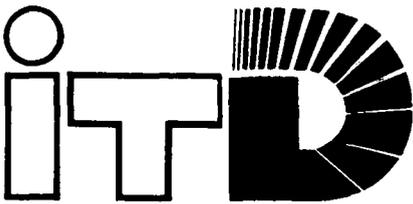


2 1 2 . 6

8 1 F O

APPROVISIONNEMENT EN EAU ENERGIES RENOUVELABLES MICRO-HYDRAULIQUE



INSTITUT TECHNOLOGIQUE DELLO
LE MOULIN ROUGE - 60410 VERBERIE
FRANCE
TÉL (4) 440 55 80

Lo: 212.681FO
ISN: 1976

SPECIMEN DELLO

F O R A G E

TECHNIQUES ET MATERIELS

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (ICWS)
P.O. Box 92860, 2500 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142
RN: 5690 in 1976
LO: 212.6 81 FO

Bernard GAY
DELLO
Moulin Rouge
60 410 Verberie

février 1981

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Un équipement de forage se conçoit mal uniquement pneumatique : il ne peut en effet convenir à tout type de sol.

Il ne peut être envisagé que pour une région restreinte et bien définie, avec, dans tous les cas, un équipement complémentaire (tricone ou ODEX).

Deux compresseurs DW 70 ne peuvent pas fournir la pression suffisante pour des forages de plus de 40 mètres de profondeur.

Une unité nettement plus puissante est nécessaire pour forer entre 50 et 90 mètres.

Certaines foreuses mixtes, pneumatiques et hydrauliques, ont déjà fait leurs preuves en Afrique (LINDQVIST, FORACO). Elles travaillent le plus souvent en marteau fond de trou pneumatique.

Elles représentent toutefois de gros investissements.

1) DONNEES GENERALES

Le choix d'un équipement de matériel de forage dépend de nombreux paramètres, et en particulier :

- de la profondeur à atteindre
- du diamètre du trou à forer
- de la nature des terrains à traverser

a) la profondeur :

La profondeur envisagée dans le cadre de cette étude est comprise entre 50 et 90 mètres.

Il s'agit de petite profondeur pour du matériel de forage, mais d'une grande profondeur pour du matériel de carrière.

b) les diamètres :

Ceux-ci ne sont pas spécifiés. En augmentant les diamètres forés, on diminue la profondeur qu'il est possible d'atteindre. Chaque foreuse a une limite supérieure des diamètres réalisables.

Dans le cas de bonnes nappes, les diamètres à forer seront déterminés par les débits souhaités, et donc par l'encombrement des pompes.

La nappe présente entre autres caractéristiques : la cote du niveau statique, et celle du niveau rabattu. Ce dernier est fonction du débit et du temps de pompage.

La pompe se situera en dessous du niveau rabattu. C'est en fonction de ce niveau de rabattement que nous connaissons la hauteur manométrique totale et donc la taille de la pompe.

Il est possible d'agrandir le premier trou foré, pour aménager de la sorte une chambre de pompage, ceci, jusqu'au niveau où se situera la pompe.

A titre indicatif, nous donnons le tableau suivant qui précise la relation entre le diamètre de la pompe (électrique ou à moteur), et le diamètre du tubage. On considère qu'il faut 5 cm de jeu à la pompe dans le tube.

diamètre ext. tubage		diamètre int. tubage		débits maxima
4"1/2	114,3 mm	4"	101,6 mm	3 m ³ /h
6"5/8	163,3 mm	6"	152,4 mm	50 m ³ /h
8"3/4	222,3 mm	8"	203,2 mm	140 m ³ /h
10"3/4	273,9 mm	10"	254,0 mm	250 m ³ /h

c) la nature du terrain :

Essentiellement, il faut savoir si l'on a à traverser des terrains fermes ou des terrains qui s'éboulent, voire même des formations plastiques.

Le marteau fond de trou convient bien pour les premiers. Il ne peut convenir pour les seconds où l'on emploie habituellement un système rotary avec injection.

Il peut se faire aussi que nous nous trouvions dans des formations où la zone aquifère ne contient que très peu d'eau ; il sera inutile alors de percer à gros diamètre. Cela se présente par exemple au Mali dans la région de SAN, où parfois les débits ne sont que de quelques centaines de litres à l'heure.

Il faudra donc bien connaître la région à laquelle est destiné le matériel de forage. Si l'on s'intéresse à une zone assez large, le matériel choisi devra être plus performant pour pouvoir s'adapter à différents terrains, et à différentes profondeurs.

