

Chapitre IV : Réalisation d'un forage

IV.1 Installation du chantier de forage

L'installation de chantier de forage est conçue pour permettre les manœuvres de la garniture de forage :

- ✓ Descente et remonté des tiges et masses tiges ;
- ✓ Changement des outils de forage ;
- ✓ Rotation du train de sonde ;
- ✓ Préparation et injection du fluide de forage ;
- ✓ Mesure et prise de lecture de différentes valeurs (poids sur outil, pression etc...).
- ✓ Permettre au foreur d'intervenir rapidement en cas de problème.

L'organisation du chantier doit permettre au foreur d'en visualiser la totalité du chantier et donc d'intervenir rapidement en cas de problèmes. Les précautions à prendre doivent conduire à déterminer :

- ✓ Un périmètre de sécurité autour du chantier ;
- ✓ Un accès pour les véhicules de services et de secours ;
- ✓ Un approvisionnement pratique en eau (citernes), gas-oil, bentonite et produits chimiques ;
- ✓ Un accès facile pour le remplissage des fossés à boue ;
- ✓ Prévoir une zone des cuttings (déblais) ne posant aucun problème à la circulation ni aucune manœuvres de forage ;
- ✓ Réalisation d'une plate-forme nivelée pour faciliter le calage de la machine ;
- ✓ Implantation adéquate des bassins à boues ;
- ✓ Emplacement du compresseur et de la source d'énergie de façon à ce qu'il ne reçoive pas la poussière de forage ;
- ✓ Aplanir le terrain recevant toutes les installations des unités de pompage, de pression hydraulique et des moteurs ;
- ✓ Aménagement d'un local technique hors-sec (échantillonnage et log du forage).

IV.2 Choix de la technique de forage

Pour la réalisation d'un forage on dispose de plusieurs méthodes de forage, le choix d'un procédé est motivé par le ratio technico-économique qui régit toute opération de forage, ceci définie clairement arrivé à la côte final du forage dans les meilleurs délais et au moindre coût.

Hormis que l'essentiel c'est d'atteindre l'objectif de capter une ressource bien définie en terme de qualité et de quantité. Ceci oblige à choisir une méthode de forage qui permet de bien isoler les horizons (parasites) en réalisant des cimentations adéquates. D'autre part, le fonçage proprement dit ne devra pas altérer le niveau producteur que l'on souhaite capter. En fait, chaque procédé possède des qualités et des défauts qui fixeront notre choix.

Le choix d'une technique de forage se fait sur la base de plusieurs critères :

- ✓ Nature et caractéristiques des terrains à forer (dureté, crevasses etc...) ;
- ✓ Profondeur totale du forage ;
- ✓ Diamètre du tubage du forage à la côte final souhaité ;
- ✓ Délais de réalisation désirés par le maître de l'ouvrage pour répondre à une demande ;
- ✓ L'implantation du forage (accès et approvisionnement) ;
- ✓ Vitesse de l'avancement de l'outil de forage ;

- ✓ Facilité d'assurer l'approvisionnement en eau du chantier, d'évacuer les déblais et les eaux de pompage ;

- ✓ les contraintes résultant s'il y a lieu de l'établissement des périmètres de protection ;

Les installations souterraines existantes sur le périmètre du chantier de forage (canalisations, égouts, câbles) dont la présence constituerait une gêne au déploiement du matériel et à l'exécution de l'ouvrage seront soigneusement repérées.

En générale au-delà de certaine profondeur, le rotary à l'air comprimé est à éviter car il est difficile à maîtriser (mauvaise remontée du cuttings). Dans les terrains sédimentaires peu consolidés, le rotary à la boue est la plus adéquat.

