

REPUBLIQUE DU NIGER

Fraternité – Travail – Progrès



MINISTRE DE L'AGRICULTURE

Techniques de fonçage des forages maraichers manuels



Ce document est la propriété du Ministère de l'Agriculture appuyé par la Coopération Allemande. L'utilisation commerciale de ce document est strictement interdite.

Avant- propos

Conscient de la valeur du potentiel de la petite irrigation en tant que vecteur du développement du secteur économique rural, l'Etat nigérien a mis en place des politiques qui ont favorisé l'émergence des initiatives prometteuses de prestations de services privés (services conseils, approvisionnement en intrants, fabrication et réparation des pompes, crédit) à côté de celle jouée par les structures étatiques mises en place. La priorisation du développement de toutes les formes d'irrigation est aujourd'hui considérée comme un moyen pour accroître la résilience des producteurs agricoles ruraux et renforcer la stabilité économique locale et nationale, malgré la faiblesse observée des résultats en termes d'appropriation des technologies et d'autonomisation des producteurs.

Ainsi pour asseoir une base durable au sous-secteur de la petite irrigation, le Ministère de l'Agriculture (MAG), a décidé d'élaborer une stratégie spécifique dénommée « Stratégie de la Petite Irrigation au Niger » (SPIN). Cette stratégie fédératrice des interventions en milieu rural adoptée en avril 2012 marque une volonté politique forte pour un changement durable des interventions dans le secteur agricole.

La mise en œuvre de la SPIN est appuyée par le Programme de la promotion de l'agriculture productive (PromAP). Ce programme de la coopération bilatérale nigéro-allemande vise à ce que la contribution de l'agriculture nigérienne à la croissance économique et à la sécurité alimentaire soit durablement améliorée.

Conformément aux orientations de la SPIN, le PromAP a appuyé le Ministère de l'Agriculture à développer une démarche stratégique de la formation des prestataires de service étatiques et privés sur la base des analyses de besoins des acteurs dans le cadre de la petite irrigation à tous les niveaux. Ce « Plan Stratégique de Renforcement des compétences des Acteurs de la Petite Irrigation » (PSRA-PI) prévoit l'élaboration de curricula et modules de formation officiellement reconnus. Il vise l'amélioration de la performance des acteurs de formation en petite irrigation afin de délivrer des formations de qualité. Avec en plus le développement de standards professionnels et de critères de qualité pour les prestataires, il est envisagé d'établir une offre de qualité en prestations aux producteurs/productrices dans le domaine de la petite irrigation.

Le présent document s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du PSRCA-PI. A participé à la rédaction/édition :

ISSOUFOU MAZADOU Mamane Sani

Cel : 96 35 56 60 / 90 45 43 00

Email : mazadou@gmail.com

Sommaire

INTRODUCTION	2
I. GENERALITES	3
1. Historique des forages maraichers au Niger	3
II. FORAGE MARAICHER MANUEL	4
1. Définition	4
2. Les parties d'un forage maraicher	4
3. Caractérisation d'un forage maraicher	4
4. Les matériaux d'équipement d'un forage maraicher	4
III. LES CRITERES DE CHOIX DU SITE D'IMPLANTATION	8
1. La reconnaissance des sols et choix d'un site d'implantation de forage	8
2. Les caractéristiques des sols en fonction de leur texture	9
3. La coupe d'un forage	11
IV. ORGANISATION DU CHANTIER	15
1. Rôle et fonctions des responsables sur le chantier	15
2. Préparation et organisation du poste de travail	16
3. Organisation des travaux	17
V. LES TECHNIQUES DE FONÇAGE DE FORAGE MANUEL	19
1. Définition des méthodes d'exécution	19
2. Les principes de base de construction d'un forage manuel	19
VI. LES TECHNIQUES DE FONÇAGE DE FORAGE	22
1. Le forage manuel à la tarière	22
2. Le forage à la percussion	32
3. Le forage à la boue	45
4. Le forage au lançage à eau	59
5. Avantages et inconvénients des différentes techniques	69
VII. LE DÉVELOPPEMENT DU FORAGE ET LES ESSAIS DE	71
1. Le développement du forage	71
2. Les essais de débit – La productivité du forage	73
VIII. LES CONSEILS PRATIQUES D'UTILISATION ET D'ENTRETIEN	75
IX. COUT INDICATIF DE FORAGES MANUEL	77
GLOSSAIRE DES TERMES TECHNIQUES	78
Références	80
ANNEXES	81

INTRODUCTION

Le présent manuel est élaboré dans le cadre de la mise en œuvre du plan Stratégique de renforcement des Compétences des Acteurs de la Petite Irrigation (PSRCA-PI) initié par le Ministère de l'Agriculture avec l'appui du PromAP à travers sa composante 2 : Renforcement des capacités des prestataires de services pour la petite irrigation qui a pour objectif d'améliorer les services rendus par les prestataires étatiques et privés dans le domaine de la petite irrigation.

Ce manuel est destiné aux prestataires de services en charge du renforcement des capacités des producteurs et de leur organisation dans le domaine de la petite irrigation. Il donne aux formateurs des références théoriques et pratiques pour mettre en œuvre des actions de formations destinées notamment à des producteurs et leurs organisations.

Ce manuel est complété par deux supports pédagogiques à destination différente (prestataires de services et producteurs) et un cahier de formateur. Le cahier du formateur propose à chaque étape les connaissances et les techniques de base nécessaire à l'élaboration des plans de déroulement de modules, à l'animation des séquences de formation et à l'élaboration des épreuves d'évaluation des apprentissages.

I. GENERALITES

1. Historique des forages maraichers au Niger

Les premiers forages manuels répertoriés au Niger ont été installés en 1963 par Richard Koegel dans un centre de formation agricole à Maradi. Cette expérience a encouragé la duplication des installations, et entre 15 et 20 forages ont été effectués par des Volontaires du Corps de La Paix et des missionnaires en utilisant les outils développés par Koegel.

Aux travaux du Peace Corps a succédé à la fin des années 80 un projet du Lutheran World Relief (LWR) dont l'objectif était d'introduire le forage à tarière dans le district de Magaria, dans l'Est du Niger, dans un premier temps, puis dans le Sud du pays, dans les districts de Foulan Koiran, Birni N'Konni et Balleyara.

En collaboration avec les puisatiers et fabricants locaux, Jon Naugle (LWR) s'est fait le champion du développement et de la promotion de cette technologie.

En 1996, suite à la campagne conduite par LWR et d'autres organisations, on estimait à 3 500 le nombre de puits forés à la main dans le Sud du Niger.

Par la suite trois grands projets ont incité les entreprises et les agriculteurs nigériens à adopter la technique du forage manuel de puits :

- i. Le projet Basse Vallée de la Tarka, conduit dans la région de Madaoua de 1992 à 2000, a été financé par l'Union européenne, A travers ce projet, les forages manuels et les motopompes destinées à l'irrigation ont été vulgarisés. Vers le milieu des années 90, grâce à l'expérience acquise au cours de ce projet, le Ministère de l'Agriculture a reconnu le forage manuel comme un élément de l'irrigation à petite échelle ;
- ii. Le projet pilote de promotion de l'irrigation privée (PPIP I), financé par la Banque mondiale, a débuté en 1997 et s'est achevé en 2001 ;
- iii. Le projet de promotion de l'irrigation privée (PIP II), qui s'inscrit dans la suite du PPIP I, a démarré en 2002 et s'est achevé z, 2007.

II. FORAGE MARAICHER MANUEL

1. Définition

Le forage maraîcher est un trou creusé dans le sol dont les parois sont stabilisées par un tuyau à diamètre variable, c'est un ouvrage de mobilisation de l'eau d'irrigation.

2. Les parties d'un forage maraîcher

En général le forage est composé de deux parties à savoir :

- Le cuvelage, tuyau plein dans la partie hors aquifère ;
- Le captage, tuyau à crépine (troué) dans l'aquifère recouvert d'un tissu filtre.

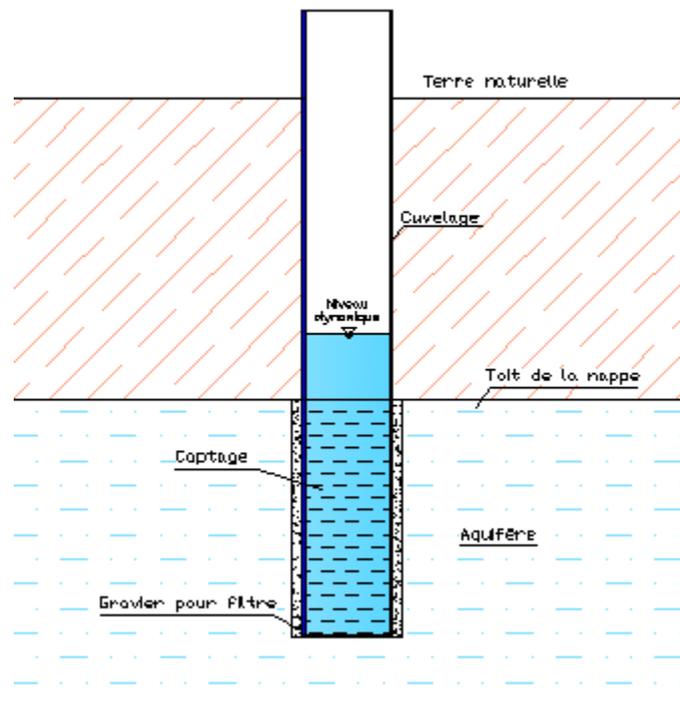


Image 1 : Coupe d'un forage

3. Caractérisation d'un forage maraîcher

Les forages destinés à l'irrigation de superficies cultivées en maraîchage présentent les caractéristiques suivantes :

- Un diamètre de 50 à 160 mm ;
- Une profondeur de 4 à 15 m ;
- Un débit de 1,5 à 5 l/s ;
- Une durée de vie estimée à 10 ans.

4. Les matériaux d'équipement d'un forage maraîcher

On peut retenir 3 équipements qui interviennent dans la réalisation d'un forage maraîcher.

a) Le tuyau

Il existe différentes qualités de tuyaux en PVC, du tuyau d'évacuation bon marché (avec fabrication de la crépine à la scie) au tuyau PVC coûteux de haute qualité dont les crépines sont faites à l'usine.

Quelques critères à considérer dans le choix d'un tuyau pour forage maraîcher :

- la connaissance du terrain (coupe stratigraphique du sol)
- le diamètre du tuyau doit s'adapter à celui de la motopompe. (le tuyau d'aspiration doit pouvoir rentrer dans le diamètre interne du tuyau d'équipement du forage)
- la superficie à emblaver
- du budget du producteur (bon marché ou cher)
- le diamètre et l'épaisseur des tuyaux

En ce qui concerne le diamètre et l'épaisseur des tuyaux, Il existe deux principaux standards reconnus internationalement : les systèmes métrique (en mètres) et anglais (en pouces). Cependant, dans chaque pays la taille réelle en millimètres est différente de la taille donnée en pouces par l'usine. A titre indicatif, vous pouvez utiliser le tableau ci-contre. Selon le diamètre et les besoins en eau les équipements les plus utilisés sont :

Dimension nominale en inch.	Système métrique		Système anglais	
	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
1 1/2"	40	33	48,1	40
2"	63	55	60,2	52
2 1/2"	75	65	75	65
3"	90	80	88,7	78
4"	110	98	114,1	102
5"	125	116	140	130
6"	160	148	168	154
8"	225	210	219	204

□ **Important : l'épaisseur des parois des tuyaux de tubage doit toujours être supérieure à 3 mm. Si on utilise une paroi plus fine dans des forages profonds, les tuyaux pourraient se casser facilement.**

Deux types tuyaux sont utilisés pour équiper un forage maraîcher :

- Le tuyau plein : il est destiné au cuvelage pour la stabilisation des parois du forage hors aquifère.



Image 2 : Tuyau plein PVC



Image 3 : Tuyau mâle et femelle

- Tuyau crépine : c'est un tuyau à fente, placé dans l'aquifère pour capter l'eau. Les fentes sont les ouvertures dans la crépine qui permettent à l'eau de pénétrer dans le forage. En théorie, la taille des fentes (leur largeur) doit être plus petite que la taille moyenne des particules du sol. Toutefois, dans certains pays il n'existe qu'une seule taille standard de fente (1 mm). Pour des forages à faible coût, il

est possible de faire les fentes soi-même en utilisant une scie (voir ci-dessus). Pour une crépine de 100 mm, on dessine sur toute la longueur du tuyau 6 lignes parallèles, distantes entre elles d'environ 4-5 et 6-7 cm (voir image 3). On scie les fentes entre les lignes distantes de 6-7 cm. La distance entre chaque fente devrait être d'environ 1 cm (la distance entre les fentes et les lignes parallèles dépend de l'épaisseur des parois du tuyau, pour éviter qu'il ne se casse).

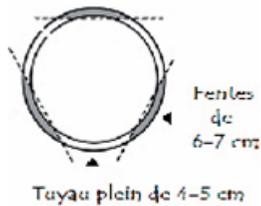


Image 4 : Plan de coupe des fentes



Image 5 : Tuyau crépine à l'usine



Image 6 : Tuyau crépiné traditionnellement

L'assemblage des tuyaux

En général, la plupart des tuyaux sont raccordés et collés par un système d'emboîtement male-femelle (voir image 3). Les tuyaux haut de gamme avec une épaisseur de paroi d'au moins 5 mm sont généralement filetés. Quand les tuyaux sont assemblés par collage, il est très important de bien nettoyer et de poncer l'extrémité male (extérieur) et l'extrémité femelle (intérieur) avant d'étaler la colle. Puis, étalez une importante quantité de colle sur les 2 extrémités et emboîtez les tuyaux rapidement l'un dans l'autre.

La longueur réelle des tuyaux

Soyez conscient que les emboîtements male-femelle et les filetages influencent la longueur totale du tuyau. En d'autres termes, un tuyau de 6 mètres se réduira à 5,80 mètres, une fois collé à un autre tuyau. Quand on installe des tuyaux dans un forage de 30 mètres de profondeur, on peut ainsi créer une différence de plus d'un mètre, ce qui peut changer la position réelle de la crépine.

b) Le décanteur

Pour augmenter la durée de vie du forage, il est recommandé d'attacher en bas de la crépine un décanteur de 1 mètre de long, dans lequel les particules de l'aquifère rentrant dans le forage pourront décanter, sans bloquer la crépine ni la pompe. Le décanteur consiste simplement en un tuyau plein en PVC d'1 mètre, fermé à son extrémité inférieure. Pour fermer le bout du décanteur, on peut utiliser un bouchon fait en usine, en bois ou en PVC. Sinon, on peut également fermer le bout du décanteur en le coupant et en le pliant. Faites 4 entailles dans la partie inférieure du décanteur et chauffez-les. Pliez les 4 parties vers l'intérieur et laissez-les refroidir (voir la photographie). Vous pouvez également couper 6 à 8 morceaux triangulaires, puis plier les parties restantes en forme de pointe. Le fait de réaliser une pointe réduit le risque de frottement contre les parois du trou lorsque le tuyau d'équipement définitif est descendu dans le trou. Pour sceller complètement le bas du décanteur, versez 10 cm de mortier à l'intérieur.



Image 7 : Bouchon du tube de décantation

c) Le massif filtrant

Le massif filtrant remplit l'espace entre l'aquifère (les particules de sable) et la crépine (empêchant ainsi les parois du forage de s'écraser contre la crépine) et sert à filtrer les fines particules de sable pour les empêcher de pénétrer dans le forage. Le gravier doit avoir une certaine taille (en général entre 1,5 et 3 mm), légèrement plus grande que la taille des fentes de la crépine, mais pas plus que deux à trois fois plus grande. Le gravier de la bonne taille ressemble plus à du sable assez grossier qu'à du gravier. Les grains sont meilleurs quand ils sont arrondis. De tels matériaux se trouvent souvent dans le lit des rivières ou sur les rives d'un lac. La meilleure manière de préparer un bon massif filtrant est de le tamiser aux tailles maximum et minimum (les grains trop petits ou trop grands sont ainsi éliminés).



Image 8 : Le calibrage du massif filtrant

III. LES CRITERES DE CHOIX DU SITE D'IMPLANTATION

1. La reconnaissance des sols et choix d'un site d'implantation de forage

Quand une équipe de forage est amenée à travailler dans une nouvelle région, il est important qu'ils soient en possession d'informations sur la géologie (type de sol) qu'ils vont rencontrer et les profondeurs attendues de l'eau. En d'autres termes: quelle est la profondeur des eaux souterraines et quelle est la profondeur des aquifères productifs?

Ces informations peuvent être obtenues de plusieurs manières : Demandez aux villageois d'indiquer leurs sources existantes (ex : puits) d'approvisionnement en eau et essayer de rencontrer des puisatiers. Ils peuvent fournir des informations sur les différents types de formation traversées (du sol) et le niveau de la nappe en saison sèche et en saison des pluies. Pour compléter ces informations, l'équipe doit forer son premier forage le plus profondément possible. Au cours de cette exploration, un échantillonnage des sols peut les aider à définir la profondeur d'un bon aquifère. Notez que les forages exécutés dans les bas-fonds, les plaines inondables et les lits des cours d'eau sont susceptibles d'être plus productifs que ceux réalisés dans les hauteurs des collines. N'oubliez-pas, il n'y a PAS de norme pour la profondeur des forages. Cela dépend toujours de la profondeur de l'aquifère, des exigences des utilisateurs et du système de pompage.

Choisir un bon emplacement pour le forage n'est pas toujours facile et dépend: des besoins et des préférences des bénéficiaires, de la profondeur espérée de la nappe, du type de formation (sol) et de toutes les sources avoisinantes.