Dans cette zone de SAN, les forages sont réalisés en 6", 6 3/4 et même davantage, (10"), suivant le nombre des futurs utilisateurs. Leur profondeur va de 20 à 80 mètres (60 m. en moyenne), le niveau statique de 15 à 25 m., quant au débit : 3 à 4 m³/h, mais parfois beaucoup moins.

2) Les équipements pneumatiques :

a) Principe :

Un outil équipé de taillants, tourne autour d'un axe vertical à faible vitesse (20 à 110 tours/mn), et est animé d'un mouvement rapide de percussion (200 coups/mn).

Il n'y a pas de poussée sur l'outil. Rotation et percussion sont commandées par un moteur à air comprimé. Les déblais sont refoulés à la surface par jet d'air, d'eau ou de mousse.

b) Application :

Il s'agit des marteaux "hors de trou" et "fond de trou".

Le marteau hors de trou est placé au sommet de la glissière, sur le mat. Son piston frappe les tiges qui transmettent la percussion au taillant placé au fond du trou.

Sa taille n'est pas limitée par le diamètre du forage.

Cependant, il soumet le train de tiges à une fatigue excessive. C'est pourquoi on l'emploie peu au delà de 20 à 30 mètres.

Le marteau fond de trou frappe lui, directement sur les taillants. Les tiges assurent seulement la canalisation de l'air comprimé, ainsi que la rotation du marteau.

Comme il n'y a pas de poussée verticale sur le marteau :

- les tiges fatiguent peu.
- le mat de forage peut être assez léger.
- il y a moins de perte d'énergie au battage.

c) Fonctionnement du marteau fond de trou :

Chaque modèle a ses propres dispositifs. En général, une partie de l'air actionne le piston puis ressort à plus basse pression au niveau des taillants ; l'autre partie de l'air, est soufflé par des événements à très haute pression.

Ceci a pour rôle essentiel la remontée des cuttings (déblais). L'ensemble de l'air sert aussi à refroidir les taillants, et à les dégager rapidement des morceaux de roche broyées, donc d'en préserver la longévité.

Ce qui limite le rayon d'action d'un marteau fond de trou c'est :

- la capacité du mat de la plateforme à soutenir le poids du train de tiges,
- et surtout, la puissance du compresseur.

En effet, la difficulté n'est pas de faire fonctionner le marteau, mais de parvenir à refouler les déblais hors du trou. Plus le forage est de grand diamètre, plus il faudra

augmenter les débits du compresseur.

Avec certains marteaux on adjoint souvent à l'air de l'eau et des agents moussants, ce qui a un double but :

- consolider les parois,
- boucher les fuites dans le sol. Celles-ci absorbent en effet, une grande quantité de l'air injecté.

La pression du compresseur sera plutôt dépendante de la profondeur du forage.

Les taillants, à l'extrémité du marteau, sont à changer périodiquement, ou bien à recharger et à réafuter. Ceux-ci, sont plus larges que le corps du marteau et ce sont eux qui déterminent le diamètre du trou.

Exemple : - marteau de 136,5 mm
- tête allant de 152 à 254 mm

Nous donnons plus loin quelques chiffres de consommation d'air, ainsi que quelques prix.

d) domaine d'application :

Le marteau fond de trou excelle en terrains mi-durs (calcaires) ou durs. Par contre, en terrain non consolidé, il risque d'être enfouï par des éboulements.

En effet, les parois du puits ne sont ni maintenues, ni cimentées, mais aussi les cuttings en remontant tendent à les désagréger davantage.

Le marteau fond de trou est donc toujours utilisé en terrain bien consolidé en raison des très grandes vitesses de forage qu'il permet de réaliser (jusqu'à 20 m/h).

Lorsque le terrain devient mou et boulant, on passe alors en système rotary. De même en formations mixtes, il est plus sage de rester en système rotary.

C'est le foreur, qui en fonction de son expérience des terrains et de la foreuse, détermine les meilleurs moments pour changer de système.

3) Systèmes rotary

a) Principe :

Au fond du trou, l'outil taillant subi par l'intermédiaire des tiges, une rotation lente et une poussée vers le bas. Cette poussée est fournie, au début par la glissière, puis par le poids des masses-tiges placées juste au dessus de l'outil.

La pénétration s'effectue sans choc, uniquement par abrasion. Une circulation de boue est entretenue en permanence entre le fond du trou et la surface. La boue a entre autres, les fonctions suivantes :

- consolider les parois du forage (dépot et colmatage)
- remontée des cuttings
- refroidissement et lubrification des outils d'attaque.

Le système rotary est parfois utilisé en circulation d'air uniquement.

b) applications :

Les outils utilisés sont des outils à lames, à couronne diamantées, à "boutons" au carbure, à molettes (tricone).

