

V. LES FLUIDES DE CIRCULATION

1. La boue à la bentonite : En forage rotary, la boue de circulation peut être la meilleure ou la pire des choses. La meilleure parce que son indispensable utilité n'est, désormais, contestée par personne. La pire, car, si l'on n'est pas suffisamment instruit sur son rôle, sa composition, son comportement et son utilisation, elle peut provoquer de graves avaries : coincement, blocage de la ligne de sonde, entraînant parfois la perte totale de l'ouvrage et, pour le moins, constituant une considérable perte de temps.

En outre, si le « cake » (dépôt consolidant les parois du trou) est trop épais et trop adhérent, les venues d'eau des couches productrices peuvent se trouver sensiblement diminuées ou difficiles à détecter.

1.1. Rôle de la boue : Le circuit parcouru par la boue en forage rotary est le suivant :

- ✓ Refoulement de la pompe à boue, par tuyauterie rigide et par flexibles, jusqu'à la tête d'injection située au sommet de la ligne de sonde ;
- ✓ Circulation de haut en bas à l'intérieur de toute la ligne de sonde jusqu'à l'outil ;
- ✓ Circulation de bas en haut dans l'espace annulaire entre tiges et terrain ;
- ✓ Circulation dans les goulottes et les rigoles (canaux de décantation) jusqu'aux bacs ou aux fosses à boue, avec, s'il y a lieu, passage au tamis vibrant pour retirer les « cuttings ».
- ✓ Aspiration dans les bacs ou les fosses par la pompe à boue qui la refoule sur la ligne de sonde, etc

Les fonctions de la boue sont les suivantes :

- Consolider les parois du forage, par le dépôt du « cake » sur la formation ;
- Remonter au jour les sédiments broyés (cuttings) au fond par l'outil ;
- Maintenir les cuttings en suspension, s'il se produit un arrêt de circulation ;
- Lubrifier et refroidir les outils de forage ou de carottage ;
- Augmenter, par le jet à la sortie des événements de l'outil, l'action abrasive de celui-ci sur le terrain en cours de forage ;
- Faciliter et contrôler les opérations de mise en place du gravier additionnel et de cimentation
- Renseigner, par l'observation des variations de niveau dans les bacs ou fosses à boue, ou bien par celles de la pression au refoulement de la pompe, sur la nature du terrain découvert par l'outil et sur son potentiel aquifère ;
- Equilibrer les pressions hydrostatiques des couches aquifères rencontrées afin de juguler les jaillissements intempestifs des forages artésiens ;
- Enfin, en turboforage, entraîner la turbine au fond du trou.

1.2. Composition de la boue : C'est un mélange colloïdal, et non pas une solution, cette simple constatation donne une idée de l'instabilité de cette boue. Le produit de base est une variété d'argile, la bentonite, qui

doit son nom à Fort Benton, localité des USA où elle fût découverte. C'est une roche argileuse, de densité 2.6, dont la consistance est voisine du kaolin. Très fine, la dimension des particules qui la composent est inférieure au micron, elle s'hydrate au passage de l'eau ou en présence d'un certain volume d'eau en formant des produits visqueux ou des masses gélatineuses, connues sous le nom de gels. Les changements de volume résultant de cette hydratation sont considérables. Le volume devient 12 à 15 fois, parfois 25 à 30 fois, plus grand. Un seul gramme de bentonite dispersé dans l'eau offre une surface de contact de l'ordre de plusieurs additifs pour le rendre compatible avec 4 à 5 mètres carrés. A ce mélange bentonite-eau, on ajoute un ou redonne à la boue ses propriétés initiales.

Dans le mélange bentonite-eau, on trouve :

- de l'eau absorbée, située à l'intérieur des particules de bentonite, dont la texture interne se modifie pour former le gel ;
- de l'eau adsorbée, fixée autour de chacune de ses particules et se déplaçant avec elle ;
- de l'eau libre, circulant librement indépendamment du déplacement des particules de bentonite.