Voici quelques critères qui peuvent vous aider à sélectionner le site :

- Les besoins, les préférences et les idées des bénéficiaires Peuvent être prioritaires lorsque vous sélectionnez un site ;
- Toujours discuter des avantages et des inconvénients de l'emplacement sélectionné avec les bénéficiaires (vous êtes le spécialiste qui possède les connaissances sur la quantité et la qualité de l'eau espérées en relation avec le site choisi) ;
- Demandez aux villageois de montrer l'emplacement des points d'eau existants et essayer de rencontrer les puisatiers de la zone. Ils peuvent fournir des informations utiles sur les différents types de formation (sol) et sur la variation de la nappe entre la saison sèche et la saison pluvieuse ;
- Notez que les forages réalisés dans les bas-fonds et les lits des rivières ont plus de chance d'être positifs que ceux réalisés sur les hauteurs des collines. Gardez à l'esprit que le site sélectionné ne doit pas être en zone inondable pendant la saison des pluies (qu'il n'est pas le point topographique le plus bas dans le paysage) ;

La carte ci-dessous donne à titre indicatif les profondeurs de la nappe au Niger (Source : EPTIN 2014, DGGR/Ministère de l'Agriculture)

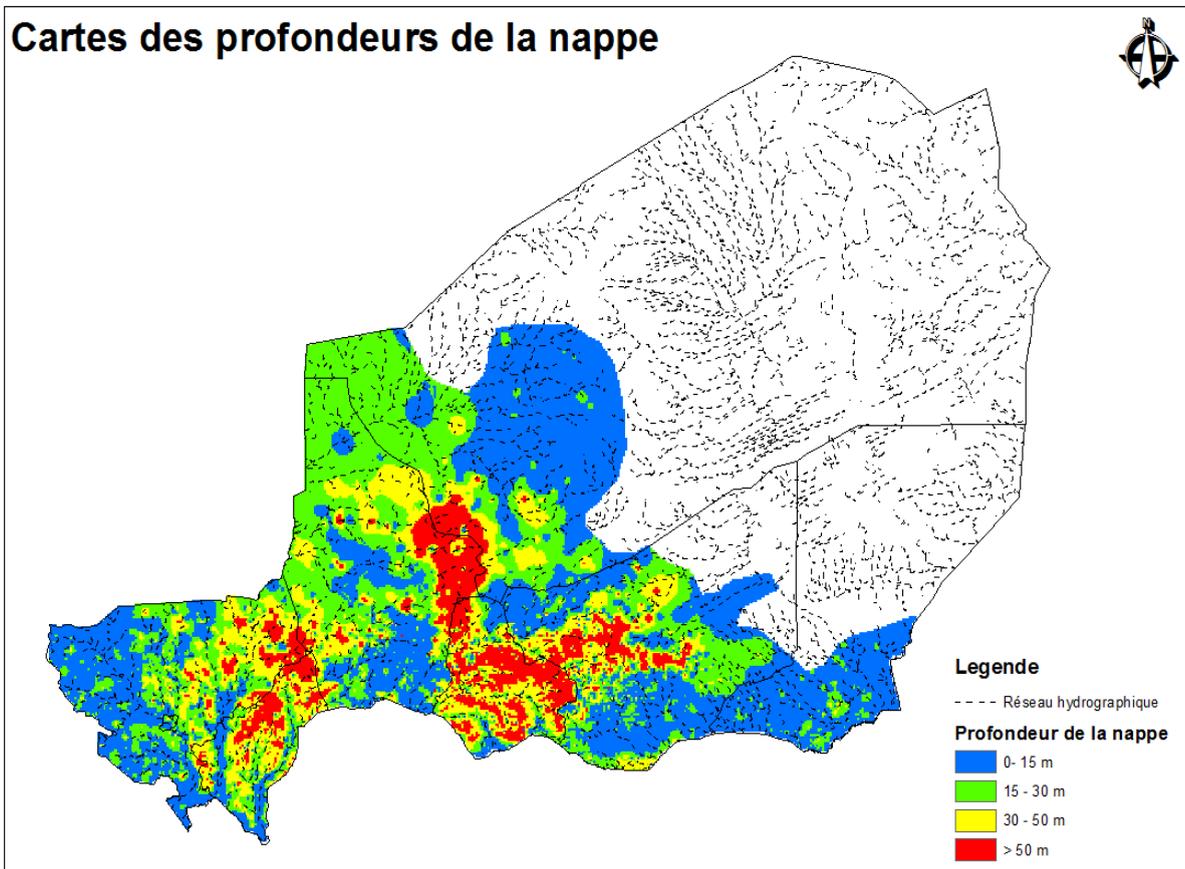


Image 9 : Carte des profondeurs de la nappe

2. Les caractéristiques des sols en fonction de leur texture

L'une des qualités essentielles d'un foreur professionnel est sa capacité à reconnaître et décrire les différents types de sols (formations) rencontrés au cours du fonçage.

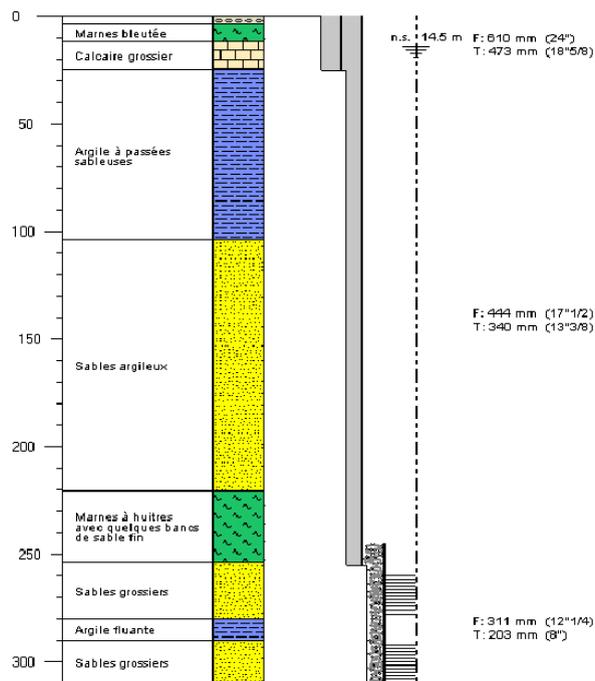


Image 10 : Coupe géologique d'un sol

Pour le fonçage d'un forage de bonne qualité d'eau d'irrigation, il est essentiel de connaître les caractéristiques des différents sols et leur influence sur le rendement (débit du forage), la qualité de l'eau et la performance du forage. En fait, connaître les caractéristiques des sols est bien plus important que connaître leur nom. Avant toute chose, il est très important de savoir si les types de sols forés sont perméables ou imperméables.

b. La perméabilité

La perméabilité est une propriété caractéristique des sols. Sa mesure renseigne sur la capacité d'un sol à se laisser traverser par l'eau et avoir une idée sur le type d'aquifère et les possibilités de recharge de la nappe. Cette propriété est aussi très importante dans la Détermination du débit d'un forage maraîcher. La performance d'un forage dépend en grande partie aux éléments constitutifs de la couche d'aquifère.



1. Sable et gravier

2. Argile et limon

3. Sol mélangé

Image 11 : le bleu représente l'eau, le blanc représente le sol

□ Le sable et le gravier

Si l'on met du sable grossier ou du gravier dans un seau dont le fond est percé, et que l'on verse de l'eau par-dessus, l'eau circule facilement à travers le sable jusqu'au fond du seau (fig. 1). L'eau coule facilement dans les pores (les espaces) entre les grains. Conclusion : l'eau coule facilement à travers le sable et le gravier. Le sable et le gravier sont donc très perméables. Quand une crépine est installée dans une couche de sable ou de gravier, l'eau coule facilement à travers le sable jusqu'à la crépine du forage et le débit d'eau sera important.

□ L'argile et le limon

L'argile et le limon se comportent de manière inverse. Si l'on met de l'argile humide (compressée comme dans une couche de sol) dans un seau et que l'on verse de l'eau par-dessus, l'eau restera au-dessus. Les particules d'argile sont très petites (et 'collantes'). Les fines particules d'argile absorbent l'eau, se gonflent et occupent les petits espaces (pores) et bloquent toute circulation d'eau à travers la couche. Conclusion : l'eau ne circule PAS facilement à travers l'argile. L'argile est donc décrite comme non perméable ou imperméable. Si l'on installe une crépine dans une couche d'argile, le débit d'eau dans le forage sera très faible.

□ Les formations mixtes

Dans la plupart des cas, les formations sont un mélange de particules d'argile, de

limon, de sable et de gravier. Par exemple, l'argile et le sable peuvent se trouver ensemble (argile sableuse) sous forme d'une couche homogène (l'argile et le sable sont mélangés) ou d'une alternance de fines couches de sable et d'argile (les unes sur les autres). Quand ces sols sont mis dans un seau et que l'on verse de l'eau par-dessus, l'eau coule lentement à travers le sol.

Conclusion : L'eau coule lentement à travers les sols mélangés qui sont donc décrits comme peu perméables. Si l'on place une crépine dans une couche mélangée ou alternée, le débit du forage sera faible.

- Quelques 'astuces' de terrain Il est parfois difficile de faire la différence entre des couches perméables ou imperméables. Voici une petite astuce pour vous aider :

Prenez un échantillon représentatif du sol et faites en une boule en le roulant entre vos mains.

Faites ensuite tomber la boule sur le sol en la lâchant d'une hauteur d'environ 1 mètre.

i. Si la boule est faite de particules non cohésives (non-collantes), elle se brise complètement.

Dans ce cas, le sol est perméable. Les particules de sable ou de gravier seront nettement visibles.

ii. Si la boule se brise seulement en partie, le sol contient des morceaux de limon ou d'argile et du

sable. Cette formation aura une faible perméabilité.

iii. Si la boule ne fait que se déformer ou reste plus ou moins de la même forme, elle est composée

d'argile, et peut être décrite comme imperméable.

c. La porosité

Les couches sédimentaires sont composées de nombreuses particules comme le sable, le limon et l'argile. Entre ces particules, il y a beaucoup d'espace libre, que l'on appelle pores. La porosité est une mesure du pourcentage d'espace libre dans une formation. Une porosité de 30% signifie que 30% du volume total de l'échantillon est de l'espace libre, alors que les 70% restants sont occupés par les particules. Les pores peuvent être remplis avec de l'eau.

Elles (les pores) représentent le réservoir dans lequel est stockée toute l'eau dans le sol. Une formation consolidée comme le grès a elle aussi des pores.

d. La turbidité

La turbidité est un mot compliqué pour désigner le caractère trouble de l'eau, causé par de très petites particules (appelées particules en suspension), un peu comme de la fumée dans l'air. Les particules d'argile et de limon sont très petites. Quand ces particules sont dans l'eau, elles la rendent turbide, ou trouble. Si l'eau d'un forage est extraite d'une couche d'argile ou de limon, certaines particules fines de la formation peuvent être transportées par l'eau et se mettre en suspension (se mélanger) dans l'eau. L'eau peut alors paraître trouble.

- **Continuez toujours à forer jusqu'à atteindre une couche perméable épaisse (sable ou gravier) et installez toute la crépine dans cette couche. Si la couche est perméable, le débit du forage sera important (le forage sera très productif). De plus, quand la couche est faite de sable ne contenant pas de très petites particules, l'eau sera très claire (non turbide).**

3. La coupe d'un forage

Une coupe de forage est une archive écrite des formations géologiques (couches de sol) forées, et de leur profondeur. Des échantillons de sol doivent être prélevés et décrits à des intervalles de profondeur réguliers (par exemple, tous les mètres) tout au long du fonçage. La description des sols est ensuite archivée sous la forme d'une coupe de forage. La coupe de forage nous aidera à déterminer :

- Le meilleur aquifère pour l'installation de la crépine
- La profondeur et la longueur de la crépine
- La profondeur et l'épaisseur du massif filtrant
- La localisation du joint d'étanchéité sanitaire

a) Base de données

En plus de leur utilité directe sur le terrain, les coupes de forage sont également très importantes pour archiver les informations hydrogéologiques du site de forage. Par exemple, si plus tard d'autres forages doivent être réalisés dans le même village ou dans la même zone, il sera très utile pour l'équipe de forage de connaître à l'avance la géologie, la profondeur de la nappe d'eau et la profondeur totale probable du forage. Les coupes de forage précédentes sont une source essentielle d'information pour connaître ces éléments, avant même de commencer à forer. Ce type d'information pourrait être important pour le choix du matériel de fonçage. Les coupes de forage peuvent être conservées ensemble dans un dossier, que l'on appelle base de données. En prenant soin de remplir, classer et conserver de bonnes coupes de forage, l'équipe de forage apparaîtra comme une équipe professionnelle et compétente auprès de ses clients.

b) Prendre des échantillons de sol

La première étape pour faire une coupe de forage est de prendre des échantillons représentatifs des sols (formations géologiques) traversés pendant le fonçage du trou. L'échantillon doit être un morceau de sol provenant entièrement de la couche forée au moment de la prise d'échantillon (éviter de mélanger l'échantillon avec du sol venant d'autres couches !). Les échantillons doivent être prélevés tous les mètres et/ou chaque fois que le type de formation (sol) change. Les échantillons doivent être conservés dans des sachets plastiques (écrire la profondeur sur les sachets si les échantillons ne sont pas décrits immédiatement), et rangés correctement à l'écart du chantier. Ils doivent ensuite être renseignés et décrits sur la coupe de forage, avec la profondeur à laquelle l'échantillon de sol a été pris.

c) Les profondeurs de forage

La profondeur finale du forage est atteinte quand on a foré au moins 4 à 6 mètres dans une couche perméable de sable ou de gravier contenant de l'eau. Il est ensuite recommandé de forer deux mètres supplémentaires pour pouvoir installer un décanteur qui servira de réservoir aux particules qui se décantent dans le forage pendant la mise en place des tuyaux d'équipement.

d) Comment remplir la fiche de coupe de forage ?

□□ Etape 1

Décrivez les échantillons à chaque pause pendant le chantier de forage et écrivez leur profondeur, leur nom et leurs caractéristiques sur la fiche de coupe de forage

□□ Etape 2

Ensuite, surtout pour ceux qui ne savent pas écrire, hachurez la colonne type de sol avec des hachures différentes pour les couches perméables, peu perméables et imperméables.

□□ Etape 3

Grâce aux hachures, on distingue maintenant les couches perméables, peu perméables et imperméables.

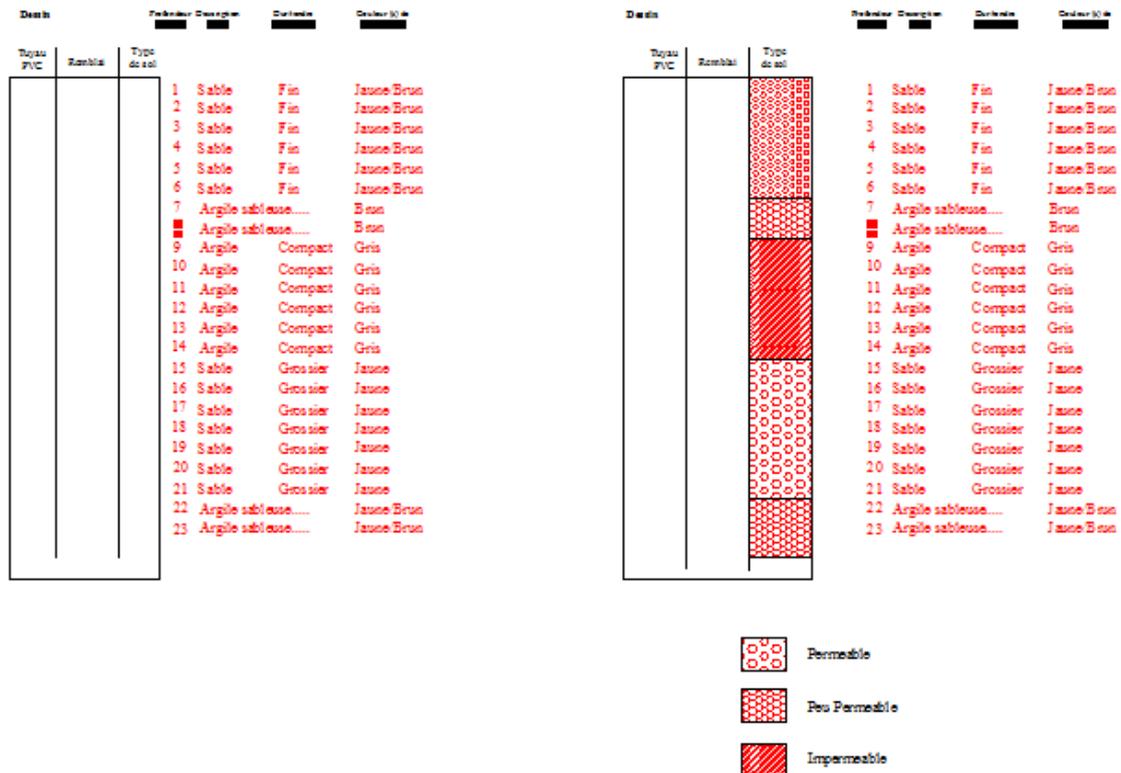
□□ Etape 4

Une fois la crépine et le tubage en PVC dessinés dans la première colonne, les profondeurs exactes du remblai annulaire (c'est-à-dire le massif filtrant et le tout-venant) peuvent également être dessinées sur le profil de forage.