La force qui s'applique sur la glissière et le mat (en poussée, puis surtout en retenue), ainsi que le couple de force qui commande la rotation des tiges, sont nettement supérieurs à ce qui est pratiqué en marteau fond de trou.

Donc :

- le mat ainsi que la glissière doivent être plus robustes.
- les moteurs de glissière et de rotation seront des moteurs hydrauliques et non plus pneumatiques.

On n'utilise ~~plus~~ le compresseur (sauf en cas particuliers de circulation à l'air). On dispose d'une centrale hydraulique commandée en général par le moteur du porteur.

A cette centrale sont asservies toutes les commandes des différentes fonctions. Les plus importantes sont :

- manoeuvre du mat
- poussée et retenue, remontée et descente de la glissière
- rotation
- calage de la plateforme

- treuil
- blocage et serrage des tiges
- pompe à boue parfois

La pompe à boue est un élément essentiel du forage rotary. Sa puissance détermine la vitesse de remontée de la boue (entre 20 et 40 mètres/mn). Cette vitesse conditionne la rapidité d'avancement du forage.

Comme le compresseur, la puissance de la pompe à boue est à choisir en fonction de la profondeur et du diamètre du forage.

Il y a deux types de pompes :

- à piston : fortes pressions : 70 à 120 bars
débits : 500 à 700 l/mn
- centrifuge : Nettement moins chères. Si l'on peut avoir des débits très importants, on est limité quant aux pressions obtenues.(35 bars).

Il existe une très grande gamme de pompes à boue. Celles-ci sont généralement sur le porteur. Elles peuvent être aussi actionnées par un moteur annexe.

Les puissances absorbées par les différentes fonctions d'un atelier de forage rotary (en 203 mm soit 8") sont à titre indicatif :

- rotation : 30 CV
- hydraulique : 40 CV
- pompe à boue : 40 à 80 CV
- total : 110 à 150 CV

Le moteur du camion porteur couvre en général très largement ces besoins en puissance. Il n'en est pas de même si on lui adjoint un compresseur, lequel absorbe une puissance de 200 à 450 CV et même davantage.

4) COMPARAISON DES DEUX SYSTEMES

Un atelier de forage possède habituellement les deux systèmes : marteau fond de trou et tête rotary. En effet, ces deux techniques se complètent bien suivant la nature des terrains.

En terrain dur, les têtes rotary abrasives sont d'une très grande lenteur. Le marteau fond de trou est lui, dans ce cas, un gage d'une grande vitesse. Il permet d'effectuer un forage de 100 mètres en une journée.

Il présente aussi l'avantage de ne pas occulter par colmatage les nappes de très faible débit. Il met en oeuvre des moyens plus simples, d'une technicité moins grande.

Le marteau fond de trou trouve ses limites :

- quand le terrain s'éboule
- lorsque l'on désire un forage de gros diamètre : dès que l'on descend on a alors besoin d'énormes compresseurs.
- en forage profond.

Le système rotary, en y mettant le temps, passe pratiquement toutes les couches géologiques, sauf peut-être les terrains plastiques très gonflants.

La boue colmate, mais agit aussi par sa pression pour maintenir les parois. Cette circulation de boue demande une attention constante. Son dosage, les additifs, les pertes de boue sont autant de problèmes supplémentaires.

On a aussi un matériel moins rustique. Moteurs et mécanismes hydrauliques sont délicats à l'entretien comme à la réparation.

Il faut aussi prévoir les approvisionnement en eau, en argile bentonite, etc...

Il apparait que marteau fond de trou et système rotary à circulation de boue, vont difficilement l'un sans l'autre.

5) VARIANTES AUX SYSTEMES CLASSIQUES

Le système idéal de forage serait de forer uniquement à l'air, avec un outil polyvalent, apte à forer tout type de formation géologique.

Plusieurs constructeurs ont étudié de tels matériels. Jusqu'à aujourd'hui, ces machines restent à l'état de prototypes et n'existent qu'en petit nombre d'exemplaires.

a) le système VPRH de FORACO

Il s'agit d'un système rotary à circulation inversée d'air. Le train de tige est en fait un train double tube. L'air est injecté dans le tube extérieur et remonte par le tube intérieur, entraînant les déblais.

Ce principe de circulation inversée est bien connu, et pratiqué pour un certain nombre d'avantages qu'il présente : Il permet, par système rotatif, de traverser à l'air certains terrains (zones aquifères en particulier).

La circulation inversée permet de repousser un peu plus loin les limites du forage à l'air en utilisation marteau fond de trou.