Cette constatation est importante car elle explique pourquoi par essorage, ou par filtration, c'est surtout l'eau libre qui est évacuée, la majeure partie du mélange se déposant seule ou s'accumulant à la surface pour former le cake. Ainsi, la quantité de bentonite qui pénètre dans la formation, bien que trop souvent gênante, se trouve-t-elle, de ce fait, sensiblement réduite. Il reste que sa présence peut occasionner quelques inconvénients dont nous reparlerons.

1.2. Contamination de la boue : Au départ, on prépare une boue dosée selon les besoins, puis on constate, au cours du forage, que la boue se charge de plus en plus des argiles du terrain et autres éléments détachés par l'outil au fond du trou.

Si l'on n'y prenait garde, la boue, ainsi contaminée, serait rapidement inutilisable. Non seulement elle perdrait la plupart de ses propriétés, mais, si on la laissait en circuit, elle accumulerait au fond du trou une masse compacte de matériaux qui finiraient par bloquer complètement l'outil, d'où : coincement, instrumentation et risque de perdre l'ouvrage. Les sédiments fins (inférieurs à 70 microns) peuvent provoquer la coagulation de boue et augmenter dangereusement sa viscosité.

En outre, certains sels des terrains (gypse par exemple) provoquent la floculation de la boue à la bentonite et l'on aura intérêt, dans ces terrains, à employer une boue à l'huile émulsionnée.

Toutes les réactions qui gouvernent les suspensions colloïdales sont des réactions d'équilibre, elles comportent des limites en dehors desquelles le mélange change complètement d'aspect.

1.4. Les remèdes : On donnera plus loin des tableaux qui indiquent, dans la plupart des cas, les moyens et la nature des additifs à employer pour redonner à la boue des caractéristiques convenant à la composition du terrain en cours de forage.

1.5. Les spécialistes : Il est utile de signaler qu'il existe des entreprises de services spécialisées dans l'étude et la préparation des boues de forage. Pour les ouvrages profonds ou présentant des difficultés particulières, il est prudent de faire appel à ces entreprises qui préconiseront la composition à donner à la boue au début de forage et les modifications à y apporter au fur et à mesure de l'approfondissement, du changement de terrain et de la pression hydrostatique des nappes.

1.6. Caractéristiques physiques et chimiques de la boue à la bentonite :

1.6.1. Densité : C'est une donnée essentielle. Une boue dense favorise l'ascension dans l'espace annulaire des sédiments détachés par l'outil au fond du trou, elle permet ainsi d'équilibrer la pression d'une eau artésienne rencontrée dans une nappe productive et de poursuivre le forage sans être gêné par le jaillissement en surface.

1.6.2. Viscosité : Une boue trop visqueuse devient difficile à pomper, une boue trop fluide risque de se dissocier et perd ses propriétés de consolidation des parois.

1.6.3. Thixotropie : C'est la faculté, pour un mélange à base de produits en suspension, de passer d'une consistance rigide, sorte de gel, à un aspect fluide, lorsqu'on le brasse énergiquement, puis de reprendre son état initial si on cesse l'agitation, d'où la nécessité de maintenir constamment la circulation dans un forage, même si, pour une raison quelconque, la ligne de sonde ne tourne pas.

1.6.4. Filtrat : C'est ce qui passe à travers d'un filtre ; en majeure partie, il s'agit de l'eau libre. Si le filtrat est trop grand, des éboulements des parois sont à redouter ; s'il est trop faible, la boue risque de colmater exagérément de faibles venues d'eau.

1.6.5. Cake : C'est ce qui est retenu par le filtre (ou ici par le terrain). Il joue en sens inverse du filtrat : trop faible, il ne tient pas suffisamment les parois ; trop épais, il risque de colmater les formations aquifères.

1.6.6. Teneur en sable : La boue a tendance à se charger exagérément de sable provenant du terrain. Le sable est dangereux pour les parties en mouvement des pompes à boue qu'il érode rapidement.