□ Pour résumer : la coupe de forage se remplit en 4 étapes :

- Décrire les échantillons de sol et leur profondeur ;
- Indiquer les couches perméables et imperméables ;
- Dessiner le tubage, la crépine et le décanteur dans la colonne “Tuyau PVC ”
- Dessiner les remblais.

! En utilisant le profil de forage et les dessins des différents types de sols (c'est-à-dire perméables, peu perméables et imperméables), il devient plus facile de déterminer l'emplacement exact de la crépine et du remblai annulaire.



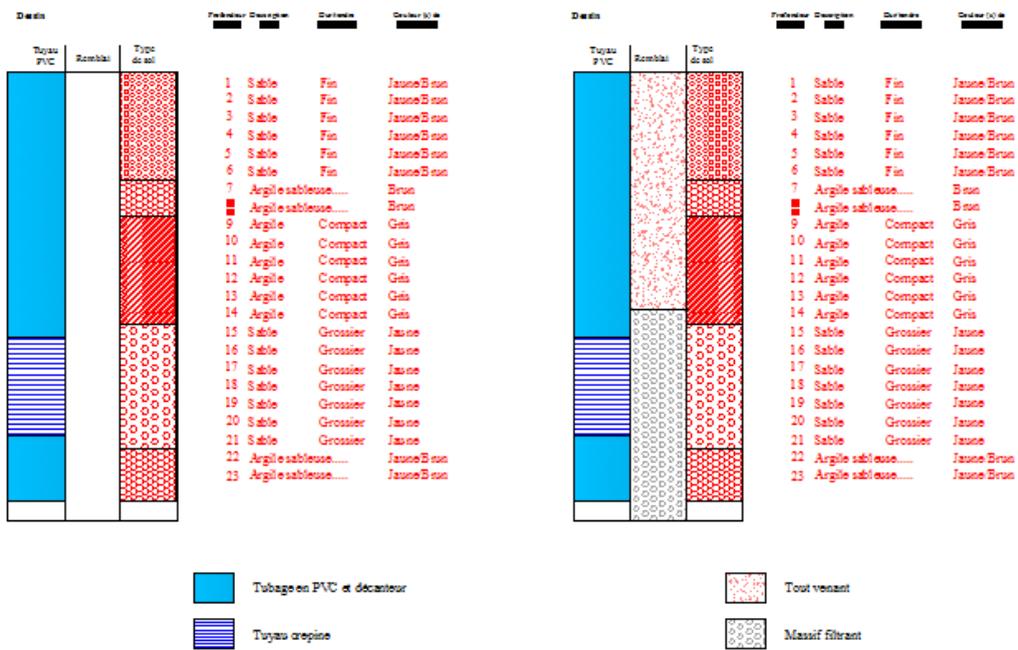


Image 12 : Coupe d'un forage (Etapes 1 à 4)

IV. ORGANISATION DU CHANTIER

1. Rôle et fonctions des responsables sur le chantier

a) Le chef de chantier /Maître d'ouvrage

Le chef de chantier	Maître d'ouvrage (client)
<p>Le chef de chantier est, dans la hiérarchie, le cadre technique directement en contact avec les travaux,</p> <p>il a donc la responsabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de l'organisation pratique du chantier ; - de la gestion du personnel ; - du matériel et des matériaux. <p>Il assure cette responsabilité sous la direction et le contrôle direct du directeur général de l'entreprise, désigné ci-après « le supérieur hiérarchique » qui met à sa disposition, des moyens :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en personnel de travaux et de gestion ; - en matériel de production et de logistique ; - en matériaux. 	<p>Il a la responsabilité de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - veiller au respect scrupuleux des prescriptions techniques ; - veiller au respect des caractéristiques techniques et dimensionnelles des ouvrages et équipements, les conditions de fournitures des équipements et de mise en œuvre des prestations ; - contrôler les quantités prévues, la qualité et les normes spécifiques pour la mise en œuvre conforme des travaux et l'exécution des prestations dans le respect strict des règles de l'art ; - mobiliser les moyens financiers et les matériaux pour l'exécution des travaux.

b) Le chef d'équipe

Les chefs d'équipes sont, dans la hiérarchie, sous le contrôle direct du chef de chantier/maître d'ouvrage et directement en contact avec la main d'œuvre. Ils ont chacun sous leurs ordres des ouvriers et surveillent le travail de leur groupe particulier du point de vue de la production et des normes.

Les chefs d'équipe sont censés exécuter le programme de travail quotidien fixé par le chef

de chantier et rendre compte de l'évolution des travaux.

Recevoir et donner des instructions font partie du travail quotidien d'un chef d'équipe. Tout plan nécessite des instructions qui consistent à faire savoir à quelqu'un ce qu'il a à faire, quand, où et comment.

La façon dont les instructions sont données influent énormément sur la manière dont elles

seront suivies. Avant de donner des instructions, le chef d'équipe doit savoir :

- la quantité de travail qu'il doit faire suivant les instructions du chef de chantier ;
- comment il va être exécuté ;
- à qui le chef d'équipe va le confier ;
- quelles difficultés l'on pourrait rencontrer.
- Comment les contrôler ?

c) Le contrôleur permanent

Dans le cas où une structure (l'Etat ou Projet) commande un nombre important de forages sur un site donné, il est plus que nécessaire d'affecter un contrôleur de chantier. Le contrôleur permanent a pour mission la surveillance, le contrôle et le coaching des PME pour la réalisation des travaux. De manière spécifique, il s'agira de :

- Veiller au respect scrupuleux des prescriptions techniques et des dispositions réglementaires du marché par l'entreprise ;
- Veiller au respect des caractéristiques techniques et dimensionnelles des ouvrages et équipements, les conditions de fournitures des équipements et de mise en œuvre des prestations ;
- Contrôler les quantités prévues, la qualité et les normes spécifiques pour la mise en œuvre conforme du projet et l'exécution des prestations dans le respect strict des règles de l'art ;
- Diriger les travaux conformément aux documents du marché, à la réglementation en vigueur, et dans le respect du budget et des délais impartis ;
- Dresser les attachements et les décomptes pour le paiement des entrepreneurs ;
- Participer à la formation pratique sur le chantier offerte par le Programme.

2. Préparation et organisation du poste de travail

a. Prendre connaissance des travaux à réaliser

Le chef d'équipe :

- apprend du commanditaire de travaux par un entretien, la localisation du site, les informations utiles, la disponibilité des équipements la nature et l'importance de tous les types de sol et travaux à réaliser;
- reçoit du commanditaire:

Lorsque le commanditaire est une structure organisée, il doit fournir :

- i) les plans d'exécution des travaux à réaliser,
- ii) le planning général des travaux,
- iii) la liste des moyens estimés nécessaires : ces documents lui sont généralement commentés par son supérieur hiérarchiques ;

Mais lorsqu'il s'agit d'un individu/Maître d'ouvrage

- i) convenir sur la date et délais d'exécution
 - ii) la liste des moyens disponibles
- étudie avec ce dernier les informations qu'il a ainsi reçues afin de bien connaître toutes les données du projet ;

b. visiter le site des travaux

Le chef d'équipe, lors d'une visite approfondie du site où se dérouleront les travaux :

- observe l'état naturel des lieux ;
- étudie les différentes possibilités d'exécution des travaux ;
- s'informe des possibilités locales de recrutement de la main d'œuvre ;
- recherche les moyens d'approvisionnement en matériaux ;
- étudie les différentes possibilités d'installation du camp de base pour prendre en considération tous les éléments pouvant influencer sur le bon

déroulement des travaux.

Le chef d'équipe recueille les données qui lui seront utiles pour le bon déroulement des travaux dont il a la charge. Le tableau ci-après résume son action :

Tableau 1 : Comment recueillir les informations sur le site des travaux

Ce qui est à	Le but pour lequel il faut	Le moyen de préciser	Observations
Conditions climatiques	Estimer le degré de pénibilité du travail et les éléments de difficultés pour les travaux	Enquête auprès des populations locales	Conditions climatiques lors de la période prévue pour le chantier
Conditions sanitaires générales	Estimer le degré de pénibilité du travail Risques sanitaires liés au chantier	Enquête auprès des administrations compétentes	Proximité centre de soin Disponibilité d'une caisse pharmaceutique
Ressources en eau	S'assurer du ravitaillement de l'eau potable pour boisson Définir le mode de fourniture en eau pour le besoin des travaux Proximité d'un point d'eau Moyen de transport d'eau	Enquête aux alentours immédiats du site	Conditions climatiques lors de la période prévue pour le chantier
Caractéristiques du terrain naturel et des sols	Définir les difficultés pour l'exécution du travail	Inspection visuelle des lieux	Néant
Etat de la végétation	Définir les difficultés pour l'exécution du travail	Inspection visuelle des lieux	Etat de la végétation à la période prévue pour le chantier
Conditions d'accès	Définir les travaux préliminaires pour accéder au chantier	Inspection visuelle des lieux	

3. Organisation des travaux

A la fin de la phase de reconnaissance du site des travaux, le chef d'équipe détient toutes les informations nécessaires à l'élaboration des détails d'exécution des travaux. Pour chaque nature de travaux, il peut alors :

- définir la méthode d'exécution la plus appropriée ;
- établir le planning détaillé d'exécution ;
- quantifier les ressources nécessaires en : personnel, équipement, matériaux naturels et manufacturés ;
- organiser l'aménagement de base ;

- mettre en place un système de gestion de l'ensemble des moyens affectés à la production ;
- gérer le personnel, les matériels et les matériaux ;
- respecter les consignes d'hygiène et de sécurité.

a) Planification

Le chef d'équipe doit posséder non seulement des compétences techniques, mais aussi des compétences en matière de planification, d'organisation et de contrôle des travaux. Planifier une opération, c'est essentiellement répondre aux questions suivantes :

- Quel est le travail à faire ?
- Quand faut-il le faire ?
- Où faut-il le faire ?
- Qui le fera ?
- Comment le fera-t-on ?
- Quels conseils à l'utilisateur

Un planning correctement établi doit permettre l'exercice de cinq fonctions qui caractérisent l'accomplissement de toute action :

- Prévoir : établir les programmes d'action et les situer dans le temps ;
- Organiser : mettre en place les moyens propres à la réalisation des prévisions ;
- Commander : déclencher l'exécution des différentes phases de réalisation des travaux et évaluer toutes les répercussions que peut entraîner leur enchaînement ;
- Coordonner : relier entre elles les différentes phases de réalisation des travaux et évaluer toutes les répercussions que peut entraîner leur enchaînement ;
- Contrôler : vérifier que la réalisation des travaux est conforme aux prévisions et prendre toutes les mesures nécessaires pour corriger tout écart.

Le choix de la méthode n'a alors que peu d'importance vis-à-vis de la qualité de la préparation du planning et de l'expérience de celui ou de ceux chargés de le faire respecter. De ce fait un planning, quel qu'il soit, doit :

- être facile à lire pour les exécutants ; se méfier des plannings complexes ou de représentation abstraite, qui compliquent la tâche des foreurs plus qu'ils ne la simplifient ;
- permettre à chacun de situer aisément son intervention ;
- faciliter la mise à jour, lors des pointages périodiques ;
- prévoir les éventuels « incidents de parcours ».

V. LES TECHNIQUES DE FONÇAGE DE FORAGE MANUEL

1. Définition des méthodes d'exécution

On rencontre différents types de formations géologiques (couches de sol) au cours du fonçage du forage. Une gamme de techniques de forage a été élaborée afin de pouvoir traverser les diverses formations géologiques. Quel que soit la technique utilisée, il faut :

- (a) casser ou couper la formation,
- (b) faire remonter les débris (sol) à la surface, et
- (c) si nécessaire soutenir les parois du trou afin d'éviter qu'elles ne s'effondrent pendant le fonçage.

Chacune des techniques de forage a été développée spécifiquement pour un ou plusieurs types de formations (couches de sol) ; par conséquent, il est parfois envisageable de combiner plusieurs techniques de forage pour réaliser un seul forage.

Les différentes techniques de forage peuvent être classées en 4 groupes principaux :

- le forage à la Tarière,
- à la Percussion,
- à la Boue et
- au lançage à l'eau.

Une large gamme de techniques dérivant de ces 4 grands principes s'est développée à travers le monde.

2. Les principes de base de construction d'un forage manuel

Etape 1 : Préparation

Préparez tous les matériaux dont vous avez besoin pour l'équipement et le remblayage. Mesurez la longueur effective des tuyaux PVC et coupez le dernier tuyau de façon à ce qu'il dépasse, après installation, d'au moins 1 mètre au-dessus du niveau du sol.

Numérotez les tuyaux dans l'ordre d'installation.

Centrage de la crépine

Pour empêcher les fentes de la crépine de se boucher avec de l'argile en frottant contre les parois du forage pendant son installation, la crépine doit être centrée. Centrer la crépine dans le forage permet aussi au massif filtrant d'être bien installé et compacté, avec au moins 1 pouce (25 mm) de gravier tout autour de la crépine. Pour la centrer, on attache des centreurs tous les 3 mètres autour de la crépine. Les centreurs peuvent être faits avec des anneaux de PVC, que l'on peut attacher sur 4 côtés, autour de la crépine (voir la photographie).

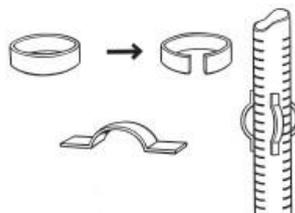


Image 13 : Centreurs artisanaux attachés à la crépine

Etape 2 : Installation des tuyaux en PVC

Une méthode pratique pour descendre les tuyaux en PVC dans le trou de forage est d'utiliser une corde (voir image 14). Un bout de la corde est attaché au trépied de forage et l'autre bout est enroulé trois fois autour du tuyau pour former un nœud coulissant. On utilise la corde pour empêcher le tuyau et la crépine de glisser dans le trou de forage pendant que l'on ajoute un nouveau tuyau. Installez tous les tuyaux que vous avez préparés, et laissez 1 mètre de tuyau au-dessus du niveau du sol (voir étape 1) pour que la crépine soit placée à la bonne profondeur.



Image 14 : Equipement d'un forage

Etape 3 : Nettoyage et rinçage de la crépine

Si l'on a utilisé des fluides de forage, les tuyaux et la crépine doivent être rincés une fois qu'ils ont été installés à la bonne profondeur. Versez de l'eau propre dans les tuyaux en PVC et laissez l'eau sale déborder du trou de forage. Si l'eau entre dans le forage lentement (ou pas du tout), cela peut indiquer que les fentes de la crépine sont bloquées par de l'argile ou de fines particules de sol venant des parois du forage. Il faut alors ajouter de la pression supplémentaire dans le tubage et la crépine en utilisant un piston (ou simplement une boule de chiffons), que l'on actionne de haut en bas et de bas en haut dans le tuyau d'équipement. Répétez cette opération jusqu'à ce que l'eau coule directement quand vous en ajoutez. Continuez à rincer avec de l'eau claire jusqu'à ce que l'eau qui sort du forage soit propre. C'est seulement à ce moment-là que vous pouvez installer le massif filtrant.



Image 15 : Rinçage du forage à l'eau

Etape 4 : Installation du massif filtrant

Versez le massif filtrant dans l'espace annulaire autour du tuyau. En même temps, secouez le tubage horizontalement pour faciliter la descente du gravier jusqu'à la crépine.

Versez le gravier doucement, pour éviter les pontages (des ponts de gravier qui se coincent au mauvais endroit). Utilisez un mètre ou un outil pour mesurer la profondeur de la couche de gravier, et remplissez l'espace annulaire jusqu'à 1 à 2 mètres au-dessus du niveau de la crépine. Dans les forages réalisés avec des fluides, l'eau va déborder du tuyau en PVC quand le gravier est versé autour de la crépine. L'eau cessera de déborder quand toute la longueur de la crépine aura été remblayée.



Image 16 : Installation du massif filtrant

Etape 5 : Remblayer l'espace annulaire

En fonction des normes de chaque pays, le reste de l'espace annulaire est rempli avec du tout-venant ou du ciment (voir image 17). Versez toujours le matériau lentement, en secouant le tubage de manière à éviter les pontages.



Image 17 : Remblayage de l'espace annulaire

Etape 6 : Installation du joint de surface (cimentation de la tête de forage)

Un joint d'étanchéité sanitaire de surface de 3 à 5 m d'épaisseur doit être installé à partir de 3 à 5 m en dessous de la surface du sol. Le joint de surface est en général fait avec un mortier de ciment.

Etape 7 : Le développement du forage

Le 'développement du forage' est nécessaire pour maximiser la productivité du forage et optimiser la capacité de filtration du massif filtrant. On y parvient en enlevant les particules fines et les additifs de fluide de forage, et en compactant le massif filtrant.

VI. LES TECHNIQUES DE FONÇAGE DE FORAGE MANUEL

1. Le forage manuel à la tarière

Le forage à la tarière est l'une des plus simples méthodes de forage manuel. Elle est utilisée un peu partout dans le monde dans le secteur de la recherche environnementale pour l'échantillonnage des sols et pour la réalisation de forages pour l'eau de boisson et d'irrigation. La tarière à main est un excellent moyen pour construire des petits forages de faible profondeur et pour sonder rapidement les sols d'un site. Elle peut également être utilisée pour faire les avant trous lorsqu'elle est associée aux autres techniques de forage manuel. De nombreuses entreprises de forage possèdent un jeu de tarières manuelles pouvant être utilisé en combinaison avec d'autres techniques.

Le forage à la tarière consiste à un ensemble d'allonges en acier qui est tourné par une poignée. Différents types de tarières peuvent être fixées à l'extrémité des allonges.

Les tarières sont tournées dans le sol jusqu'à ce qu'elles se remplissent et sont ensuite sorties du trou pour être vidées. Le modèle des tarières varie en fonction du type de formation (type de sol) à forer.

