

[Choisir la date]

I.2. Fluides de forage, (Mabillot, 1971 ; Detay, 1993 ; N'Guyen, 1993)

Les fluides de forage doivent avoir des propriétés telles qu'ils facilitent, accélèrent le forage, favorisent ou tout au moins ne réduisent pas d'une manière sensible et permanente les possibilités de production des sondages.

I.2.1. Air comprimé**I.2.1. 1. Air comprimé pour forage au Rotary :**

L'air est le fluide de forage qui possède la plus basse densité et le prix de revient le moins élevé. Il a deux fonctions distinctes ; faire fonctionner le marteau et remonter les cuttings à la surface.

Pour évacuer efficacement les cuttings, on utilise une grande vitesse de remontée de l'air : de 915 à 1520 m/min, ce qui permet d'avoir un forage bien dégagé et propre. En cours de forage, le volume d'air sera ajusté pour maintenir une vitesse annulaire nécessaire à la bonne remontée des cuttings. En effet, la vitesse annulaire peut être altérée s'il se produit une érosion des parois (provoquant l'augmentation le volume du trou), on devra alors faire face à cette demande supplémentaire d'air pour maintenir la vitesse de remontée nécessaire.

En présence de venues d'eau dans le forage, une boue se forme, ce qui réduit l'espace annulaire et augmente la pression engendrant la fracture des formations tendres.

Une bonne méthode pour vérifier que le circuit d'air est suffisant pour remonter les cuttings, consiste à contrôler le temps nécessaire de remontée de cuttings ; ce temps ne devrait pas excéder 6 à 7 secondes pour 30 m de trou. Si l'on utilise de l'air humide, ce temps sera à majorer de 30 à 40%.

I.2.1.2. Air comprimé pour marteau fond de trou :

Plus la pression de service d'air comprimé est élevée avec un marteau fond de trou, moins on aura de risques de coincement. La plupart des marteaux fond de trou peuvent travailler à des pressions comprises entre 4 et 18 bars. L'emploi de l'air comprimé comme fluide de forage procure les avantages suivants :

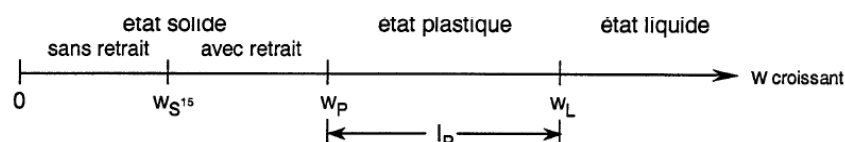
- Plus grande vitesse de pénétration dans la roche dure et consolidée, - Réduction du poids sur l'outil,

I.2.2. Boue benthonitique, (BERGM, 2016)

La bentonite est une variété d'argile très fine : la dimension des particules est inférieure à $1\mu\text{m}$ et la densité est de 2,6. A l'hydratation, le volume devient 12 à 15 fois et parfois 30 fois plus grand. Un gramme de bentonite dispersé dans l'eau offre 4 à 5 m² de surface de contact. On ajoute parfois à la boue de bentonite des additifs pour la rendre compatible avec le terrain ou avec la pression de la nappe ou pour redonner à la boue ses propriétés initiales. On distingue deux catégories de bentonite : les bentonites calciques naturelles et les bentonites sodiques naturelles qui sont les plus utilisées pour les boues de forage. Une bentonite peut se définir par (Léreau J., 2006) :

- sa limite de liquidité (noté w_L), qui sépare l'état liquide de l'état plastique (Casagrande) ;
- sa limite de plasticité (notée w_p) qui sépare l'état plastique de l'état solide et ;
- son indice de plasticité (noté I_p) constituant les limites d'Atterberg et donné par :

$$I_p = w_L - w_p$$

**I.2.3. Boue à base organique (Polymères)**

Les polymères peuvent être utilisés directement en tant que boue ou comme additif aux boues bentonitiques et sont subdivisés en polymères naturels et polymères artificiels (synthétiques).

[Choisir la date]

I.2.3.1. Polymères naturels :

Produit organique obtenu à partir de gommages de Guar. La boue polymère permet pour le même poids de matière, de produire un gel 10 fois plus qu'une boue bentonitique à la même viscosité (60 s au cône de Marsh). Parmi les polymères naturels on cite :

Le Revert, permettant avec un dosage de 8kg/m^3 d'eau à 20°C , de donner une viscosité de 30 secondes (Marsh) au bout de 5 jours ; alors qu'à une température 38°C , on obtient la même viscosité au bout de 2 jours.