IV.3 Tubage (casing)

C'est l'action d'introduire une colonne de tubage pour consolider le forage et faire après un cimentage. Cela consiste à une manœuvre de descente d'une tubulaire spéciale d'un diamètre presque égal au diamètre du trépan (espace annulaire petit). La spécificité du tubage est sa faible résistance à la traction et par ses équipements qui augmente les frottements avec les parois du forage (racleurs, centreurs, sabot etc...). Les casings sont des tubulures normalisés par API, le diamètre nominal d'un casing est le diamètre extérieur du corps du tube. Ils sont du plus petit diamètre 4''^{1/2} jusqu'à 20''. Le diamètre de tubage sera en fonction du débit espéré, le choix du type du tubage sera en fonction de la résistance aux diverses sollicitations (efforts de traction, efforts d'écrasement, efforts d'éclatement et efforts de flambage). Les matériaux principaux de tubage utilisés sont : acier dur noir, acier noir galvanisé, acier revêtu d'un film plastique, acier au chrome aluminium, acier inoxydable et TNRS et PVC pour les petites profondeurs (forage hydraulique).

Les caractéristiques des tubages les plus courants sont les suivantes :

- ✓ Longueur des éléments : 3 à 9 m.
- ✓ Epaisseur : 2 à 11 mm (acier), 4 à 16 mm (PVC).
- ✓ Diamètre : 100 à 2500 mm (acier), 60 à 315 mm (PVC).
- ✓ Raccordement : manchon soudé, embouts filetés (acier) et filetage (PVC).

Il apparaît que la descente du tubage est très délicate surtout en forage incliné et le risque de coincement est omniprésent surtout en présence des dog legs dans le forage. Les risques d'effondrement pouvant être importants, le tubage est mis en place le plus rapidement possible. Le trou de forage ne doit pas rester longtemps sans protection au risque de perdre le forage (effondrement du trou). Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépinés) est établi en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes couches de terrain et les venues de fluide du réservoir.

Lorsque le trépan est arrivé à la côte finale ou à une côte nécessitant une consolidation avant la poursuite du forage, il convient avant la descente du tubage de réaliser les opérations de diagraphies nécessaires qui vont faciliter la tâche du foreur :

- ✓ Diamètre (volume exacte de l'espace annulaire) ;
- ✓ Déviation et azimuth pour connaître les courbures du forage et repérer les niveaux des brusques changements d'inclinaison qui peuvent présenter des obstacles à la libre descente du tubage ;
- ✓ Mesure de la température maximale (forage profond) pour la détermination du temps de pompabilité (prise) du laitier de ciment.

IV.4 Contrôle de la rectitude et de la verticalité

La descente d'un tubage, la mise en place d'une colonne rigide de tubes ou d'une pompe immergée dans un trou dévié n'est pas chose facile, d'où la nécessité de contrôler la verticalité du forage et de localiser les déviations pour apporter une solution technique adéquate.

Le fonctionnement de la pompe immergée dans les forages hydrauliques inclinés, risque d'être compromis par l'augmentation des pertes de charge singulières voir mêmes linéaires. On reconnaît qu'une déviation de 0,25% est insignifiante, mais à partir de 0,5% la déviation commence à être sérieuse.

La géométrie du forage et la déviation sont des mesures très intéressantes pour le contrôle de la verticalité du forage. La déviation est généralement enregistrée avec divers outils :

- ✓ Borehole Geometry Tool (BGT) ;
- ✓ Pendage-mètre (Diplog, HDT....) ;
- ✓ Inclinomètre ;
- ✓ Guidance Continous Tool (GCT).

L'enregistrement permet d'obtenir les détails suivant :

- ✓ L'ovalisation du trou de forage ;
- ✓ Le volume du trou ;
- ✓ Le volume nécessaire à la cimentation ;
- ✓ Calculer la profondeur verticale ;
- ✓ Donner une indication peut donner une indication intéressante sur la direction du forage

d'où la direction des fractures.

IV.5 Fosses à boue

Elles sont à mettre en place pour tout forage rotary. Il doit en avoir deux fosses en circuit fermé : fosse de décantation qui recueille la boue remontée du forage et permet sa décantation des déblais, et une fosse de pompage qui recevra la boue décantée pour être réinjectée dans le forage. Les fosses à boue constituent une réserve de fluide de forage et permettent son recyclage et sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés en cours de forage. Si les fosses sont creusées dans un terrain meuble, leurs parois doivent être recouvertes de bâches de plastique, d'argile ou ciment pour éviter les infiltrations et les éboulements des parois. La circulation de la boue doit être lente et régulière, afin de déposer les déblais et de faciliter la collecte des échantillons. Des bassins de décantation facultative peuvent être ajoutés. L'ensemble du circuit de boue se forment principalement de deux bassins et deux canaux, Fig. N° 17.