Généralement au-dessus du niveau statique, le trou du forage reste ouvert sans avoir besoin d'être soutenu. Une fois dans la nappe, un pré-tubage temporaire peut être utilisé pour empêcher l'effondrement des parois du trou du forage. Le fonçage se poursuit à l'intérieur de ce pré-tubage à l'aide d'une tarière de mise en eau jusqu'à ce que la profondeur désirée soit atteinte. Puis, le tubage permanent est installé et le pré-tubage temporaire remonté à la surface. Le forage à la tarière peut être utilisé jusqu'à une profondeur d'environ 15 à 25 mètres, cela dépend de la géologie.



Image 18 : Réalisation d'un forage à la tarière

a) Les outils et le matériel

Le matériel nécessaire est composée de :

- Une tarière conique pour le fonçage ;
- Une tarière conique fermée pour la mise en eau ;
- Une tarière glaise (ouverte ou fermée) ;
- Des rallonges métalliques de sondages en tube carré d'acier de 35x35 mm et de

1,5 m de long ;

- Le collier de serrage (Etau) pour exercer des pressions descendantes sur le cuvelage ;
- Deux tonneaux vides (200 litres) points d'appui aux foreurs ;
- Une barre à mine pour creuser les avants trous ;
- Une caisse à outils divers (jeu de clé, pince, etc.)
- Tuyaux PVC de Ø 110 pour le cuvelage ;
- Tuyau crépine de Ø 110 pour le captage ;
- Tuyaux crépine de Ø 140 pour le captage ;
- Tuyaux PVC de Ø 140 pour le cuvelage ;
- Tuyaux PVC de Ø 140 pour le pré-tubage ;
- Tuyaux PVC de Ø 160 pour le pré-tubage ;
- Tissu filtre ;
- Un capot pour fermer le forage ;
- Une motopompe pour le développement et le test de débit.



Image 19 : Tarières de mise en eau



Image 21 : Tarière réversible



Image 20 : Tarière conique



Image 22 : Tarière à argile



Image 23 : Allonges de 3 m



Image 25 : Poignée



Image 24 : Allonge de 1,5m



Image 26 : Dame



Image 27 : Collier



Image 28 : Calle



Image 29 : Goupille



Image 30 : Scie à métaux
Image 32 : Caisse à outils



Image 31 : Pelle
Image 33 : Tuyau PVC

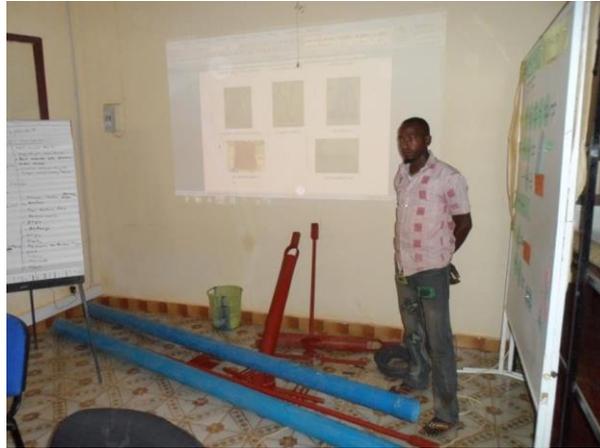


Image 34 : Séance de formation, stagiaire présentant les outils et les matériaux

b) Comment réaliser un forage à la tarière manuelle

Un forage réalisé à la tarière manuelle est généralement de petit diamètre. Le fonçage s'effectue grâce à des tarières et des tiges métalliques extensibles (allonges), tournées par une poignée dans le sol. Différents types de tarières métalliques (outil de fonçage) peuvent être fixés à l'extrémité de la dernière tige.

Etape 1 : Préparation de la tarière

La tarière sélectionnée est tournée dans le sol jusqu'à ce qu'elle soit remplie de matériau, puis elle est remontée à la surface pour y être vidée. A chaque type de formation (sol) correspond une tarière avec une forme spécifique. Au fur et à mesure de la progression du fonçage, des allonges sont ajoutées pour atteindre la profondeur désirée.



Image 35 : Mettez le bout mal dans femelle



Image 36 : Avec Goupille fixez le couplage



Image 37 : Attacher le couplage



Image 38 : Séance de formation

Etape 2 : Forer au-dessus de la nappe

Au-dessus du niveau de la nappe (niveau statique), le trou de forage reste en général ouvert sans être soutenu.



Image 39 : Place la tarière Conique sur le sol



Image 40 : Tourner la poignée en appuyant votre poids



Image 41 : Foncer jusqu'à 30 cm



Image 42 : Soulevez



Image 43 : Retirez la tarière pleine Hors du trou



Image 44 : Secouez la tarière pour enlever les débris du sol



Image 45 : Couplage mal dans femelle

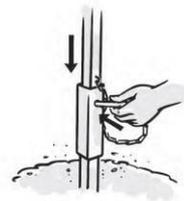


Image 46 : Avec Goupille fixez le couplage



Image 47 : Attacher le couplage

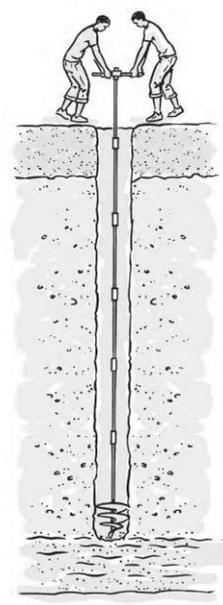


Image 48 : Continuer à forer

Augmenter une allonge par couplage (Mal dans femelle, goupille et fil recuit) pour continuer à forer plus profondément avec le même procédé jusqu'à la nappe .



Image 49 : Soulevez



Image 50 : Augmentez du poids



Image 51 : Couplage

Etape 3 : Forer dans la nappe

En dessous du niveau statique, un pré-tubage temporaire en PVC est installé pour éviter que le trou ne s'effondre. Le fonçage continue à l'intérieur du pré-tubage avec une tarière à clapet aussi appelée tarière de mise en eau.

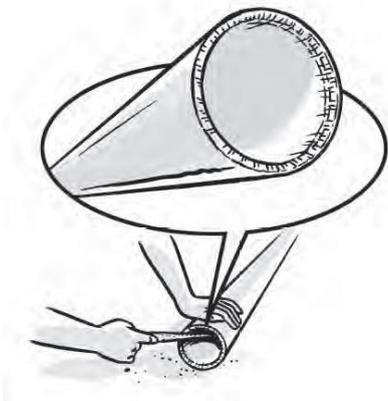


Image 52 : Limez l'intérieur du pré-tubage

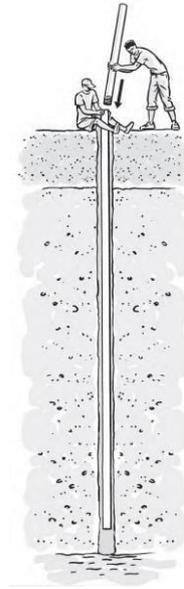


Image 53 : Nettoyez les filetages des tuyaux

avec d'un angle d'environ 45° pour que le une brosse métallique et de l'eau avant de les assembler pré-tubage pénètre plus facilement dans le sol.

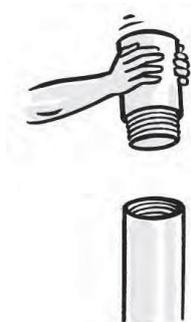


Image 54 : Vissez le capuchon de protection sur le pré-tubage afin d'éviter d'endommager les filetages

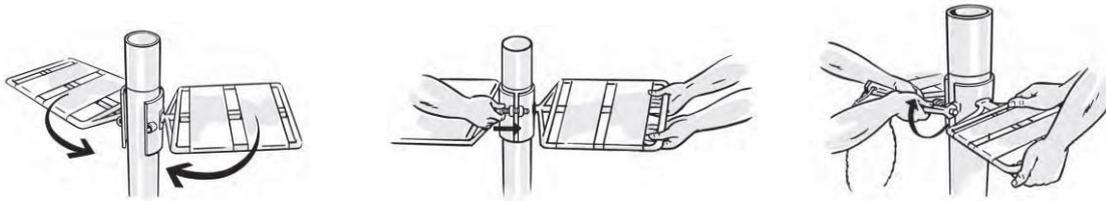


Image 55 : Positionnez et fixez le collier juste en dessous du capuchon de protection.

Etape 4: Forer avec la tarière de mise en eau

Deux foreurs se tiennent debout sur les colliers fixés aux tuyaux PVC. Les matériaux au fond du trou sont enlevés à l'aide d'une tarière de mise en eau actionnées de bas en haut tout en lui donnant un mouvement de rotation. Au cours de cette étape, le tuyau PVC s'enfonce dans le sol sous le poids des foreurs.

Ce poids est augmenté en faisant monter d'autres foreurs sur les colliers. Le fonçage continue jusqu'à la profondeur désirée.

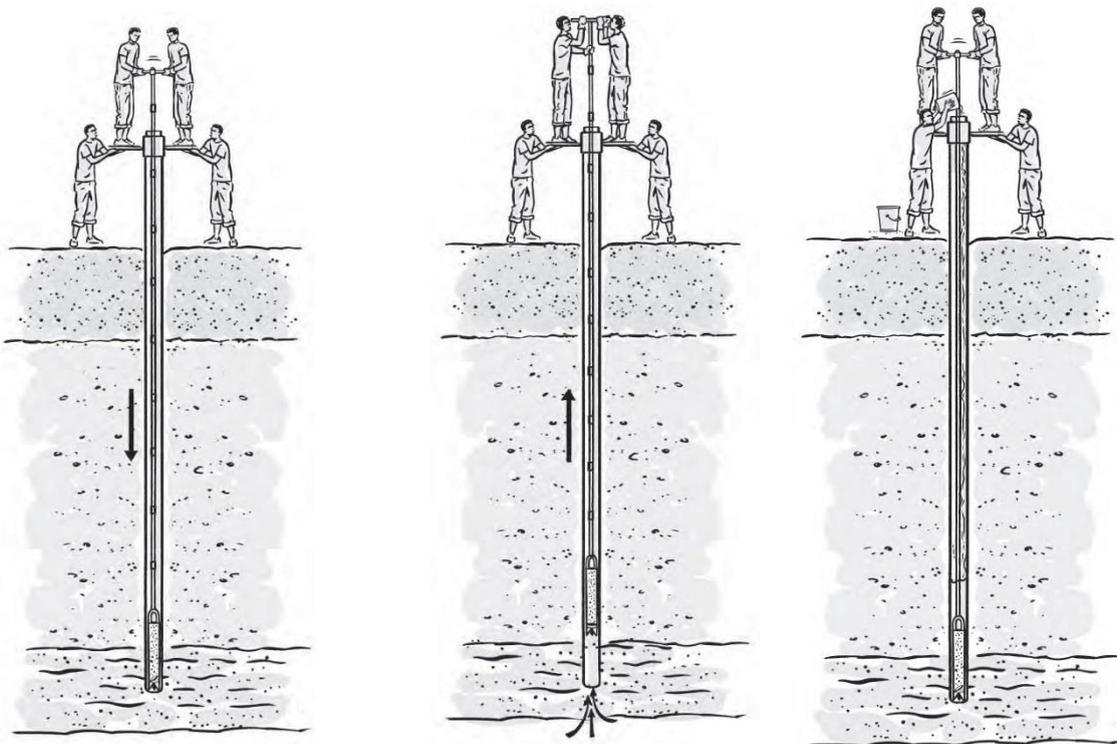


Image 56 : Une fois debout sur le collier celui-ci peut balancer d'un côté à l'autre. Assurez-vous que d'autres employés maintiennent le collier et le tubage dans la même position. Si le fonçage n'avance plus avec les mouvements de haut en bas (vous avez la sensation de frapper une pierre) alors vous êtes certainement dans du sable compact



Image 57 : Tournez d'un quart de tour la tarière

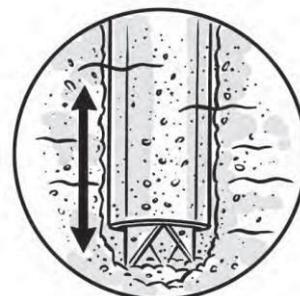


Image 58 : Ensuite faites des mouvements de haut en bas

Etape 5 : Désassembler les allonges

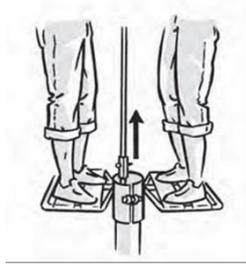


Image 59 : Soulevez les allonges **Image 60 :** Placez la calle sur le tubage

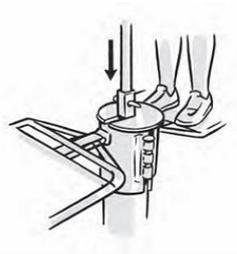
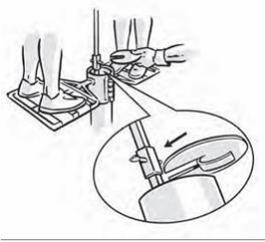


Image 61 : Laissez retomber la connexion sur la calle

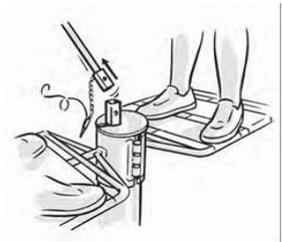


Image 62 : Enlevez la goupille puis retirez l'allonge

Etape 6 : Enlever les débris ou cuttings

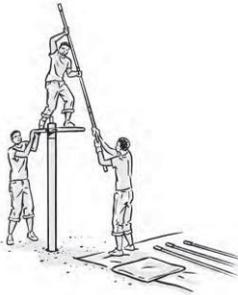


Image 63 : Démontez les allonges Une par une



Image 64 : retirez es allonges une par une



Image 65 : Posez les allonges sur une bâche

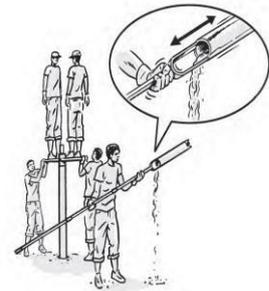


Image 66 : tenez la tarière en position verticale et secouez pour vider

Remettez en place la tarière et les allonges. Utilisez la calle pour chaque ajout d'allonge.

Etape 7: S'assurer que la tarière est à la bonne profondeur

- Comptez toujours (et mesurez) le nombre de tuyau PVC à l'intérieur du trou ;
- Mesurez la longueur de la tarière et celle des allonges ;
- Quand l'extrémité de la tarière atteint exactement celle du tubage, vous pouvez faire une marque (repère) sur les allonges pour se rappeler de cette profondeur

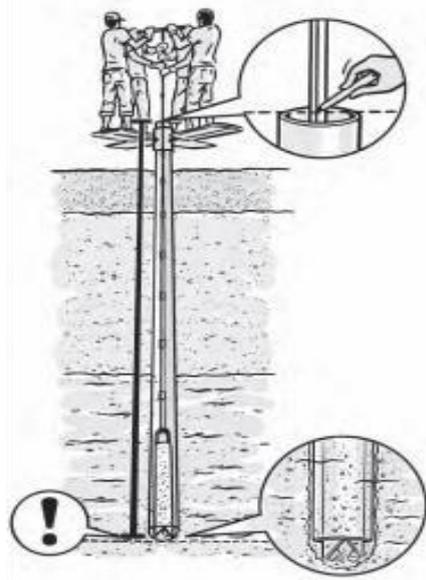


Image 67 : Mesurer la profondeur de votre tarière de mise en eau

Etape 8: Forer a la bonne profondeur



Image 68 : Prendre des échantillons de sol



Image 69 : disposer tous les échantillons sur un morceau de plastique et de noter leur profondeur

Etape 9 : Nettoyer le tubage

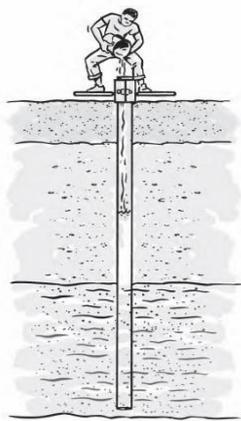


Image 70 : Versez quelques seaux d'eau à l'intérieur du tubage PVC

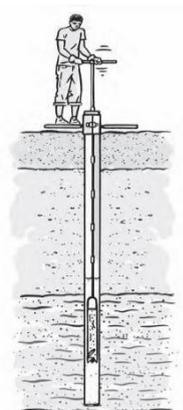


Image 71 : Activez la tarière LENTEMENT de haut en bas. NE PAS foncer plus profond

Procédez de la sorte jusqu'à ce que le tubage soit propre, puis enlevez la tarière et les allonges. La phase d'installation peut maintenant commencer.

Etape 10: Les dernières étapes

- Mesurer la profondeur du forage



Image 72 : Mesurer la profondeur du forage

Pour effectuer cette mesure, vous pouvez utiliser une cordelette ou un mètre à ruban lesté d'un petit poids.

La mesure est plus facile quand vous faites des petits nœuds à chaque mètre le long

de la cordelette.

□□ Mise en place des équipements

Avant de commencer l'installation, préparez la crépine, le décanteur et les tuyaux. Faites descendre la crépine dans le trou. Assurez-vous de fermer son extrémité avec un bouchon fixé sur le décanteur en PVC!

Puis vissez ou collez le premier tuyau en PVC à la crépine.

Faites descendre le tout dans le trou du forage et ajoutez un par un les tuyaux PVC au fur

Le tuyau d'équipement et la crépine sont ensuite installés.

Versez petit à petit du massif filtrant entre le pré-tubage et le tuyau d'équipement.

