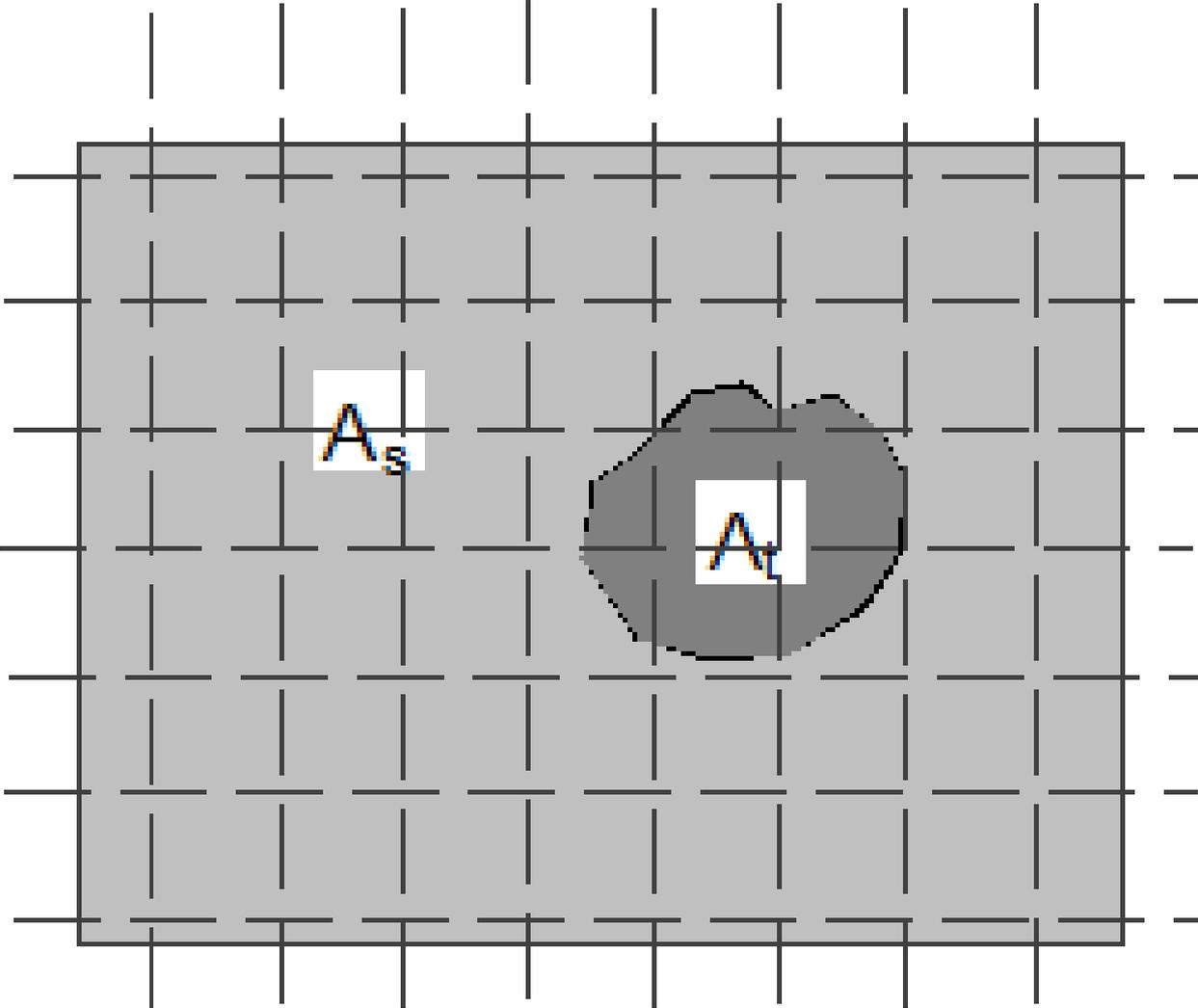


e)



f)

# LOCALISATION DES PROBLEMES



# EFFICACITE DE LA METHODE

. Définition du nombre de points de sondage (d'après Shackelford et Jefferis, 2000)

Probabilité de détection (%)	Nombre de points de sondage		
	$A_t/A_s = 0,1$	$A_t/A_s = 0,01$	$A_t/A_s = 0,001$
30	3	30	300
40	4	40	400
50	5	50	500
75	8	80	800
90	10	100	1000
98	13	130	1300
100	16	160	1600