Le premier canal doit être assez long possible (> 2 m) pour que la fosse soit en dehors du pourtour de la future construction (abri, station de pompage, etc...) pour éviter tous tassement différentiel sous la radier. Les dimensions du canal sont $0,20 \times 0,20$ m. L'axe du second canal est de même section doit être décalé de celui du premier pour favoriser la décantation.

La capacité du bac d'aspiration devrait être approximativement au volume du forage en cours de réalisation, tandis que la capacité de la fosse de décantation devrait être au moins trois fois le volume du forage. Le dimensionnement des fosses à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser. Une méthode approximative de dimensionnement est avancée par E. Drouart et J.M. Vouillamoz :

- ✓ le volume total des fosses = $3 \times \text{volume du forage}$;

IV.5.1 Fosse de décantation

- ✓ Largeur = $(\text{volume du forage (litre)} \cdot 0,57)^{1/3}$ (m) ;
- ✓ Longueur = $1,25 \times \text{largeur}$ (m) ;
- ✓ Profondeur = $0,85 \times \text{largeur}$ (m).

IV.5.2 Fosse de pompage

- ✓ Largeur = $(\text{volume du forage (en litre)} \cdot 0,57)^{1/3}$ (m) ;
- ✓ Longueur = $2,5 \times \text{largeur}$ (m) ;
- ✓ Profondeur = $0,85 \times \text{largeur}$ (m).

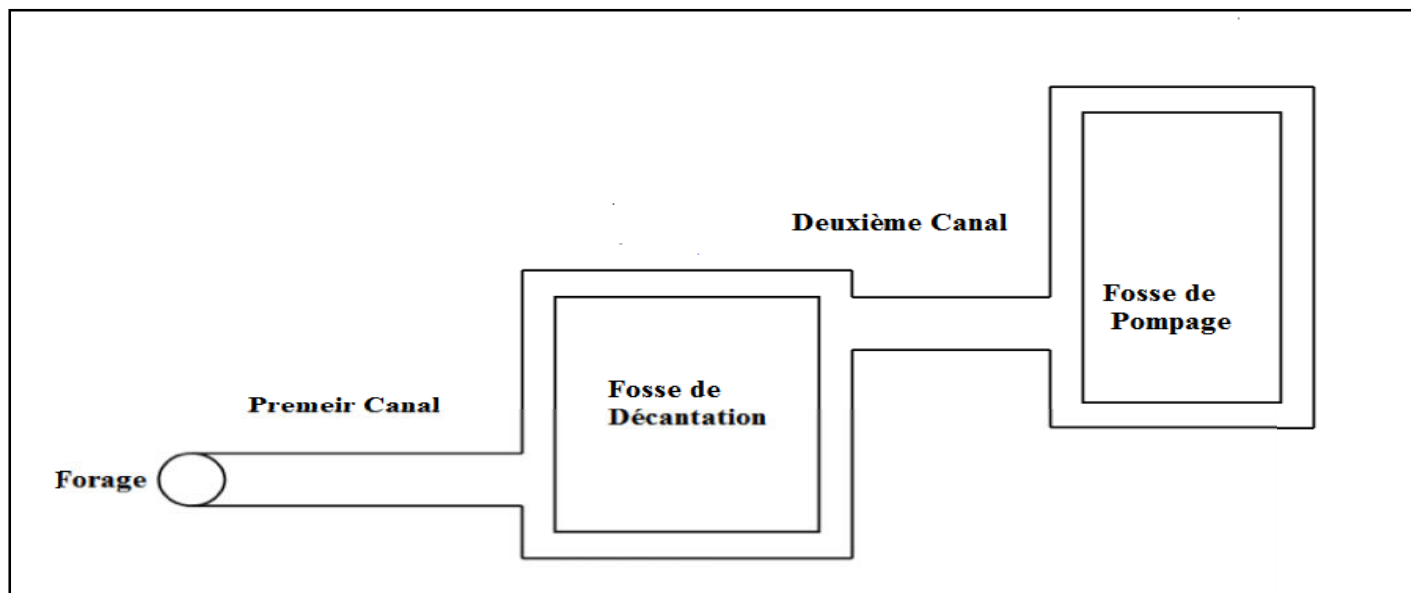


Fig. N° 17 : Fosses à boue

IV.6 Prélèvement des échantillons

IV.6.1 Echantillons (Cuttings)