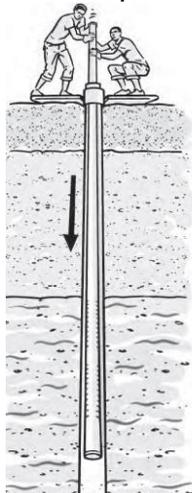


Image 73 : Faites descendre la crépine dans le trou le pré-tubage

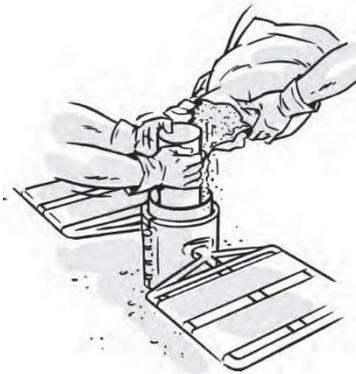


Image 74 : Versez petit à petit du massif filtrant entre et le tuyau d'équipement

Ajoutez 50 cm de massif et remontez de 50 cm le pré-tubage. Poussez le tuyau d'équipement pendant la remontée du pré-tubage.

Ajoutez de nouveau 50 cm de massif et remontez de la même longueur le pré-tubage. Répétez cette opération jusqu'à ce que le massif filtrant soit placé à la bonne profondeur. Mesurez régulièrement la profondeur du massif pour vérifier qu'il soit à la bonne profondeur.

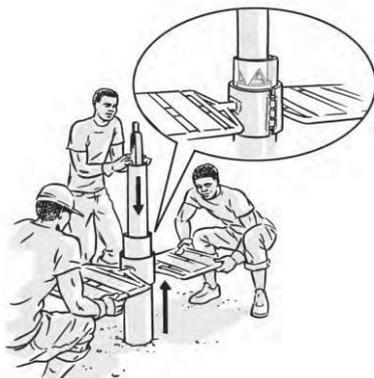
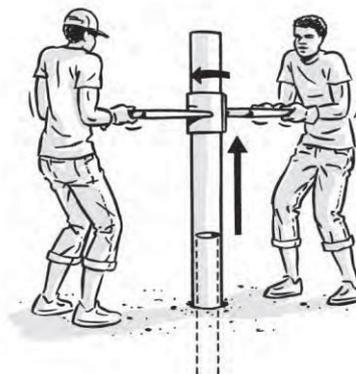


Image 75 : Ajoutez de nouveau 50 cm de massif tubage.

Image 76 : Tirez et faites tourner les colliers pour retirer le pré remontez de la même longueur le pré-tubage



Répétez cette opération jusqu'à ce que le massif filtrant soit placé à la bonne profondeur. Le pré-tubage peut maintenant être retiré du trou du forage. Tirez et faites tourner les colliers pour retirer le pré tubage.

Dévissez les colliers et positionnez-les plus bas le long du pré-tubage et resserrez-les.

Remontez de nouveau le pré-tubage jusqu'à ce que la jonction de deux tuyaux soit visible.

Démontez les tuyaux du pré-tubage un par un et enlevez-les.

Il est possible de réaliser des forages de 180 mm de diamètre à la tarière. La technique à la tarière peut être utilisée jusqu'à une profondeur d'environ 15 à 20 mètres en fonction de la géologie.

c. Dans quelles conditions cela marche-t-il?

La technologie est plus appropriée dans les formations non-consolidées: sables, limons et argiles tendres. Les argiles compactes, les matériaux durs et les graviers sont difficiles voire impossibles à traverser et à faire remonter à la surface (à moins que l'on combine la tarière avec une autre technique de forage manuel).

d. Utiliser un pré-tubage temporaire ou avoir recours à l'installation directe ?

Lorsque l'on fore en dessous du niveau statique (dans la nappe), on utilise un tuyau PVC pour éviter que les parois du trou ne s'effondrent. Cela peut être réalisé à l'aide d'un pré-tubage temporaire dans lequel le tuyau d'équipement permanent et la crépine seront installés. Mais, il est aussi possible de foncer directement avec le tuyau d'équipement permanent sans avoir recours à l'utilisation du pré-tubage. C'est ce qu'on appelle l'installation directe.

e. Forer avec un pré-tubage temporaire

Une tarière permet de foncer un trou de 140 à 180 mm jusqu'à ce que la nappe soit atteinte. Ensuite, le fonçage continue à l'aide d'un pré-tubage temporaire d'un diamètre extérieur de 120 à 160 mm et dont les parois sont épaisses (5 à 7,5 mm). Et ce pré-tubage est retiré après l'installation du tuyau d'équipement définitif.

Avantages du pré-tubage temporaire

- Coût faible: il est possible d'installer un tuyau d'équipement à faible coût (tuyau PVC bon marché). Le pré-tubage en PVC de bonne qualité est cher mais il est retiré après l'installation du tuyau d'équipement bon marché et il peut être réutilisé.
- Le massif filtrant peut être mis en place.
- Il est possible de traverser de fines couches d'argile.

Inconvénients du pré-tubage

Le temps d'exécution du forage est plus long comparativement à l'installation directe. Un trou de plus grand diamètre doit être foré et le pré-tubage doit être retiré.

ii. Forage réalisé avec la technique de l'installation directe

Une tarière permet de foncer un trou de 120 à 160 mm jusqu'à ce que la nappe soit atteinte. Ensuite, on prépare le tuyau d'équipement permanent (parois du tuyau de 5 à 7,5 mm) d'un diamètre de 125 à 140 mm. Dans les sables fins, la crépine est enveloppée d'un tissu filtrant en polyester ou en géotextile.

Lorsque le fonçage reprend, le tuyau d'équipement permanent est utilisé comme le

pré- tubage. Le forage est terminé quand la profondeur finale est atteinte.

Avantages de l'installation directe

- L'exécution des travaux est rapide essentiellement due au plus petit diamètre du forage. Il n'est pas nécessaire de retirer le pré-tubage.
- Pas besoin d'installer du massif filtrant.

Inconvénients de l'installation directe

- Le coût: un tuyau d'équipement permanent coûteux doit être utilisé.
- Plage d'utilisation limitée uniquement aux sables. Les couches d'argile ne peuvent pas être traversées parce qu'elles bloqueraient le tissu filtrant. Le tissu filtrant doit être utilisé dans le sable fin.

2. Le forage à la percussion

Le forage à la percussion est la technique de forage manuelle la plus ancienne et date de l'an 1100 avant Jésus Christ.

Elle est originaire de Chine où des morceaux de bambous attachés à un lourd poids permettaient de forer des points d'eau. L'origine du nom percussion repose sur le mouvement du trépan actionné de haut en bas qui brise les roches et le sol au fond du trou. La technique de forage à la percussion (aussi appelé forage au battage) se décline en plusieurs versions. Toutes ces versions reposent sur le même principe : un trépan ou tarière est soulevé et laissé tomber au fond du trou pour couper la terre ou briser la roche afin que les morceaux ou débris puissent être remontés à la surface. Le forage à la percussion a été utilisé pour forer les premiers puits de pétrole dans les années 1800. La version mécanisée la plus moderne est appelée « forage mécanisé au câble » qui fait appel à de lourds équipements qui soulèvent et laissent tomber des trépan qui peuvent atteindre plus de 1000 kg.



Image 77 : Réalisation d'un forage à la percussion

Le forage à la percussion utilise un lourd trépan (ou cuiller) attaché à une corde ou un câble, lequel est descendu dans le trou du forage ou à l'intérieur d'un pré-tubage. Un trépied (ou chèvre) est en général utilisé pour suspendre l'équipement. En actionnant la corde ou le câble de haut en bas, le trépan ameublie et fragmente le sol ou la roche consolidée dans le trou de forage, dont les débris sont ensuite extraits grâce à la cuiller.

Comme pour le forage à la tarière, un pré-tubage en métal ou PVC peut être utilisé pour éviter l'effondrement du trou. Une fois le tubage définitif (tuyaux et crépines en PVC) installé, le pré-tubage doit être enlevé. Le forage à percussion est généralement utilisé jusqu'à une profondeur de 25 mètres

a. Les outils et le matériel

Le matériel nécessaire est composée de :

- Un trépan ;
- Une tarière de mise en eau ;
- tripode ;
- attache rapide ;
- goupille ;
- Boucle de cordage ;
- Chaîne métallique ;
- Corde de 50 m ;
- Crochet en acier ;
- Deux tonneaux vide (200 litres) points d'appui aux foreurs ;
- Une barre à mine pour creuser les avants trous ;
- Une caisse à outils divers (jeu de clé, scies, pince, etc.)
- Tuyaux PVC de Ø 110 pour le cuvelage ;
- Tuyau crépine de Ø 110 pour le captage ;
- Tuyaux PVC de Ø 140 pour le pré-tubage ;
- Tissu filtre ;
- Un capot pour fermer le forage ;
- Une motopompe pour le développement et le test de débit.



Image 78 : tripode

Image 79 :
Attache



Image 80 :
Trépan rapide



Image 81 :
Poulie



Image 82 : tarière
de mise en eau



Image 83 : Goupille **Image 84** : Boucle **Image 85** : Chaîne métallique **Image 86** : Corde **Image 87** : Crochet



Image 88 : Pelle **Image 89** : Barre à mine **Image 90** : Sciés à métaux **Image 91** : Caisse à outils
Image 92 : Tuyau PVC

b. Comment réaliser un forage à percussion

Dans le forage à percussion, un lourd trépan attaché à une corde ou un câble, est descendu dans le trou de forage. Un trépied (ou chèvre ou tripode) est en général utilisé pour permettre le levage des outils. En actionnant la corde ou le câble de haut en bas, le trépan ameublie et fragmente le sol ou la roche consolidée dans le trou de forage. De l'eau est ajoutée dans le trou et se mélange aux débris pour se transformer en boue. Cette boue est l'élément essentiel du procédé de fonçage. Elle plâtre les parois du trou et soulève les petits débris de roche. La boue (déblai et débris de roche) est ensuite remontée à la surface avec une tarière de mise en eau. Puis, le trépan est de nouveau lâché dans le trou puis on procède de la même manière que décrit précédemment.

L'utilisation d'une colonne de boue ou d'un pré-tubage en acier est parfois nécessaire pour éviter l'effondrement du trou.

La technique à la percussion (ou battage) est généralement utilisée jusqu'à des profondeurs de 25 mètres pour l'eau potable mais des forages plus profonds peuvent être réalisés.

La percussion peut être combinée à d'autres techniques de forage comme la tarière manuelle. Cette dernière permet de forer rapidement les premiers mètres du forage jusqu'à des terrains durs. Puis la percussion prend le relais dans ce type de formations dures.

Etape 1 : Préparation du site

Nettoyez l'aire de travail et préparez un couloir (petite allée). La longueur de l'allée sera égale à la longueur totale du forage.



Image 93 : Préparation du site

- Assemblez le pied avant à la poulie and fixez-le avec les écrous et boulons.
- Placez la corde dans la poulie
- Creusez un trou d'1 mètre de profondeur et placez le pied avant du tripode dans le trou.
- Levez le pied sur lequel est fixée la poulie et fixez les 2 autres pieds pour finaliser le montage du tripode. Creusez 2 autres trous d'1 mètre et positionnez les 2 pieds à l'intérieur. Le tripode est désormais prêt à être utilisé.

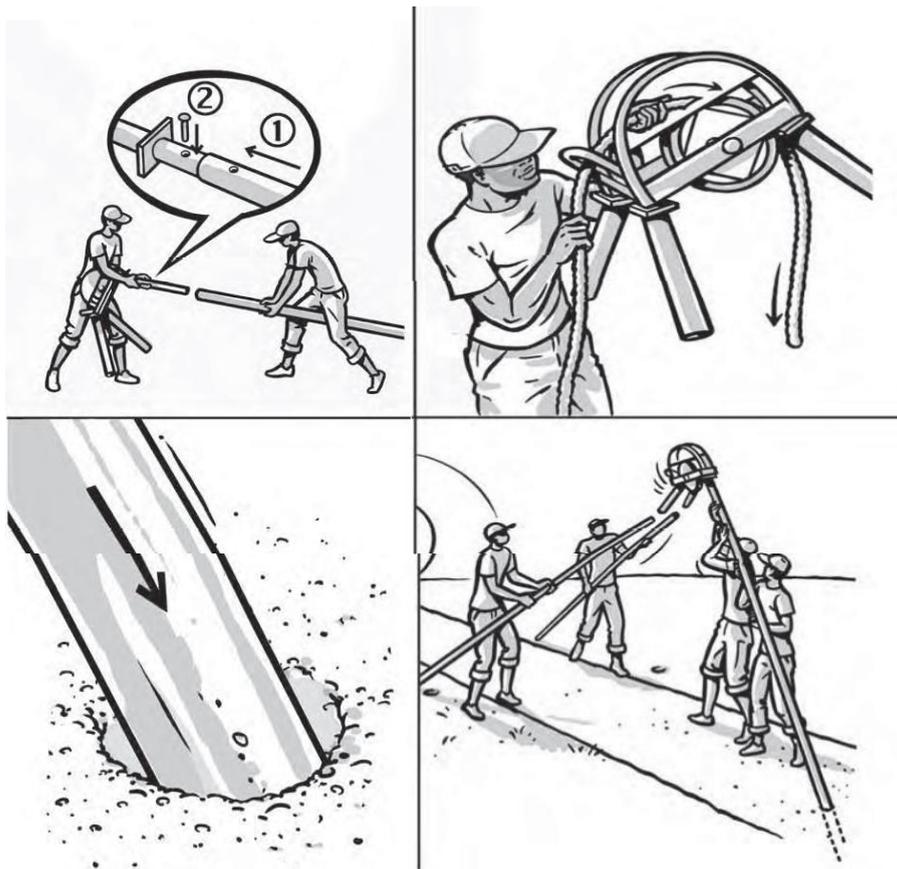


Image 94 : Installation du tripode

- Préparer la boucle de cordage et l'attache rapide :
 - Prenez un œillet en acier et placez la corde autour de celui-ci.
 - Placez l'extrémité de la corde contre la corde principale et attachez-les fermement grâce à une cordelette en faisant plusieurs tours avec les 2 cordes. Assurez-vous que l'œillet ne peut pas bouger ou tourner dans la corde.
 - Installez la manille sur la boucle.

La manille peut maintenant être attachée à l'attache rapide.

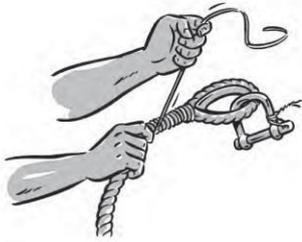


Image 95 : Préparer la boucle de cordage



Image 96 : Préparer l'attache rapide

- Creuser un drain

Creusez un drain vers l'extérieur de l'aire de travail de l'équipe. Cela drainera l'eau et la boue utilisées au cours des travaux.

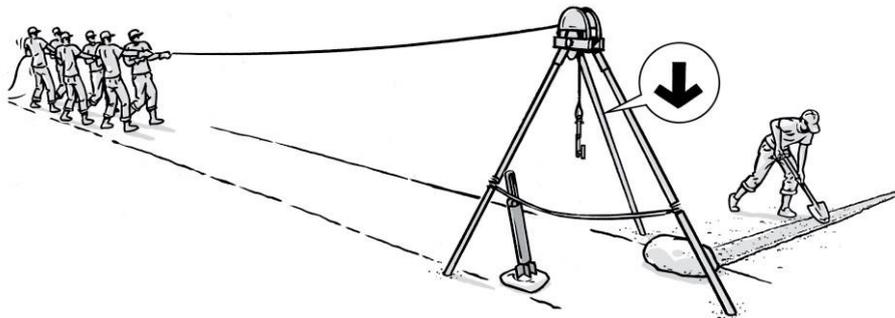


Image 97 : Creuser un drain et Puis faites descendre l'attache rapide et accrochez-la au trépan.

Puis faites descendre l'attache rapide et accrochez-la au trépan.

- Installer l'attache rapide au trépan
 - Prenez l'attache rapide ;
 - Tournez-la horizontalement ;
 - Enfilez le crochet dans la fixation du trépan ;
 - Tournez-la et remontez la corde.

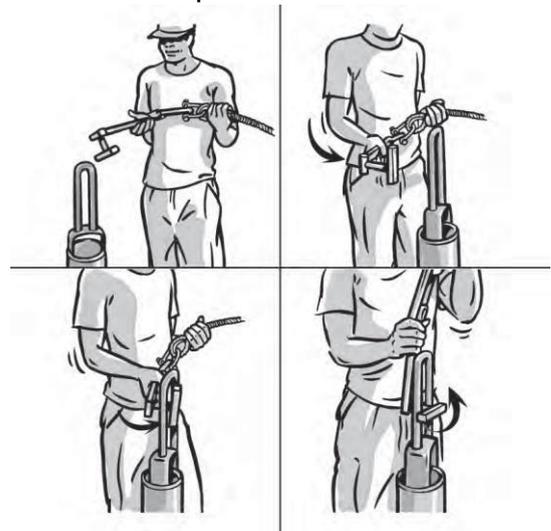


Image 98 : Installer l'attache rapide au trépan

□ Indiquer la position de l'avant-trou

- Soulevez le trépan en tirant sur la corde.