Le système VPRH ajoute à ce forage conventionnel à l'air, en circulation inversée, une action de vibration du train de tige et une action de vibro-percussion. Ces deux actions étant censées éliminer totalement les problèmes d'éboulement. Le train de tiges, en vibration, constitue pratiquement un tubage du trou.

Il semble en fait que cette mise en vibration pose de sérieux problèmes au delà des premières dizaines de mètres. Ce système n'est pas encore au point.

b) le système ODEX de ATLAS et SANDVICK

L'idée est de tuber le forage en même temps que l'on fore : le tube descend, sans rotation, à quelques centimètres derrière le taillant.

Comme on tube aussitôt, il n'y a plus de risques d'éboulement. On passe ainsi tous les terrains.

Ce système mérite notre attention. Nous n'avons pu obtenir de certitude quant à sa bonne fiabilité, car il n'y a qu'un petit nombre d'ateliers de ce type en fonctionnement. Toutefois, nous n'avons pas eu d'échos négatifs.

Le système ODEX présente, de par sa conception, un champ d'application restreint :

- le diamètre du trou est fixé : 142 mm (5"1/2)
le diamètre intérieur du tube est de 115 mm (4"1/2)
C'est un petit diamètre qui ne permet pas de placer de pompe électrique de grosse puissance : 10 m³/h maximum à 65 m (exemple BREGUET KSB CORA A325/3).
- le temps de forage est somme toute long, car il faut ensuite retirer les tubes et les remplacer par un tubage PVC par exemple.
- Si on laisse les tubes ODEX en place, ce qui est le plus simple, nous avons alors un tubage dont le coût est prohibitif : il s'agit de tubes spéciaux (épais).

Exemple :

- . 50 m tubage ODEX : 30 000 F
- . 50 m tubage PVC : 4 000 F

- Un train de tube se fatigue et s'use. Ceci, en raison des frottements latéraux sur les parois du forage, en raison du poids à soutenir, etc...
Même en faisant une soigneuse permutation des éléments de tube, l'ensemble de la colonne est à changer après 1200 mètres de forage réalisés, soit une vingtaine de forages.
- Cela représente donc un surcoût : au minimum 1 300 F pour un forage de 50 m, mais vraisemblablement un peu plus. A cela, ajoutons que le temps de forage est rallongé. Il faut compter aussi le transport, l'approvisionnement et le stockage de l'ensemble de ces tubes.

Ceci dit, le système ODEX semble représenter, malgré toutes ses limites, une alternative au système rotary avec circulation de boue.

Lorsque l'on est dans une région où une forte proportion des forages sont réalisables en marteau fond de trou seul, on peut opter pour le système ODEX en complément du marteau.

On a ainsi l'avantage d'avoir un équipement uniquement pneumatique.

6) DESCRIPTION DE QUELQUES MATERIELS

a) chariot de forage sur chenille. DEMAG CRD 45

C'est un engin de carrière, travaux routiers et fondations. Déplacement autonome à 4 km/h. Il peut remorquer son compresseur.

Il est équipé :

- soit d'une perforatrice lourde. profondeur maxi : 30 m
- soit d'un marteau fond de trou : \emptyset maxi foré : 115 mm
profondeur : 60 m

Travaille uniquement à l'air. Soufflage réglable par vis de 3,5 à 6,5 mm.

moteurs pneumatiques (chenilles) et moteurs hydrauliques à commande pneumatique.

Compresseur : . 7 bars : 8 à 14 m³/mn
.12 bars : 13 m³/mn (SC 141 DS)

b) Aquadrill 461 ou 661 DE ATLAS COPCO

Engins uniquement pneumatiques de forages entre 50 et 100 m. Il n'y a aucune hydraulique.

C'est un bati à monter sur le camion de son choix, le constructeur recommandant même un véhicule d'occasion.

2 marteaux fond de trou adaptables :

- COP 4 : trou de 102 à 152 mm (4" à 6")
- COP 6 : trou de 152 à 216 mm (6" à 8"1/2)

Peut travailler en marteau hors de trou (jusqu'à 127 mm)

Peut réaliser des injections d'eau ou de mousse

L'aquadrill 461 admet le système ODEX : trou de 142 mm

Performance : 120 m en 216 mm.

Compresseur : 21 m³ à 20 bars, mais 12 bars peuvent suffire.

Peuvent assurer la formation d'un foreur au système ODEX.

Matériel suédois assez répandu.

c) tracteur ou camion SIS 66 de FORACO

Le tracteur comporte la même foreuse que le camion. Il s'agit d'un tracteur à pneus qui se déplace à 30 km/h. Il s'agit d'une foreuse mixte mais relativement simple et robuste (exemple l'hydraulique est de basse pression)

Fore en 150 mm et jusqu'à plus de 200 mm (6" et 8"), suivant le débit du compresseur.