1.6.7. pH : Le contrôle de l'acidité et de l'alcalinité de la boue est important, il révèle la contamination par le ciment ou par l'eau de la couche aquifère si sa valeur est supérieure à 10 ou 11.

Par contre, s'il est inférieur à 7, boue acide, les risques de floculation sont à redouter.

Pour chacun de ces critères, le tableau « conditionnement de la boue à la bentonite » donne :

- Les valeurs moyennes à maintenir,
- Les moyens et appareils à employer pour les mesurer,
- Les indications procurées par ces mesures,
- Les remèdes à employer.

Les renseignements fournis par ce tableau seront utiles aux foreurs et leur permettront d'éviter des incidents causés par la boue dans plupart des cas.

1.7. Laboratoire de chantier :

Chaque chantier rotary doit être doté d'un petit laboratoire qui tient tout entier dans une armoire métallique ayant approximativement les dimensions suivantes :

Hauteur.....0,80 m

Largeur.....0,60 m

Profondeur.....0,40 m

Cette armoire doit se trouver obligatoirement à proximité du foreur, si possible sur la plate-forme de l'appareil.

Elle contient notamment les instruments suivants, tous simples et robustes :

- Presse BAROID (filtrat et cake)
- Entonnoir de MARSH (viscosité)
- Appareil BAROID (teneur en sable)
- Colorimétrie (pH)

1.8. Préparation de la boue : Le dosage varie entre 3 et 8% de bentonite, soit 30 à 80 Kg de produit, par mètre cube d'eau. La densité initiale moyenne est de l'ordre de 1,10.

CONDITIONNEMENT DE LA BOUE A LA BENTONITE

| Objet des mesures Valeurs normales | Appareils à employer | Interprétation des résultats Conséquences | Remèdes et corrections à employer Additifs |
|--|---|--|--|
| Densité moyenne 1.20 | Balance BAROID (à fléau) | Trop forte : risque de perte de boue cake trop épais | Dilution par l'eau en contrôlant les autres caractéristiques, brasser énergiquement à la mitrailleuse |
| | | Trop faible : Cake trop mince, risque de dégradation des parois, éboulement, éruptions si artésianisme | Ajouter bentonite (densité 2.6) ou baryte (densité 4.3) Brasser |
| Viscosité Moyenne 40 à 45 secondes MARSH | Viscosimètre MARSH (entonnoir - chantier) Viscosimètre (laboratoire) donne aussi le gel à 10 minutes | Trop forte : difficulté de compage, risques de coincements pendant les arrêts de circulation | Emploi de pyrophosphate (4 Kg pour 100 litres d'eau), de tanins, de lignites, ligno – phosphates. Attention au pH |
| | | Trop faible : risque de perte de boue et de coincement par séparation des éléments constitutifs de la boue | Ajouter de la bentonite, de l'amidon ou de la fécule |
| Filtrat 5 à 10 cm3 Cake 6/32''=5 mm (maximum) | Filtre – presse BAROID | Filtrat trop grand= Cake trop mince, risque d'éboulement et de pertes de boue | Ajouter Amidon, fécule ou, mieux, CMC (blanose – Carboxyméthyl – Cellulose – Cellulose colloïdale) 3 à 10 Kg par m3 de boue. Mixer - Brasser |
| | | Filtrat trop faible= Cake trop épais, Risque d'aveuglement des venues d'eau | Dilution par l'eau. Contrôler les autres caractéristiques. Brasser à la mitrailleuse |
| Sable | Tamis BAROID | Risque d'usure, par érosion, des pompes à boue | Employer les déssableurs à cyclones |
| pH 7 à 9.5 | Papiers colorimétriques | PH > 11= contamination par le ciment ou par l'eau de la formation PH < 7= excès d'acidité, risque de floculation. | Employer les polyphosphates acides si pH > 11 Ou neutres si pH < 7 |