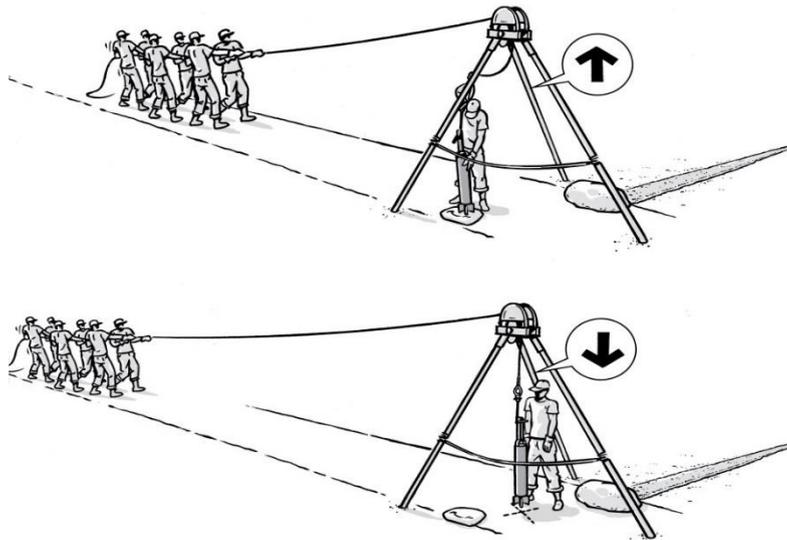


Image 99 : Indiquer la position de l'avant-trou

- Descendez le trépan et laissez-le suspendu par lui-même (près de la surface du sol) jusqu'à ce qu'il arrête de se balancer.
- Indiquez la position de l'avant-trou sur le sol. Le centre du trépan sera le centre de l'avant-trou.

□ Faire l'avant-trou

Faites un avant-trou au niveau de la position indiquée au centre du tripode et Utilisez une simple barre à mine ou une tarière conique et forez sur une longueur de 2 mètres.

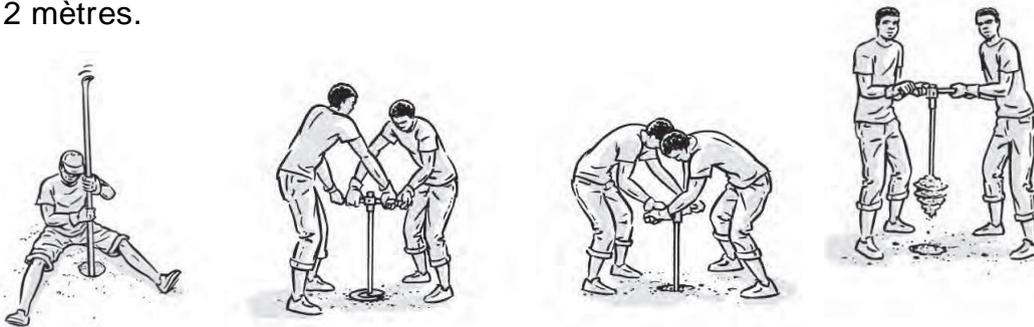


Image 100 : Faire l'avant-trou, utilisez une simple barre à mine ou une tarière conique et forez sur une longueur de 2 mètres

Etape 3 : Presque prêt à commencer!

- Mesurez la profondeur de votre avant-trou.



Image 101 : Mesurez la profondeur de votre avant-trou **Image 102** : Versez quelques seaux d'eau à l'intérieur de l'avant trou.

Faire de la boue : Versez quelques seaux d'eau à l'intérieur de l'avant trou. L'eau va ameublir le sol et créera de la boue au moment du fonçage. Cette boue viendra plâtrer les parois du trou et soulèvera les petits débris de roches qui auront été brisés.

- Lorsque vous forez dans de l'argile ou dans des matériaux limoneux, versez de l'eau uniquement dans l'avant-trou. Cela créera de la boue au cours du fonçage.**
- Si vous forez dans du sable ou du gravier, il est important d'ajouter de l'argile provenant d'ailleurs pour faire de la boue**

Etape 4 : se préparer à forer

- Le positionnement de l'équipe

L'équipe est constituée d'1 foreur et de 6 à 8 manœuvres. Le rôle du foreur est de diriger les manœuvres et de guider délicatement l'outil de fonçage. Le foreur est positionné sous le tripode et fait face aux manœuvres.

Les manœuvres tirent et lâchent l'outil de fonçage à l'aide de la corde. Ils sont positionnés dans l'allée.

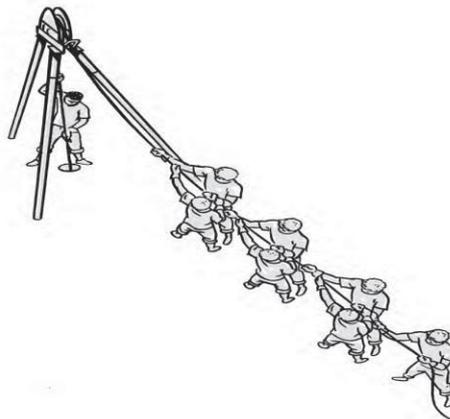


Image 103 : Le positionnement de l'équipe

- Descendre l'outil de fonçage

Le dernier manœuvre indique sa position en traçant une ligne au sol sur l'allée. A la suite d'un signe donné par le foreur, les manœuvres marchent lentement en direction du tripode pour descendre le trépan dans l'avant-trou.

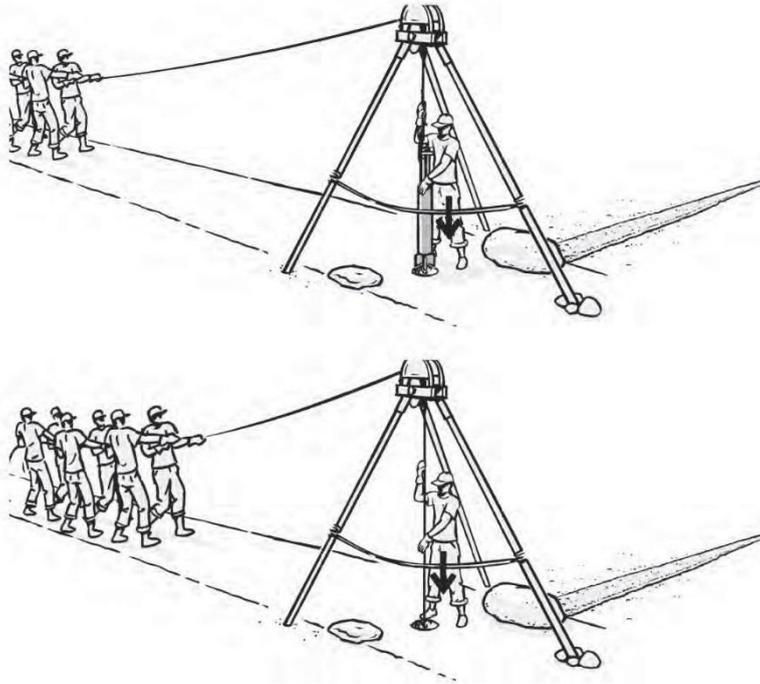


Image 104 : Descendre l'outil de fonçage

Marchez en direction du tripode jusqu'à ce que vous sentiez un changement de poids et le foreur crie « OK ».

Arrêtez d'avancer et maintenez la corde. Le trépan a maintenant atteint le fond du trou.

Etape 5 : Commencer à forer

- Le mouvement des manœuvres

Un mouvement ample est utilisé pour forer.

- Commencez avec vos bras en face de vous ;
- Tirez la corde jusqu'à ce que vos bras soient derrière votre taille ;
- Ramenez vos bras rapidement dans la position initiale. Le poids du trépan vous aidant facilement à atteindre le fond du trou ;
- Répétez ce cycle jusqu'à ce que le foreur vous donne le signal d'arrêter.



Image 105 : Commencez avec vos bras en face de vous

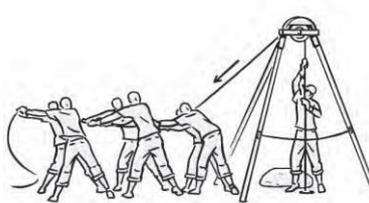


Image 106 : Tirez la corde jusqu'à ce que vos bras soient derrière votre taille



Image 107 : Ramenez vos bras rapidement dans la position initiale. Le poids du trépan vous aidant facilement à atteindre le fond du trou

Tirez et relâchez tous ensemble de manière synchronisée. Assurez-vous que le trépan n'est pas retenu par un ou plusieurs des manœuvres.

□ Le mouvement du foreur

Utilisez vos deux mains pour guider délicatement la corde et maintenir le trépan centré.

NE soulevez ou ne descendez PAS le trépan, ceci est le rôle des manœuvres.

□ Les mouvements de battage

Les sols durs et compacts nécessitent plus de coups que les sols tendres. Parfois le trépan peut être actionné de haut en bas qu'une douzaine de fois mais dans des sols durs plus de cent mouvements peuvent s'avérer nécessaires.

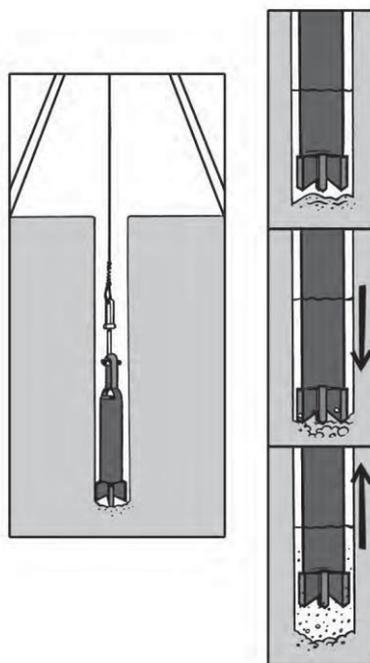


Image 108 : Les mouvements de battage

□ Observer la progression du forage

Faites une marque sur la corde avant la première descente du trépan pour être en mesure d'évaluer l'avancement du forage.

Essayez de ressentir l'impact et le son émit. Si l'impact fait un bruit sourd et que le forage ne progresse pas, vous devez vider le trou avec la tarière de mise en eau.

Etape 6 : Retirer le trépan

□ Remonter le trépan

Marchez avec la corde jusqu'au marquage qui avait été fait sur l'allée lors du dernier changement d'outils. Ecoutez le foreur vous annoncer « arrêtez », l'outil de fonçage est maintenant hors du trou.

□ ***En fin de course, tirez DOUCEMENT sur la corde et regardez l'outil sortir du trou.***

□ ***Si vous tirez trop rapidement, vous risquez d'endommager le tripode et la poulie avec l'outil voir même blesser le foreur.***

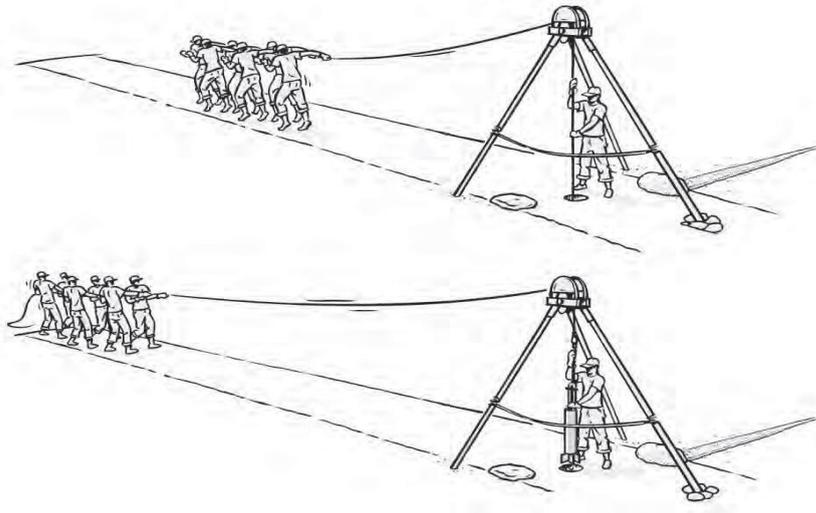


Image 109 : Remonter le trépan

- Retirer l'outil de fonçage

Placez l'outil contre la corde ou perche située entre les deux pieds du tripode. Laissez les manœuvres vous donner du « mou » sur la corde afin que l'outil se pose sur le sol.

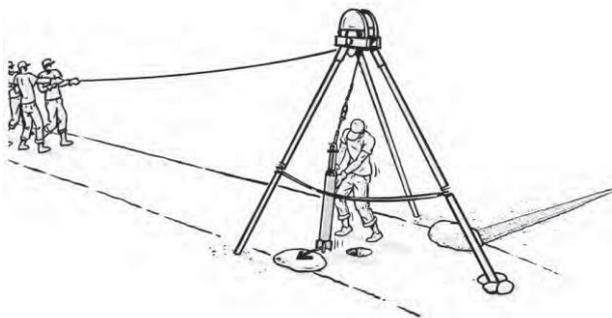


Image 110 : Retirer l'outil de fonçage et retirez-la de l'outil de fonçage



Image 111 : Tournez l'attache rapide d'un angle de 90 degrés

Etape 7 : Utilisation de la tarière de mise en eau

- Utilisez la tarière de mise en eau quand vous souhaitez vider les débris (cuttings) du trou.

Accrocher l'attache rapide à la tarière de mise en eau et faites descendre la tarière au fond du trou.

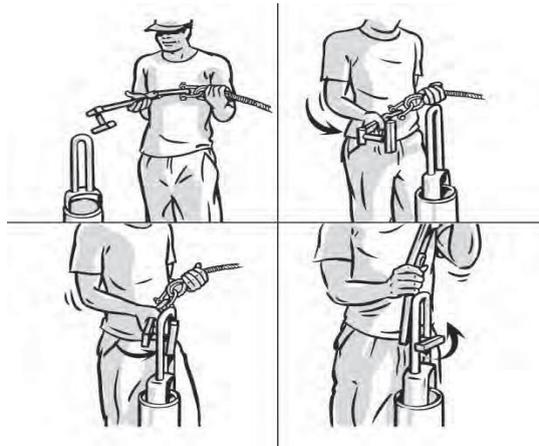


Image 112 : Accrocher l'attache rapide à la tarière de mise en eau

□ Le mouvement de la tarière de mise en eau

Levez et relâchez la tarière plusieurs fois afin remuer les cuttings au fond du trou (en particulier pour les plus gros morceaux déposés au fond).

Le mouvement avec la tarière est semblable à celui réalisé avec le trépan mais d'une amplitude moindre (course plus courte).

Commencez avec vos bras en face de vous. Tirez la corde jusqu'à ce que vos bras soient derrière votre taille. Ensuite, ramenez vos bras dans la position initiale.

Répétez ce cycle 2 à 3 fois. La tarière est maintenant pleine et peut être remontée à l'extérieur du trou (le foreur indiquera par un signal l'ordre de remonter).

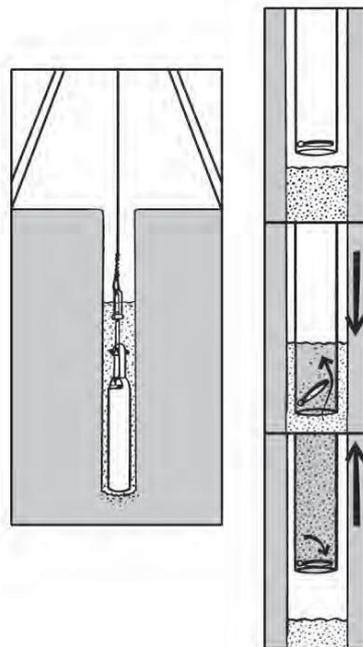


Image 113 : Le mouvement de la tarière de mise en eau

□ Remontez la tarière hors du trou.

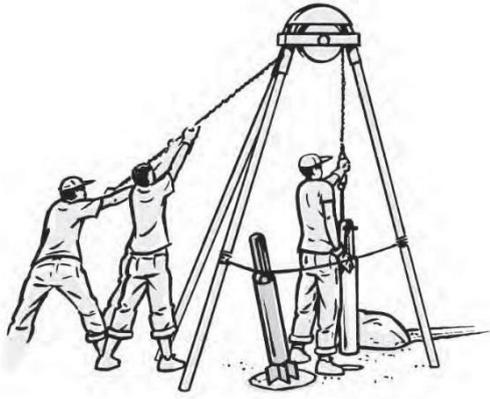


Image 114 : Remontez la tarière hors du trou

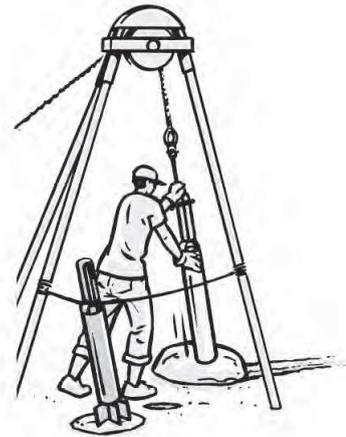


Image 115 : Demandez aux manœuvres de donner du moue sur la corde et placez la tarière sur une roche

- Demandez aux manœuvres de donner du moue sur la corde et placez la tarière sur une roche.
- Demandez aux manœuvres encore un peu plus de moue sur la corde et faites pivoter le haut de la tarière par-dessus la roche.
- Laissez le haut de la tarière se poser sur le sol et ouvrez la valve de fond pour garantir la bonne évacuation des cuttings (cela permet aussi de vérifier que la valve n'est pas bloquée).

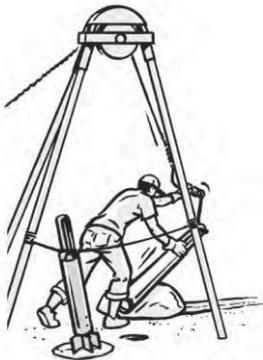


Image 116 : Faites pivoter le haut de la tarière.