La tête de rotation est à entraînement mécanique.

Réalise forage à l'air au tricône à pastille de carbure, aussi.

Pompe à boue : soit à piston : 700 l/mn 105 bars (12")
soit centrifuge: 150 l/mn 35 bars (8")

Plusieurs exemplaires travaillent en Côte d'Ivoire et au Mali, soit dans des sociétés FORACO, soit ailleurs.

Ce matériel semble avoir fait ses preuves en Afrique.

d) Failing 1 250 de LINDQVIST

Ce matériel ressemble assez au précédent quoique un peu plus sophistiqué.

Il s'agit d'une foreuse sur camion (6 x 6).

Mixte : fond de trou et rotary

Pompe à boue : piston : 500 l/mn à 20 bars

- 150 l/mn à 70 bars

centrifuge : 1800 l/mn à 4 bars.

Comme le fait également FORACO, LINDQVIST assure la mise en service de l'équipement sur place

LINDQVIST possède 80 ateliers de forage en Afrique de l'Ouest, dont en Afrique francophone :

Côte d'Ivoire	: 4
Mali	: 3
Haute Volta	: 1
Niger	: 1

e) ROTAMEC 1 302 de ATLAS COPCO

Même genre de matériel. Système ODEX possible.

f) HAUSHERR

Propose un matériel plus sophistiqué, mal adapté au forage d'eau.

L'ensemble de ces matériels de forage fait l'objet d'un tableau récapitulatif en annexe.

On trouvera également en annexe quelques chiffres concernant les marteaux fond de trou.

2) LES COMPRESSEURS

Il sont utilisés pour travailler avec le marteau fond de trou, ou au tricône à l'air (lors d'un agrandissement par exemple).

La capacité du compresseur détermine la profondeur du forage réalisable, pour un diamètre donné.

Le choix d'un compresseur dépend des paramètres de vitesse de remontée que l'on se donne, et aussi des types de terrain rencontrés. On doit donc se fier plus à l'expérience des foreurs qu'aux normes maxima des fiches techniques.

la pression :

Une pression élevée induira une grande vitesse d'avancement :

- la vitesse de remontée sera plus grande
- l'outil travaillera plus aisément, ayant moins de poids de cutting sur lui
- l'outil de ce fait s'usera moins rapidement

Même pour une vitesse d'avancement choisie lente, on ne pourra descendre au dessous d'une certaine pression

S'ajoutent en effet :

- la hauteur géométrique des cuttings (ou de l'eau) à remonter. 70 mètres par exemple demandent 7 bars
- les pertes de charge lors de l'amenée de l'air jusqu'au marteau : 15 % environ.
- les pertes de charge lors de la remontée des cuttings soit 20 % environ.
- un excédent de pression étant nécessaire pour obtenir une vitesse minimale d'extraction.

Voici les valeurs généralement admises en marteau fond de trou :

- 7 bars	forage jusqu'à	30 à 40 mètres maximum
-10 bars	"	" 50 METRES
- 18 bars	"	" 70 "
- 20 bars	"	" 100 "

le débit :

Celui-ci dépendra essentiellement du volume de l'espace annulaire de remontée (volume du forage diminué du volume des tiges) et des fuites dans le sol.

L'emploi de mousse permettra une diminution des débits nécessaires. En marteau fond de trou :

- 160 mm (6"1/4)	:	20 m ³ /mn
- 121 mm (4"3/4)	:	10 m ³ /mn

Il faut de plus compter l'air qui actionnera la table de rotation lorsque celle-ci est pneumatique.

A titre indicatif, on trouvera en annexe, quelques données chiffrées sur différents types de compresseurs. L'ensemble des matériels décrits sont des compresseurs à vis.

Il existe des compresseurs à piston, mais ceux-ci sont à basses pressions pour de faibles débits. On ne les utilise pas en forage d'eau. Le système à vis les supplante d'ailleurs de plus en plus. A titre d'exemple, le compresseur à piston DW 70 de SPIROS n'est plus fabriqué.

Couplage de deux compresseurs :

Si l'on est amené à coupler deux compresseurs, c'est pour augmenter le débit fourni. Il faut que ce soient deux compresseurs travaillant à la même pression.

Il n'est pas possible d'augmenter la pression fournie, car il n'existe pas de "surpresseur" pour cet usage.

Le couplage n'est pas recommandé car l'achat de deux compresseurs est plus cher que l'achat d'un compresseur de débit plus élevé.

De plus, vu la durée assez courte de réalisation d'un forage, on ne peut imaginer séparer les deux compresseurs. Si au début du forage un seul peut travailler, très rapidement on aura besoin des deux ensemble. Le prix est plus élevé, leur déplacement en est plus compliqué, l'usure et l'entretien doublés.