# DENSITE D'INVESTIGATIONS POUR LES GRANDS PROJETS

Type de modèle 3D	Général	Systématique	Détaillé
Distance entre coupes	Plusieurs km	0,5-1,5 km	< 500 m
Longueur des coupes	Dizaines de km	5-10 km	< 5 km
Densité des sondages	< 1 par km <sup>2</sup>	Communément 5-20 par km <sup>2</sup>	Souvent des centaines par km <sup>2</sup>
Niveau de stratigraphie	Principaux groupes et formations	Formation et couches	Couches et inclusions
Vitesse de modélisation	Centaine de km <sup>2</sup> par jour	2-10 km <sup>2</sup> par jour	<2 km <sup>2</sup> par jour
Échelle	1:50.000	1:25.000 => 1:10.000	>1:1000
Épaisseur unitaire	2 m	1 m	0,1 m
Sorties	locale	stochastique	exact
Utilisation	Vulgarisation, enseignement	Projets d'infrastructure linéaire en phase initiale	Expertise, milieu urbain, projets en phase étude, recherches

# METHODE INTELLIGENTE

- Adapter la géométrie de la prospection à ce qu'on connaît du site: distendre la maille des sondages sur certaines zones du projet pour la resserrer sur d'autres.
- Adapter la profondeur de la reconnaissance en fonction du terrain et non pas du projet.
- Se rappeler que les sondages coûtent toujours cher, surtout quand ils ne sont pas faits.

# EN FRANCE ET AILLEURS

En France, on favorise souvent la méthode statistique car les géotechniciens sont la plupart du temps des ingénieurs en génie civil ou en mécanique des sols avec peu de connaissances en géologie. La même raison explique le succès du pressiomètre.

Dans la plupart des autres pays la géotechnique est une spécialisation en géologie, ce qui explique aussi que le pressiomètre y soit peu utilisé.

# RÉUSSITE D'UN CHANTIER DE SONDAGE

<b>PRIORITÉ</b>	<b>CONDITIONS</b>	<b>ACTIONS</b>
<b>1</b>	<b>Disposer du matériel nécessaire</b>	<b>Suivi et achats spécialisés</b>
<b>2</b>	<b>Avoir un personnel qualifié</b>	<b>Formation des opérateurs</b>
<b>3</b>	<b>Donner des instructions précises</b>	<b>Désignation et formation des experts en sondage</b>

# PARAMÈTRES DÉTERMINANT LA QUALITÉ D'UN PRÉLÈVEMENT

- **Le matériau** : sa nature, son état, sa profondeur
- **La technique de prélèvement** : "outil" + procédé de mise en œuvre
- **La compétence** et le savoir faire du personnel

# LE CHOIX DES MOYENS

- **Que veut-on faire des échantillons prélevés ?**
- **Quels sont les risques de remaniement ?**
- **Quels sont les pièges à éviter ? Quels sont les outils et les procédés disponibles ?**
- **Quelle est la meilleure adéquation entre objectif à atteindre et moyens à mettre en œuvre ?**

# INGENIEUR ET SONDEUR

Un bon sondeur est un très bon foreur qui sait en plus donner à l'ingénieur les éléments dont celui-ci a besoin

Un bon ingénieur est un ingénieur qui sait interpréter les données mais qui sait en plus ce qu'il peut et doit demander à son sondeur, c'est-à-dire tout ce qui est faisable et rien que ce qui est faisable:

- il doit donc savoir discuter avec son client les demandes exprimées (parfois malheureusement stupides).
- il doit aussi discuter les observations du sondeur (parfois malheureusement de mauvaise foi).

# LE CHEF SONDEUR

Selon le fascicule de documentation TS EN ISO 22475-2, le chef sondeur doit avoir une expérience d'au moins trois ans en tant qu'aide sondeur, une formation minimale en :

- géologie, mécaniques des sols et roches et hydrogéologie,
- topographie,
- Techniques de forage et de prélèvement, y compris les techniques d'emballage, de transport et stockage des échantillons,
- identification, description et classification des sols et des roches,
- prise de note et rédaction d'un procès verbal de sondage,
- hygiène et sécurité, protection environnementale,
- fonctionnement, sécurité et maintenance des machines et matériel de sondage,
- système qualité.

# L'AIDE SONDEUR

- changer les tiges de forage : il prend la tige stockée au sol ou sur un rack, la dresse à la verticale (aidé parfois dans ses manutentions par un treuil) puis la visse au niveau de la tête de rotation sur le train de tiges guidé par un vérin à l'aide d'une clé à chaîne ou d'une clé à molette,
- à chaque changement de tiges, ouvrir les mâchoires de la guillotine qui tient la tige et les refermer sur la tige suivante,
- s'occuper de l'approvisionnement en fluide de forage,
- manipuler des matériels de prélèvement et de sondage : montage et démontage, nettoyage,
- aider à la mise en place des matériels d'essai et aider le chef sondeur dans la réalisation des mesures.