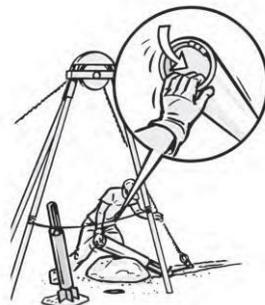


Image 117 : Laissez le haut de la tarière



Image 118 : Prendre des échantillons de sol par-dessus la roche se poser sur le sol et ouvrez la valve de fond pour garantir la bonne évacuation des cuttings

□ Continuer le fonçage du trou

- Continuez à vider les débris du trou jusqu'à ce que la plupart des cuttings soient remontés à la surface.
- Attachez le trépan et continuez à forer. Répétez ce cycle (forer et vider) jusqu'à ce que la nappe soit atteinte.

Étape 8 : Forer en-dessous du niveau de la nappe

- Forer au-dessus du niveau de l'eau

Quand vous forez au-dessus du niveau de la nappe, le trou reste généralement ouvert (à condition qu'il y ait suffisamment de boue pour éviter que les parois ne s'effondrent).

- Forer en-dessous du niveau de l'eau

Une petite colonne d'eau est généralement suffisante pour maintenir les parois ouvertes quand vous forez dans la roche ou l'argile.

Dans la plupart des cas vous trouverez du sable ou du gravier. Le sable et le gravier ont très peu de cohésion et par conséquent l'eau de la nappe peut facilement « pousser » le sable à l'intérieur du trou. Les parois du trou peuvent commencer à s'effondrer.

- Le sable et le gravier peuvent s'effondrer facilement! Vous pouvez éviter cela en ajoutant de l'eau ou de la boue.



Image 118 : Le sable et le gravier peuvent s'effondrer facilement

Image 119 : Ajouter de l'eau ou de la boue

Image 120 : Le poids de la colonne d'eau va pousser contre les parois du trou. Le trou ne s'effondrera pas

Le niveau de boue et d'eau dans le trou sera maintenant plus haut que le niveau de la nappe.

La boue viendra plâtrer les parois du trou (l'eau va rester dans le trou et ne s'infiltrera pas).

Le poids de la colonne d'eau va pousser contre les parois du trou. Le trou ne s'effondrera pas.

Etape 9 : Les étapes finales

- La bonne profondeur du forage

Continuez le fonçage jusqu'à ce que la profondeur finale du forage soit atteinte. La profondeur finale est atteinte quand vous aurez pénétré une couche de sable/gravier grossier sur au moins 4 mètres.

- La prochaine étape consiste à nettoyer le forage
 - Versez quelques seaux d'eau à l'intérieur du trou.
 - Enlevez toute la boue et les débris (cuttings) du fond du fond avec la tarière de mise en eau. Activez la tarière LENTEMENT de haut en

- bas. NE PAS foncer plus profond.
- Continuez d'ajouter de l'eau propre dans le trou pendant le nettoyage.
- Procédez de la sorte jusqu'à ce que le trou soit propre.
- Retirez la tarière de mise en eau.
- L'installation finale du forage peut commencer.

□ Mesurer la profondeur du trou

Mesurer précisément la profondeur du trou foré. Cela vous informe sur la longueur totale des tuyaux d'équipement nécessaires.

□ Installation du tuyau d'équipement en PVC

Avant de commencer l'équipement du forage, préparer la crépine, le décanteur et les tuyaux PVC (1). Faire descendre la crépine dans le trou (2). Puis, visser ou coller le premier tuyau PVC sur la crépine (3). Descendre le tuyau dans le trou (4). Et, ajouter les tuyaux PVC un par un.

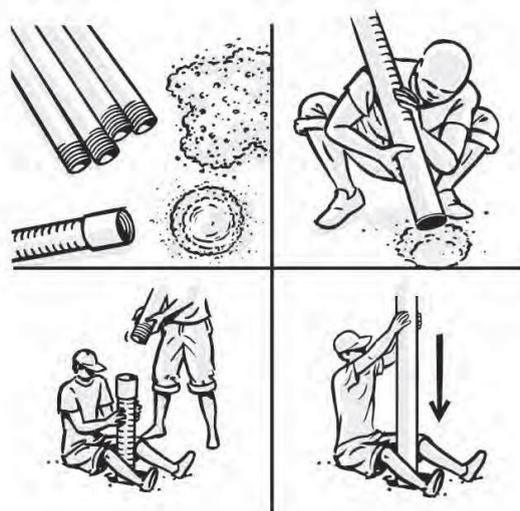


Image 121 : Installation du tuyau d'équipement en PVC

□ Le massif filtrant

Commencez à verser lentement le massif filtrant tout autour du tubage. Pour faciliter la descente du massif, vous pouvez secouer le tubage PVC de part et d'autre du trou.

Mesurez régulièrement la profondeur du massif filtrant afin de s'assurer qu'il soit au bon emplacement. Remplir l'espace annulaire entre le tubage et la paroi du trou sur une hauteur d'au moins 1-2 m au-dessus du haut de la crépine.

c. Dans quelles conditions cela marche - t-il?

Cette technique est appropriée pour forer des formations non-consolidées et consolidées: sable, limons, argiles dures, gravier, calcaire, latérite et roches altérées. Tout comme les autres techniques de forage manuel, elle peut traverser plusieurs types de roches mais pas toutes !

3. Le forage à la boue

Le forage manuel à la boue, parfois qualifié d'asiatique, est une technique de forage traditionnelle, originaire du Pakistan, largement utilisée en Chine, en Inde, au Bangladesh et au Népal pour réaliser des forages à moindre coût. Comme son nom l'indique (« sludge » signifie « boue » en anglais), cette technique utilise la circulation de l'eau pour faire remonter à la surface du sol les matériaux forés. Le train de tiges de forage est actionné de haut en bas. Pendant la descente des tiges, le choc créé par le trépan fixé au bout du train de tiges ameubli/fragmente les matériaux du sol et pendant le mouvement de remontée, l'extrémité du train de tiges est obturée avec la main (effet de soupape), créant ainsi une aspiration de l'eau et des débris qu'elle contient jusqu'à la surface. Au cours du mouvement de descente suivant, la main est retirée du train de tiges et l'eau gicle dans le bassin préalablement creusé à côté du forage. Dans ce bassin de décantation, les débris se séparent de l'eau pour se déposer au fond du bassin alors que l'excédent d'eau redescend à nouveau dans le trou. La pression de l'eau sur les parois du forage évite l'effondrement de ces dernières. Plusieurs variantes du forage à la boue ont été développées. On peut citer les méthodes « Rota sludge », « Baptist » et « Emas ».

Développée par Terry Waller, la méthode "Baptist" est basée sur la circulation de boue mais la valve qu'elle utilise se situe à la base du train de forage, au niveau du trépan, et non en surface. Les allonges en PVC sont animées d'un mouvement de va-et-vient vertical à l'aide d'une corde passée dans une poulie (actionnée manuellement ou par un moteur).

La méthode Emas, développée par Wolfgang Buchner, est une combinaison du forage à la boue et du forage au lançage à l'eau.

La méthode dite du "Rota sludge" a été développée par Aris van Herwijen de PRACTICA

Foundation. En 2001, Aris introduisait au Nicaragua la méthode de forage à la boue "asiatique" utilisée au Nord du Bengal (Inde). Cependant, les équipes de forage peinaient lorsqu'elles rencontraient des formations compactes et consolidées. Pour forer à travers ces couches, un trépan a été développé et un mouvement de rotation ajouté, d'où le nom "Rota sludge ». Un système de Rota sludge motorisé appelé Maq-Perfor, a récemment été développé et testé au Nicaragua.

Le forage à boue (avec ou sans rotation) peut être utilisé jusqu'à une profondeur d'environ 35 mètres.



Image 122 : Réalisation
d'un forage à la boue

a. Les outils et le matériel

Le matériel nécessaire est composée de :

- Un trépan ;
- Une tarière manuelle ;
- Masse tiges ;
- Des allonges métalliques ;
- Poteaux ;
- Planches de bois ;
- Bras articulé ;
- Axe ;
- Levier ;
- Coussinet ;
- Cordes ; chaîne métallique ;
- Clous ; boulons et écrou
- Deux tonneaux vide (200 litres) points d'appui aux foreurs ;
- Une barre à mine pour creuser les avants trous ;
- Une caisse à outils divers (jeu de clé, sciés, pince, etc.)
- Tuyaux PVC de Ø 110 pour le cuvelage ;
- Tuyau crépine de Ø 110 pour le captage ;
- Tuyaux PVC de Ø 140 pour le pré-tubage ;
- Tissu filtre ;
- Un capot pour fermer le forage ;
- Une motopompe pour le développement et le test de débit.



Image 123 : Allonges **Image 124** : Masse tige **Image 125** : Trépan **Image 126** : Poteaux **Image 127** : Planches de bois **Image 128** : Tarière



Image 129 : Bras articulé **Image 130** : Axe **Image 140** : Levier **Image 141** : Coussinet **Image 142** : Boulon et écrou



Image 143 : Scies **Image 144** : Clé à griffe **Image 145** : Pelle **Image 146** : Fût de 200 l
Image 147 : Corde **Image 148** : Colle PVC



Image 149 : Corde de 6m **Image 150** : Chaîne de 6 mm **Image 151** : Clous de 10 cm **Image 152** : Caisse à outils **Image 153** : Tuyaux PVC

b. Réalisation d'un forage par la méthode Rota sludge

Un point d'eau réalisé par la méthode Rota sludge est un forage réalisé en utilisant la circulation de la boue pour faire remonter les matériaux forés à la surface du sol. Le train de forage est actionné de bas en haut. Pendant la descente des tiges, le choc créé par le trépan fixé au bout du train de forage ameubli / fragmente les matériaux du sol et pendant le mouvement de remontée, l'extrémité du train de forage est obturée avec la main (ou valve), créant ainsi une aspiration de la boue et des débris qu'elle contient jusqu'à la surface.

Au cours du mouvement de descente suivant, la main est retirée du train de forage et la boue jaillit dans le bassin de décantation préalablement creusé à côté du forage. Dans ce bassin, les débris se séparent de la boue, en se déposant au fond du bassin, tandis que l'excédent de boue redescend dans le trou de forage. D'autres allonges sont ajoutées au fur et à mesure que le forage progresse.

Le forage est maintenu plein d'eau en permanence afin d'éviter l'effondrement de ses parois. Des additifs épaississants sont ajoutés à cette eau afin d'enduire les parois du forage dans les formations instables, de faciliter le transport des débris de sols vers la surface et de réduire les pertes en eau.

Un simple cadre en bois, constitué de deux poteaux reliés par un axe, à proximité du forage, sert de support au levier utilisé pour actionner verticalement le train de forage. Un bras articulé, relié à ce dernier, permet de le mettre en rotation le trépan lorsqu'il percute le fond du trou.

Le forage à la boue (avec ou sans rotation) pour les points d'eau potable est généralement utilisé pour atteindre des profondeurs de 35 mètres en moyenne et,

exceptionnellement, d'avantage dans des sols tendres.

Etape 1 : Installation des équipements de surface

Creuser les trous pour les poteaux (Images 153 à 156) Creusez 2 trous de 80 cm de profondeur pour les poteaux.

La distance entre les 2 trous doit être de 30 cm environ.



Image 153 :



Image 154 :



Image 155 :



Image 156

Mesurer la longueur des poteaux
Placez l'un des poteaux dans son trou. Le haut du poteau doit arriver au niveau des épaules des membres de l'équipe.

Installer les poteaux
Introduisez une pierre plate assez large au fond de chaque trou et placez ensuite les poteaux.



Image 157 : Placez l'un des poteaux dans son trou

- Installer l'axe et le levier
 - Placez l'axe entre les deux poteaux
 - Fixez le coussinet par un clou.
 - Posez le levier sur l'axe.
 - Clouez deux planches de bois entre les poteaux (à 50 cm de hauteur)

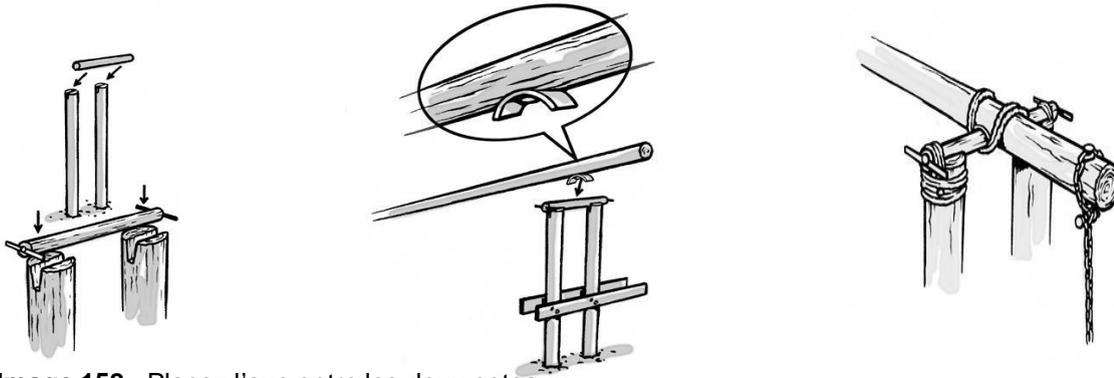


Image 158 : Placez l'axe entre les deux poteaux

Image 159 : Fixez le coussinet par un clou.

Image 160 : Attacher le levier et la chaîne Posez le levier sur l'axe

Attacher le levier et la chaîne

- Plantez 1 gros clou dans chaque poteau et passez une corde de 15 mm autour du levier, de l'axe et des deux poteaux afin de les relier solidement.
- Attachez la chaîne au levier, à une distance de 35 mm de l'axe, à l'aide d'un boulon et d'un écrou. Plantez un gros clou dans le levier afin de retenir la chaîne.

Marquer la position du forage

Avec le levier en position horizontale, laissez la chaîne toucher le sol et faites une marque à 2,5 cm devant (voir l'image). Ce point indiquera l'axe central du forage.

Creuser un trou de départ

A l'aide d'une tarière ou d'une barre de fer, creusez un trou de départ de 1,5 mètre de profondeur minimum au point marqué précédemment

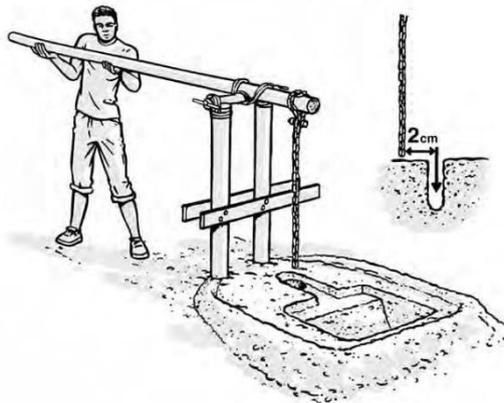


Image 161 : Marquer la position du forage

Etape 2 : Préparer le bassin de décantation

Creuser le bassin de décantation

Creusez le bassin de décantation et rehaussez son pourtour d'une diguette. Le bassin de décantation comporte une partie haute et une partie plus profonde. Reliez le bassin de décantation et le trou de départ par un canal. Les débris de matériaux forés vont pouvoir être extraits du liquide de forage dans la partie profonde du bassin de décantation.

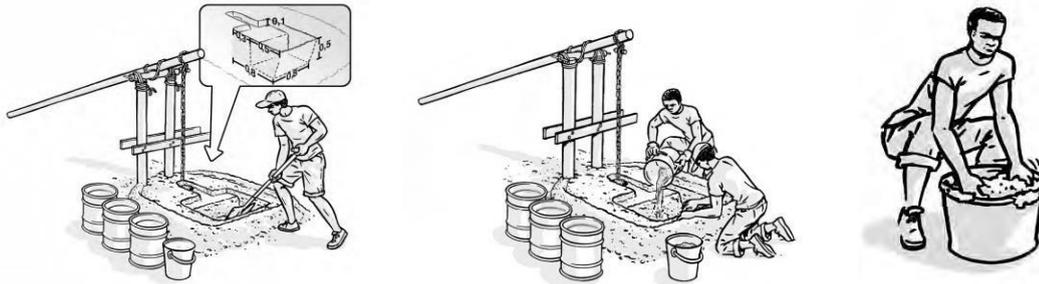


Image 162 : Creuser le bassin de décantation **Image 163** : Remplissez le bassin avec de l'eau. **Image 164** : Préparation du fluide de forage

- Enduire le bassin de décantation

Etanchéifiez le bassin de décantation et le canal avec de l'argile ou du fluide de forage (eau + additif) pour éviter les pertes d'eau. Dans le sable ou les argiles sèches (fissures) l'eau fuit facilement.

- A propos de l'approvisionnement en eau

Remplissez le bassin avec de l'eau d'un puits ou d'une rivière proche du site.

Assurez-vous que vous aurez assez d'eau pour toute la journée ! Vous allez utiliser beaucoup d'eau pendant le fonçage.

- Préparation du fluide de forage

Ajoutez quelques poignées d'additif à l'eau jusqu'à ce que l'eau devienne visqueuse.

Le fluide de forage permet de transporter les matériaux forés jusqu'à la surface, de réduire les pertes d'eau et les risques d'effondrement.

Etape 3 : Préparation des équipements

- Fixer le trépan à la masse tige

Fixez le trépan à la masse tige en utilisant les clés à griffe.

- Installation du train de forage

Placez la masse tige surmontée du trépan dans le trou de départ.