En cas de couplage, s'il s'agit de deux compresseurs de même type (à piston ou à vis) un réservoir tampon n'est pas forcément nécessaire. Il suffit de brancher le régulateur de chacun des deux compresseurs sur le pressostat de l'un des deux. (L'autre pressostat est mis hors circuit). C'est le cas des compresseurs SPIROS.

Certains constructeurs quant à eux, préfèrent s'assurer d'un réservoir tampon (50 à 100 litres), les deux compresseurs étant branchés sur la cuve.

Dans le cas de deux appareils de conception différente, cela est indispensable.

8) LE PORTEUR

L'équipement de forage doit être monté sur un camion ou un tracteur porteur qui sera obligatoirement un véhicule tout terrain.

Les unités de forage habituelles sont montées sur camion à 6 roues motrices. Le moteur du camion servant à fournir la puissance au système hydraulique, parfois au compresseur. Dans ce dernier cas, comme on a besoin de très gros compresseur, on en arrive très rapidement à des moteurs énormes pour le porteur (450 CV) ; il devient alors plus rentable que le compresseur soit équipé de son propre moteur.

On rencontre souvent le compresseur à côté du camion porteur car, pour l'installer sur la plateforme du camion, cela demanderait des véhicules spécialement longs, donc chers.

Il existe aussi toute une gamme de foreuses sur chenilles (marteau fond de trou). Leurs performances sont plus

limitées quoique pouvant parfois entrer dans le créneau qui nous intéresse.

Exemple : Sondeuse SIMCO 4 000 TR2 de LINDQVIST qui fore à 100 mètres en 5" (127 mm).

Le problème de ces tracteurs est leur déplacement d'un forage à l'autre. Ils ne peuvent effectuer le déplacement seuls (4 km/h).

FORACO propose sa foreuse SIS 66 sur camion ou sur tracteur à roues, lequel peut se déplacer à 30 km/h, donc, dans une même zone restreinte assurer son déplacement propre.

Toutefois, de grands déplacements (révision, réparation ...) nécessitent un porte-char.

Sur un tracteur, la place pour l'équipement est réduite (pompe à boue etc...). De même, il ne pourra pas transporter de tubes.

Le camion nous semble donc préférable. Il constitue toujours un gros poste dans l'équipement total de forage (1/3 foreuse, 1/3 compresseur, 1/3 porteur).

ATLAS COPCO propose sa foreuse, ODEX ou non, sur châssis adaptable à presque tout type de camion, en conseillant d'utiliser un véhicule d'occasion. Son poids relativement faible (2,5 à 3 tonnes plus 1 à 1,5 tonne pour les tiges) peuvent effectivement permettre l'utilisation d'un camion porteur relativement bon marché.

D'une façon générale, un matériel de forage uniquement pneumatique demandera un équipement moins lourd en foreuse, donc en porteur.

9) AUTRES EQUIPEMENT D'UN ATELIER

Un atelier de forage complet doit, pour fonctionner efficacement, être équipé de véhicules complémentaires :

- un camion citerne, lors d'un forage à la boue ou à la mousse.
- un camion transportant le compresseur, une partie

des tubes et tout l'équipement. Un tel camion tout terrain peut être équipé d'un bras de levage, ce qui permet de remplacer le camion citerne par une citerne simple que l'on dépose pour transporter le reste.

- une voiture tout terrain.
- le logement des foreurs (tentes, caravanes...).

10) LES PRIX

Pour un équipement aux performances similaires, les prix entre différents fabricants sont à peu près les mêmes. Une augmentation de coût signifie généralement un matériel plus performant.

Ce n'est pas le prix qui sera le critère de choix entre différentes marques, mais bien le type de matériel proposé, et l'implantation de ces matériels dans les pays destinataires.

Les prix donnés en annexe servent à déterminer un ordre de grandeur pour un type d'équipement. Ils peuvent varier beaucoup, car il y a peu de matériel standard en la matière.

On trouve aussi d'importantes variations suivant le type des équipements complémentaires choisis : porteur, compresseur, pompe à boue.

Pour avoir, en matière de prix, des chiffres très précis, la meilleure solution est de faire établir par deux ou trois maisons un devis pour un matériel dont les performances auront été bien définies : profondeur, diamètres du trou etc...

Les matériels non compris dans le devis faisant l'objet par le fournisseur, d'une définition très précise.