L'échantillonnage consiste au prélèvement des échantillons (cuttings) des formations traversées généralement chaque mètre du sol jusqu'au dernier mètre foré. Par la suite l'analyse des échantillons permet l'élaboration du log stratigraphique du forage et le plus intéressant pour un hydrogéologue l'établissement de la courbe granulométrique pour définir les caractéristiques des crépines et du gravier additionnel adéquat pour une exploitation rationnelle et optimum du forage.

Notant que le forage à la boue permet de fournir à la surface des échantillons des terrains traversés par l'outil. Ces échantillons contiennent une forte portion de la boue de circulation d'où le lavage des échantillons est une phase très délicate et obligatoire. Par contre les autres technique de forage sans boue (eau claire, battage, air,...), ils procurent un échantillonnage nettement plus représentatif de la formation traversées.

IV.6.2 Carottage

L'opération de carottage consiste à découper un échantillon de la formation (carotte) par le moyen d'une couronne à dents (dents en acier ou rechargées au carbure de tungstène) ou avec un prisme (en carbone tungstène ou à diamants) et de remonter la carotte à la surface avec la plus grande précaution, en évitant de la modifier ou de l'altérer au contact des parois.

Le carottage mécanique permet de définir la nature, la position, l'épaisseur et l'étendue des couches. Il existe deux types de carottier.

IV.6.2.1 Carottier simple

Le carottier simple en longueur standard de 500, 1500 et 3000 mm est un tube échantillonneur simple monté en direct sur le raccord de tête, utilisé pour les formations dures et homogènes.

IV.6.2.2 Carottier double

Le carottier double en longueur de tube intérieur de 1500 et 3000 mm possède un tube extérieur et intérieur. Le tube intérieur est monté sur roulement ne tourne pas et l'injection se fait entre les deux tubes.

L'échantillon non remanié est pris intact dans le tube intérieur, la carotte n'a aucun contact avec le tube en rotation ce qui limite le risque de détérioration de l'échantillon.

IV.6.2.3 Carottage électrique (Diagraphie, Well log)

La diagraphie (carottage électrique) consiste à mesurer, à l'aide de différentes sondes, les caractéristiques des formations traversées lors du forage. En fin du forage de reconnaissance généralement en 8''^{1/2}, l'opération du carottage électrique (diagraphie) permet d'explorer, d'ausculter le forage non encore tubé sur toute sa profondeur.

Le principe de l'opération est de mesurer trois grandeurs (Ps, Résistivité électrique des terrains et Gamma Ray). La couche de potentiel donnera une idée de la nature géologique des couches. La courbe de résistivité nous renseignera sur la teneur en eau de ces couches (les formations argileuses ont une faible résistivité) et les formations aquifères douces (sable, grès, gravier ou calcaire). Gamma Ray mesure la radioactivité naturelle pour identifier les niveaux argileux.

IV.6.3 Mesure de la perméabilité :

Les différents procédés de mesure de la perméabilité des couches productives d'un forage d'eau sont :

- * Mesure au laboratoire : par utilisation de perméamétries à charge constante ou variable ;
- * Mesure in situ, essai de Lugeon essentiellement destiné à évaluer les possibilités de circulation de l'eau

dans une roche. Il consiste à injecter de l'eau sous une pression constante dans une cavité constituée d'une portion de forage de dimensions connues et on mesure le débit d'injection pour différents paliers de pression, pendant un temps donné ;

- * Utilisation des formules empiriques (formule de Hazen, formule de Slichter) à travers la courbe granulométrique ;
- * Calcul de la perméabilité d'après la détermination de la transmissivité (à travers les essais de pompage).