I.2.3.2. Polymères synthétiques (artificiels) :

a- Non biodégradables : peuvent être utilisés avec des boues bentonitiques ou avec d'autres polymères. Elles ne sont pas biodégradables généralement et leur destruction nécessite une action chimique pour réduire leur viscosité à celle de l'eau (lavage). Les solvants utilisés pour la destruction (broken down) doivent être choisis pour ne pas bloquer la formation aquifère, le massif filtrant et les crépines et qu'ils ne provoquent pas la pollution de la nappe.

b- Polymères synthétiques biodégradables : Ils ne sont valables que si leur durée de vie est plus longue que les polymères naturels et lorsqu'ils peuvent être éliminés avant que le processus de dégradation ne soit amorcé (pour éviter la prolifération « développement » des bactéries). Ils doivent être aussi ; non toxiques et non polluants : parmi les produits qui répondent à ces critères, on cite : l'AQUA GS, et le D800 ou AQUA J (Johnson).

c- Boue à l'huile émulsionnée : Il s'agit d'émulsion d'huile dans l'eau suivant les pourcentages relatifs. On obtient en ajoutant à la boue classique (eau + bentonite) de 5 à 25 % de gasoil et un émulsifiant organique. Cette boue lubrifie et protège toutes les parties métalliques. Elle provoque une sensible amélioration de l'avancement et un allongement de la durée de vie des outils de forage. Elle est caractérisée par des filtrats plus faibles et moins pénétrants dans les couches aquifères, ce qui est important pour la détection et l'exploitation des nappes à faible pression (diminue le risque de pollution de la nappe).

- Domaines d'utilisation : terrains gypseux ou salés, de l'anhydrite ou des argiles gonflantes.

Avantages :

Les boues polymères possèdent les avantages suivants :

- forage avec une pression réduite au fond du trou ;
- frottements réduits (usure minimum) ;
- les carottes et échantillons ne sont pas masqués par le fluide (échantillonnage facile à faire) et ;
- pertes de fluide contrôlées sans nécessité d'avoir un cake épais.

** spécialement pour la boue au Revert :

- les opérations de lavage et de développement des forages se trouvent de ce fait grandement facilitées, rapides et efficaces ;
- pas de risque de colmatage des couches aquifères ;
- un kg de Revert donne la même viscosité que 9 kg de bentonite et ;
- possibilité d'utiliser de l'eau salée pour préparer la boue.

Inconvénients :

** pour les polymères naturels :

- la prolifération (développement) des bactéries dans un temps très court (3 à 15 jours suivant les produits) ;
- élimination des bactéries parfois difficile dans le filtre et gravier et ;
- les bactéricides utilisés sont parfois toxiques.

** pour les polymères artificiels :

- risque d'instabilité des parois ;
- risque de colmatage des parois et ;

[Choisir la date]

- le lavage des polymères se fait par action chimique, ce qui provoque parfois le risque de pollution de l'aquifère.

I.2.4. Rôle et utilisation des fluides de forages.

Les boues de forage doivent avoir les propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes :

- la consolidation et le soutènement des parois de forage par le dépôt de cake sur les parois ;
- la remontée au jour des sédiments broyés (cuttings) ;
- le maintien des cuttings en suspension (très important dans le cas où il se produit un arrêt de circulation) ;
- le refroidissement des outils de forage et de carottage, ainsi que leur lubrification (graissage) et leur nettoyage pour éviter leur usure ;
- l'augmentation (par le jet) de l'action abrasive de l'outil de forage sur le terrain (car le fluide sort des trous du trépan à forte pression) ;
- la facilité et le contrôle des opérations de mise en place du gravie et de cimentation ;
- le renseignement sur la nature du terrain de couvert et sur son potentiel aquifère ;
- l'équilibrage des pressions hydrostatiques des couches aquifères afin de juguler (égorger) les jaillissements des forages artésiens, car un brusque jaillissement d'eau peut détériorer le forage et ;
- la protection contre le gonflement ou l'affouillement (creusage) de certaines couches traversées.

Conclusion

Le développement technologique qu'a connu le domaine d'appareillage de forage et de sondage, afin de répondre au besoin de la recherche pétrolière, minière et de l'eau d'une part et pour la satisfaction aux exigences géotechniques d'une autre part, a ouvert la porte à une grande variété de sondeuses de performance assez compliquée.

Du battage au carottage passant par le rotary à circulation directe, puis le rotary à circulation inverse, on assiste à une évolution au niveau des performances de l'appareillage visant l'amélioration des techniques de forage de reconnaissance afin d'assurer la description la plus complète du sous sol.

La dernière technique de foration en percussion au marteau fond de trou est jugé la plus valable pour l'étude hydrogéologique d'une région par forage de reconnaissance, alors que le forage par carottage reste toujours la meilleure technique et la plus précise dans le domaine miner et géotechnique.

- En hydrogéologie, en plus de la stratigraphie issu de la description des carottes, ces dernières pourraient être utiles à la détermination des venues d'eau et l'épaisseur des aquifères traversés d'une façon beaucoup plus précise que les autres techniques de forage destructives. Comme elles peuvent même nous informer sur le degré d'inclinaison des couches traversées.