A N N E X E S

- 1 : tableau comparatif des matériels de forage
- 2 : différents types de compresseurs
- 3 : marteaux fond de trou (MISSION)
- 4 : pompage d'eau sur forage

ANNEXE 1

LES MATERIELS DE FORAGE

		DEMAG	ATLAS		FORACO	LINDQVIST	HAUSS HERR	
	Unités	CRD 43	Aquadrill		Rotamec	SIS	Failing	HEM
			461 ODEA	661	1302	66	1250	120
Diamètre du forage								
- minima	mm	90			105			105
- usuel	mm	-	142	194		152	159	
- maxima	mm	120		216	216	200	216	146
Profondeur	m	60	120	120	200	150	120	200
Commandes essentiellement								
- pneumatiques	P	P	P	P				
- hydrauliques	H	(H)	(H)	(H)	H	H	H	H
Outil :								
- Marteau fond de trou	MFT	FT	FT	FT	FT	FT	FT	FT
- Rotary	R				R	R	R	R
Force poussée maxi	Tp	1,8	3,4	3,4	13,3	8,4	9	12
Rotation								
- vitesse	tr/mn	45	-	-	7-80	10-350	15-220	150-200
- couple	mkg	90	200	200	1285	750	1530	-
Poids								
- avec camion	t	-	-	-	19	-	-	-
- sans porteur	t	-	2,3	2,4	-	-	-	-
- tracteur chenille	t	4,8	-	-	-	-	-	-
Compresseur conseillé								
- débit	m ³ /mn	12,5	21	21	21	14	22	12
- Pression	bar	10,5	20	20	20	10,5	17	10

PRIX EQUIPEMENTS DE FORAGE

F.H.T

1 <u>Tracteur chenille DEMAG</u>			672 000 F
- tracteur CRD 45	=	360 000 F	
- marteau 0 3 1/2	=	10 500 F	
- tiges - raccords	=	40 000 F	451 000 F
- pièces détachées 10 %	=	41 000 F	
- compresseur	=		228 000 F
2 <u>Tracteur à roue . FORACO</u>			1 001 000 F
- tracteur	=	530 000 F	
- marteau 6	=	40 000 F	
- outils marteau	=	5 000 F	
- tiges forage 4 1/2	=	46 000 F	701 000 F
- raccords et divers	=	16 000 F	
- pièces rechange 10 %	=	64 000 F	
- compresseur	=		300 000 F
3 <u>Idem sur camion</u>environ			1 800 000 F
4 <u>Failing 1250 avec camion</u>			1 750 000 F
- camion porteur 6x6	=	400 000 F	
- foreuse (pompe centrifuge)	=	575 000 F	
- marteau, tiges, tricone	=	250 000 F	
- pièces rechanges 10 %	=	82 500 F	
- compresseur	=	250 000 F	
- transport USA	=	190 000 F	
5 <u>Aquadrill 4G1 système ODEX</u>			1 082 000 f
- camion estimé à	=	150 000 F	
- foreuse	=	232 000 F	
- équipement ODEX 60 m	=	100 000 F	530 000 F
- pièces rechange 10 %	=	48 000 F	
- compresseur grosse capacité	=		550 000 F
6 <u>Aquadrill 661</u>			1 109 000 F
- camion porteur estimé à	=	150 000 F	
- foreuse	=	253 000 F	
- marteau 6	=	45 000 F	559 000 F
- équipement (tiges...)	=	60 000 F	
- pièces rechange 10 %	=	51 000 F	
- compresseur	=		550 000 F

ANNEXE N° 2

DIFFERENTS TYPES DE COMPRESSEURS

Marque	Référence	Pression	Débit	Puissance absorbée	Longueur hors tout	Poids vide	Prix H.T
		bar	m ³ /mn	cv	m	T	
CREYSSENSAC	CRV 570	7	9,4	75			89 767
ATLAS	XAS. 160 Db	7	9,5	112	4,4	2,0	-
CREY SSENSAC	CRV 1000	7	16	125			138 293
SPIROS	SC 17 DS	7	16,5	167	4,9	3 3	228 000
SPIROS	SC 23 D	7	22	200	5,1	4,0	287 000
SPIROS	SC 101 D	10	8,5	112	4,5	2,0	182 000
CREYSSENSAC	CRV 1500	10	18,0	180			188 278
ATLAS	XRS 210	10	12,6		3,7	3,4	
SPIROS	SC 141 DS	12	12,9	167	4,9	3,3	228 000
ATLAS	XRS 350	12	21,0		4,2	4,	
(LINDQVIST)		17	22	430			(250 000)
ATLAS	PRH 700	20	19				380 000
ATLAS	XRH 350	20	21	(450)	4,2		550 000

ANNEXE N° 3

MARTEAUX FOND DE TROU MISSION

- . S'adaptent à toutes foreuses notary
- . Pression de 7 à 17,5 bars
- . Possibilité de faire des injections d'eau ou de boue