# L'EXPERT EN SONDAGE

*(DESIGNATION SELON LA NORME EN ISO 22475-2)*

Doit posséder des connaissances suffisantes en ce qui concerne les lois applicables, les règlements sanitaires et de sécurité, les dispositions techniques et les normes, le but de la reconnaissance géotechnique des terrains, les principes fondamentaux de la géologie, de l'hydraulique et de la mécanique des sols et/ou des roches, les parties spécifiées des méthodes de prélèvement par forage ou excavation, des essais en place ou de l'instrumentation des ouvrages et la rédaction du rapport des prélèvements et des mesurages.

selon le fascicule de documentation EN ISO 22475-2 sa compétence doit être étayée par un dossier justificatif contenant :

- soit un diplôme sanctionnant des études universitaires pour le domaine concerné
- soit des études secondaires et l'attestation d'une pratique professionnelle d'au moins trois années pour le domaine concerné,
- soit des attestations d'une formation professionnelle dans le domaine concerné et d'une pratique professionnelle d'au moins cinq années, dans une entreprise qui met en œuvre des parties spécifiées des méthodes de prélèvement par forage et excavation, des essais en place ou de l'instrumentation des ouvrages

# ENTREPRISE QUALIFIÉE

L'entreprise effectuant l'échantillonnage selon la norme EN ISO 22475-1 est en mesure de démontrer ses compétences et avoir:

a) le personnel et les installations nécessaires pour gérer et à exécuter les types spécifiques de services expérimentés ;

b) des équipements suivant la norme EN ISO 22475-1 ;

c) un système de santé et de sécurité

d) un système d'assurance qualité.

-L'entreprise veille à ce que tout l'équipement spécifié est conforme aux spécifications techniques du cahier des charges, est correctement entretenu, étalonné et utilisé selon les manuels d'utilisation.

-Un opérateur qualifié doit être présent en permanence et sera responsable de la performance de l'échantillonnage par des installations de forage , les mesures et l'enregistrement de chaque appareil de forage .

-L'entreprise doit nommer un expert chargé de chaque projet qui signe également le rapport.

-L'entreprise doit se conformer aux règlements en cours, les règlements de santé et de sécurité et les règles techniques pour le domaine d'activité correspondant.

-L'entreprise doit être couverte pour la responsabilité civile.

Les besoins en personnel

-L'entreprise doit avoir au minimum un expert et des opérateurs qualifiés en nombre suffisant désignés pour chaque projet.

-L'entreprise doit assurer une formation professionnelle de son personnel sur une base régulière et tenir des registres de cette formation.

-La qualification du personnel externe et des sous-traitants doit satisfaire aux mêmes critères et doit être vérifié par l'entreprise.

## **Assessment of the enterprise by third party**

Application procedure for the assessment

An application form shall be submitted by the enterprise to the conformity assessment body indicating to which specific elements of ISO 22475-1 the application relates. It shall also be accompanied by relevant documents and presentation relating to the experience, training and qualification of the enterprise and its relevant personnel.

The presentation of the enterprise shall contain the following (if applicable):  
organization;

- number of employees with their education, training, experience and certificates;
- number and types of drill rigs, machines and equipment and how they correspond to the -  
certificates of the employees;
- evidence of maintenance and records for the equipment;
- transport and storage facilities for samples;
- calibration systems;
- quality assurance system;
- health and safety systems;
- system for the presentation of results;
- procedures for evaluation and reporting the results;
- procedures for handling divergences.

Arrangements shall be made in advance for the assessor and enterprise to meet at the enterprise office and investigation site to demonstrate its skills, knowledge and safe working in accordance with the set standards and procedures of the conformity assessment body

Certification d'entreprises professionnelles conformément à W 120-1 et W 120-2  
Par leur certification selon les fichiers de travail W 120-1 und W 120-2 de la DVWG\* allemande, les entreprises professionnelles démontrent leur qualification dans les domaines du forage, du captage d'eaux, de la régénération, de l'assainissement, de la déconstruction de puits de captage, et de la géothermie.

Les fichiers de travail W 120-1 et W 120-2 fixent les exigences posées aux entreprises dans le domaine personnel, professionnel et technique, pour les travaux à réaliser conformément aux règles de l'art actuelles.

La LUXCERT charge ses experts agréés et dotés de longues années d'expérience et de compétence professionnelle, de soumettre l'entreprise à un examen théorique et pratique sur chantier.

La base actuellement utilisée pour l'évaluation est la fiche de travail W120 de la DVWG. Le certificat DVWG W120 fait partie des exigences demandées aux entreprises par les clients et administrations allemands, pour la réalisation de puits et la mise en place de sondes géothermiques, afin de prouver la compétence professionnelle, la capacité technique et la fiabilité des entreprises concernées.

\*DVWG : „ Deutscher Verein des Wasser- und Gasfachs „ – « association allemande des professionnels de l'eau et du gaz »