Consommation d'air (en m³/mn)

Type	diamètre marteau (mm)	7 bars	10,5bars	14 bars	17,5 bars)
A 30 - 15	76,2	3	5	6	8
A 34 - 15	89,7	4	6	7	9
A 43 - 15	111,1	5 - 8	8 - 12	11 - 16	16 - 23
B 53 - 15	136,5	11 - 14	13 - 19	18 - 25	22 - 31
A 63 15	161,9	14 - 21	16 - 27	22 - 36	31 - 48

Diamètres forés et prix

marteau	Ø de forage		Prix (F)		
	(mm)		mar- teau	taillant	total
type	mini- mum	maxi- mum			
	92	102	14500	1800à2100	-16600)
	102	120	16700	2100-2900	-19600)
	127	146	30100	3800-4300	-34400)
	152	254	33200	6200-18400	39400-51000)
	194	305	47300	9400-24500	50700-71000)

ANNEXE 4

Le pompage sur forage :

On prend pour hypothèse un niveau statique à 25 mètres. La hauteur manométrique totale à considérer sera le somme de :

- cote du niveau statique (25 m)
- rabattement pour le débit considéré
- hauteur du chateau d'eau de réception
- pertes de charge

Selon les besoins, le forage peut être équipé de pompe à main, pompe à moteur, ou pompe électrique.

a) pompe à main :

Exemples :

	diamètre ext. pompe	débit à 30 m	prix (environ)
NEPTA de GRIAU	95 mm	1,8 m ³ /h	5 000 F
VERGNET de SOFRETES	95 mm	1,3 m ³ /h	5 000 F

b) pompe à arbre vertical

Les pompes de ce type sont plus fiables que les pompes électriques, car il n'y a pas de moteur dans le corps de pompe. De plus, toute la partie électrique (générateur ...) est supprimée.

Son rendement global sera également meilleur que celui d'une électropompe.

Par contre, quelques pertes de charge supplémentaires sont à prendre en compte, dues à l'arbre de transmission (3 m pour 30 m de refoulement).

Ces pompes ne peuvent être placées que dans des forages bien verticaux et rectilignes.

L'arbre de transmission entraîne un surcoût de la pompe qui va croissant avec la profondeur. Etant donné que le moteur

de surface est moins onéreux qu'un groupe électrogène complet, l'installation d'une pompe à arbre vertical est concurrentielle à celle d'une électropompe jusqu'à 30 à 40 mètres environ.

Au delà, l'investissement est plus important, mais le gain en fiabilité et en longévité peut le justifier.

Exemple : pompes Caprari

référence	forage Ø	H.M.T. (m)	débit m ³ /h	Puissance absorbée	puissance moteur
P7C/4/20/3A	7 "	31	108	20 CV	27 CV
"		44	84	19	27
P8C/5/24/3A	8 "	43,5	156	35	45

La plus petite pompe est en 6 " (152 mm)

Leur prix :

	la pompe et ses accessoires F	arbre transmission F/ml
P7C	12 030	343
P8C	15 245	450

Le prix comprend tous les accessoires de transmission, dont la tête de pompe en surface. A cela ne s'ajoute que le prix du moteur ad hoc.

c) Les électropompes

Ce sont des pompes électriques immergées. Elles se prêtent bien aux grandes profondeurs, et dans le cas de forages coudés.

L'étanchéité du moteur pose parfois certains problèmes, avec le temps.

Exemple : ALLWEILER

référence	débit à 30 m	diamètre pompe	puissance nominale		Prix
	m ³ /h		mm	kw	a
K64/4S	20	140	4	9,6	9 130
SCH/20/5S	50	145	7,5	16,8	12 530
K86/2/S	100	192	17	35,5	11 760

Exemple : GUINARD

référence	débit à 30 m	diamètre forage	puissance nominale		Prix
	m ³ /h		mm	kw	F
SPL6/30/2	20	152	3,7		6 300
SPG6/55/3	50	152	7,5		11 100
SPG8/80/3	80	203	11		12 600
SPG8/130/2	100	203	15		18 400
SPG8/130/3	150	203	22		21 800

Les prix ne comprennent pas le tube de refoulement de l'eau, ni le câble d'alimentation.

Au démarrage, l'intensité est 6 fois celle du débit nominal. Voici à titre indicatif quelques prix de groupes électrogènes (moteur diesel Deutz).

Puissance nominale pompe	puissance groupe électrogène	Prix
4 kw	15 KVA	36 800 F
13 kw	35 KVA	48 280
19 kw	50	61 400
22 kw	80	73 100