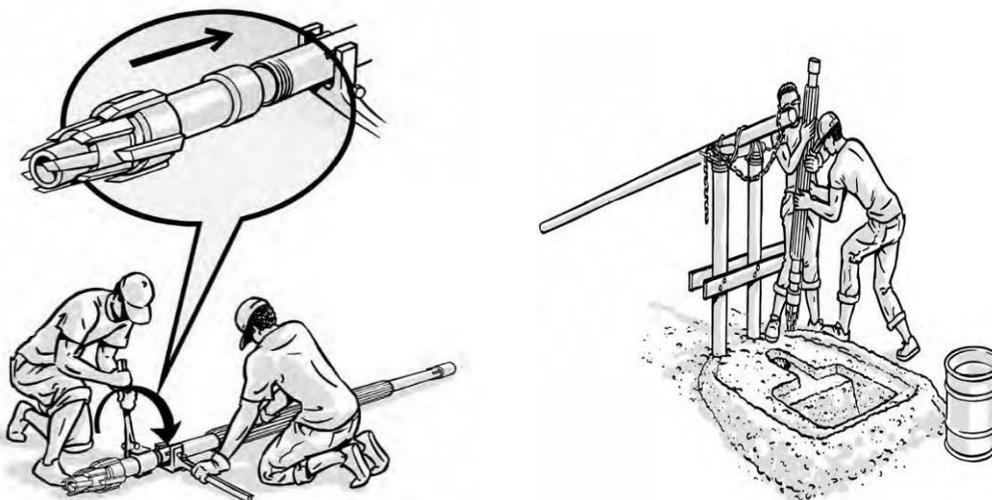


Image 165 : Fixer le trépan à la masse tige **Image 166** : Installation du train de forage

Tenez le levier horizontal. Nouez la chaîne autour de la masse tige à l'aide d'un boulon fixé à 20 cm au-dessus du sol. Sécurisez la chaîne en passant un petit brin de corde naturelle autour de la chaîne.

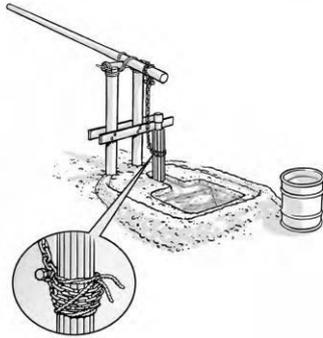


Image 167 : Attacher la chaîne à la masse tige
bras articulé

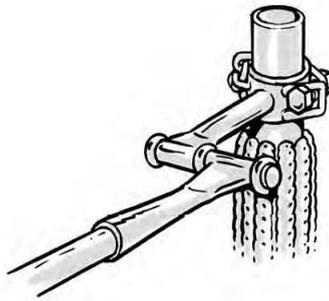


Image 168 : Fixer le bras articulé

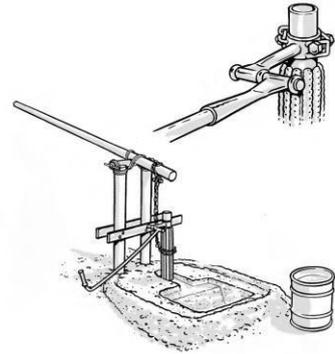


Image 169 : Fixer le

Attachez le bras en haut de la masse tige. Le forage va bientôt pouvoir commencer.

Etape 4 : Bientôt prêt à commencer

□ La position des équipiers

Le travail s'organise autour de 3 postes :

- Le foreur contrôle le débit d'eau avec sa main droite et coordonne l'équipe. Il se tient à côté du train de forage, face au bassin de décantation.
- Au levier, le(s) opérateur(s) hisse(nt) puis laisse(nt) choir le train de forage en actionnant le levier de bas en haut.
- Un opérateur actionne le bras articulé qui permet d'imprimer un mouvement de rotation au train de forage et au trépan. Cet opérateur est placé face au foreur.

□ Remplir d'eau le train de forage

Remplissez le train de forage d'eau et bouchez rapidement son extrémité avec la main. Maintenant, le forage peut commencer !

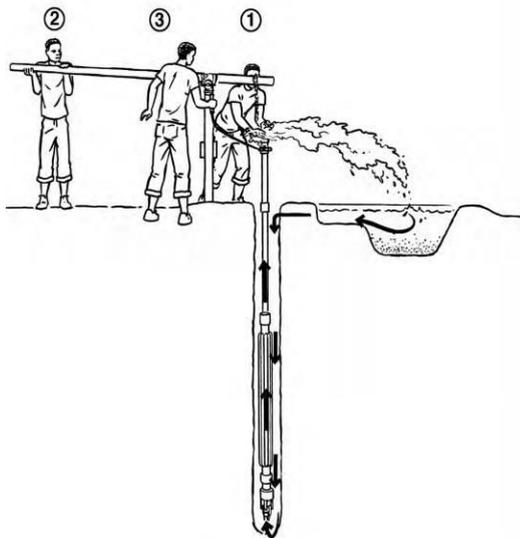


Image 170 : La position des équipiers, le travail s'organise autour de 3 postes



Image 171 : Remplir d'eau le train de forage

Etape 5 : Commencez à forer

- Faire circuler la boue
 - Bouchez l'extrémité du tuyau avec la main ;
 - Actionnez le levier vers le bas (remontez le train de tiges) ;
 - Relevez très rapidement le levier (laissez le train de forage tomber en chute libre) ;
 - Entrouvrez la main sur le train de forage. L'eau est alors éjectée hors du tuyau. Faites en sorte que la boue se déverse dans le bassin de décantation ;
 - Bouchez ensuite le train de forage et reprenez le cycle.

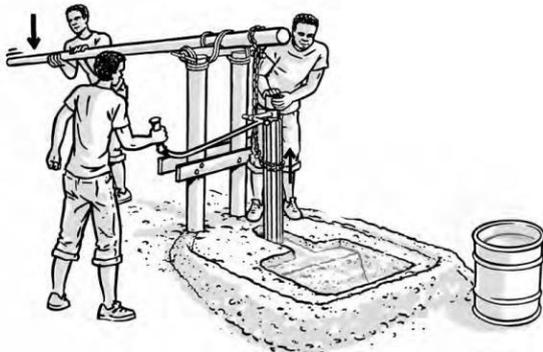


Image 172 : Faire circuler la boue
Bouchez l'extrémité du tuyau avec la main

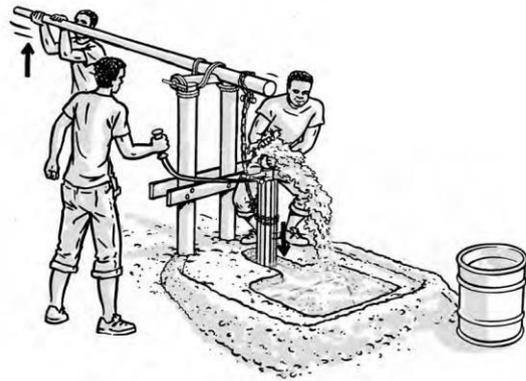


Image 173 : Entrouvrez la main sur le train de forage.
L'eau est alors éjectée hors du tuyau

- Le mouvement de rotation
 - Abaissez le levier (hissez le train de forage).
 - Remontez très rapidement le levier (laissez le train de forage tomber en chute libre).
 - Actionnez le bras après que le trépan ait percuté le fond.

Faites pivoter le bras d'un quart de tour de la droite vers la gauche (sens des aiguilles d'une montre).

- Abaissez à nouveau le levier (hissez le train de forage)
- Ramenez le bras dans sa position initiale (rotation de gauche à droite)

N'actionnez le bras vers la droite que lorsque le trépan est dégagé du fond pour éviter que les filetages du train de forage ne se dévissent.

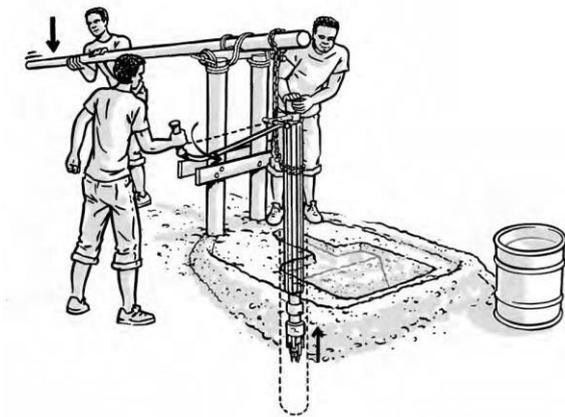
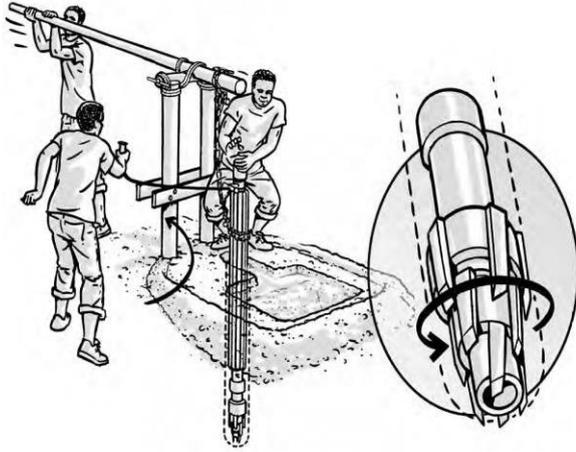


Image 174 : Le mouvement de rotation

Image 175 : Le cycle complet de fonçage

□ Le cycle complet de fonçage

- Bouchez l'extrémité du train de forage avec la main ;
- Abaissez le levier (hissez le train de forage) ;
- Relevez très rapidement le levier (laissez le train de forage tomber en chute libre) ;
- Entrouvrez la main. Faites jaillir la boue vers le bassin de décantation ;
- Faites tourner le bras après que le trépan ait percuté le fond ;
- Bouchez l'extrémité du train de forage, abaissez de nouveau le levier et ramenez le bras en position initiale.

Etape 6 : Forer plus profond

□ Rehausser la chaîne

La position de travail est bonne lorsque le levier est à l'horizontal. Lorsque le forage progresse, le levier s'élève et devient difficile à atteindre. Il faut alors rehausser la chaîne sur le train de forage pour ajuster la hauteur du levier (image 176).

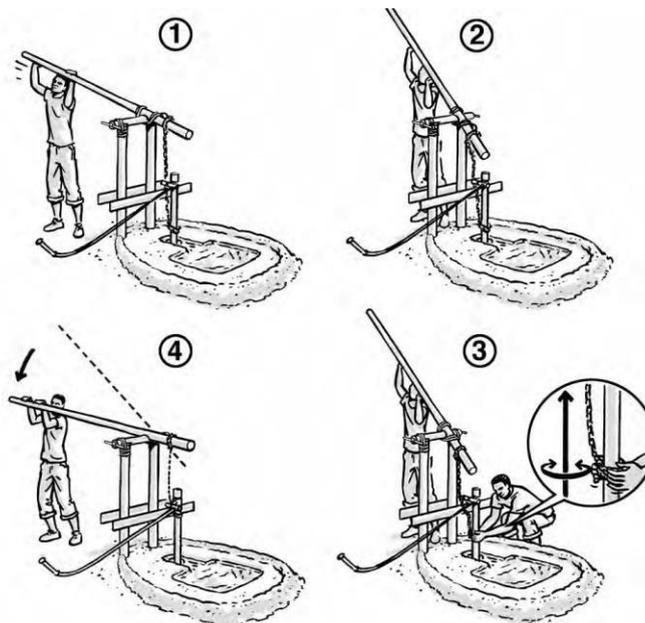


Image 176 : Rehausser la chaîne

- Le levier devient difficile à atteindre (trop haut).
- Remontez le levier pour donner du mou à la chaîne.
- Faites glisser la chaîne vers le haut (ne tendez pas la chaîne avec le levier).
- Remettez le levier en position horizontale. La hauteur de travail a été ajustée.

Etape 7 : Faire une pause et ajouter une allonge

- Nettoyer le trou de forage

Au cours du forage, une grande quantité de débris s'accumulent au fond du trou. Le trou de forage doit donc être nettoyé pour retirer ces débris.

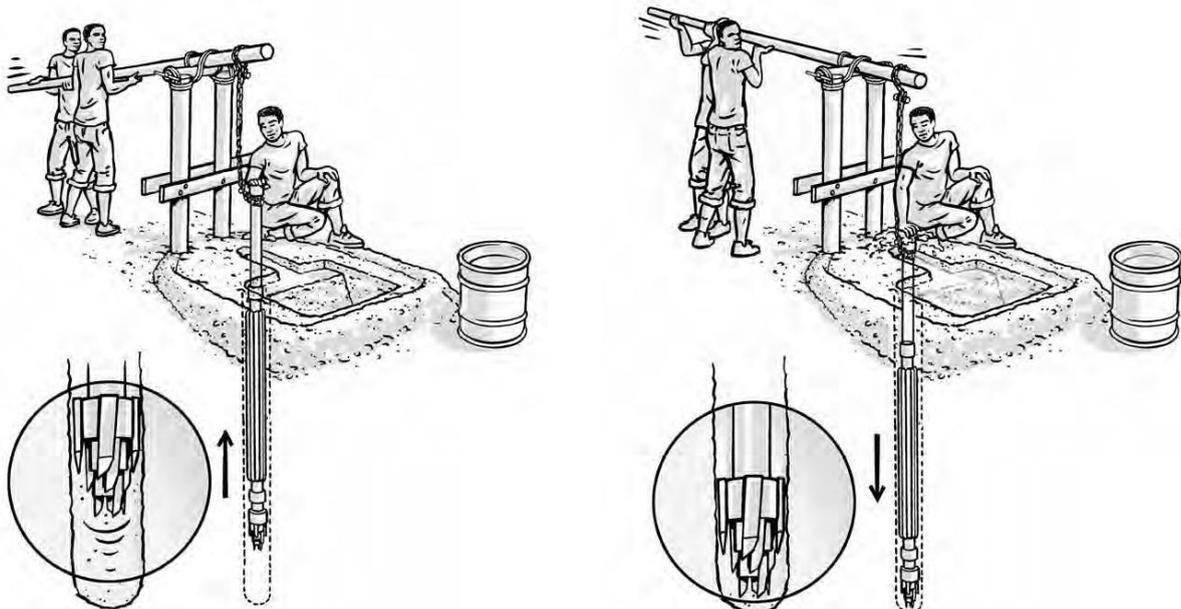


Image 177 : Nettoyer le trou de forage

Image 178 : Nettoyer le trou de forage

- Actionnez le levier de haut en bas, ne forez pas plus profond ! (ne percutez pas le fond du trou).

- Faites circuler la boue jusqu'à ce que tous les débris aient été évacués. (Ne pas actionner le bras).

□ Pourquoi nettoyer ?

Au cours du forage, beaucoup de débris se mêlent à la boue dans le trou du forage. Quand il y en a trop, les débris risquent de bloquer le train de forage. Pire, ils peuvent s'accumuler sur le trépan et vous risquez alors de perdre votre équipement !

Faites circuler l'eau jusqu'à ce que la boue ne contienne plus aucun débris. A ce moment – là seulement, il est possible d'arrêter.

□ Evacuer les débris accumulés dans le bassin de décantation

Evacuez les débris du bassin de décantation avec une pelle.



Image 179 : Evacuer les débris accumulés dans le bassin de décantation **Image 180** : Ajouter une nouvelle allonge

□ Ajouter une nouvelle allonge

- Forez d'abord avec la masse tige (1,5m), jusqu'à l'enfouir totalement dans le sol.
- Ajoutez une mini-allonge (75 cm).
- Une fois cette mini-allonge enfouie, ajoutez une autre mini-allonge (75 cm).
- Ajoutez ensuite des allonges normales (1,5m) pour tout le reste du forage.

Etape 8 : Forer à la bonne profondeur

□ Prendre des échantillons de sol

Prélevez un échantillon de sol foré à chaque mètre ou à chaque fois qu'une nouvelle allonge est ajoutée.

Placez un seau d'eau propre dans le bassin de décantation. Faites en sorte que la boue jaillissant hors du train de tiges se déverse dans le seau. Récupérez un échantillon de sol dans le seau.

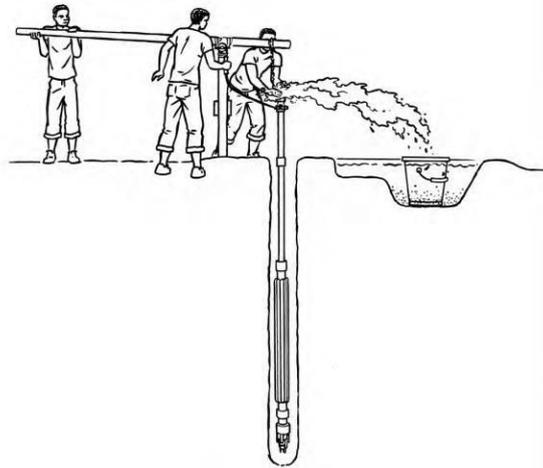


Image 181 : Prendre des échantillons de sol

- La bonne profondeur de forage

Poursuivez le fonçage jusqu'à ce que vous ayez atteint la profondeur finale. La profondeur finale du forage est atteinte lorsque vous avez traversé une couche de sable grossier/gravier sur plus de 4 mètres.

Etape 9 : Les dernières étapes

Continuez à l'étape suivante seulement si vous avez atteint la profondeur finale de forage

- Laver le trou de forage

Cette étape consiste à nettoyer (faire remonter à la surface) TOUS les débris du trou de forage. Faites circuler la boue sans interruption jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de débris (attention à ne pas forer plus profond !).

- Retirer les allonges

Une fois que le trou de forage est propre vous pouvez retirer les allonges. Attention à ne sortir qu'une seule allonge à la fois !

- Remontez l'allonge (avec le levier) et maintenez-la à l'aide d'une clé à griffe.
- Relâchez le levier jusqu'à ce que la clé porte l'allonge ;
- Soulevez alors le levier et glissez la chaîne vers le bas, le long du train de l'allonge ;
- Remontez l'allonge ;

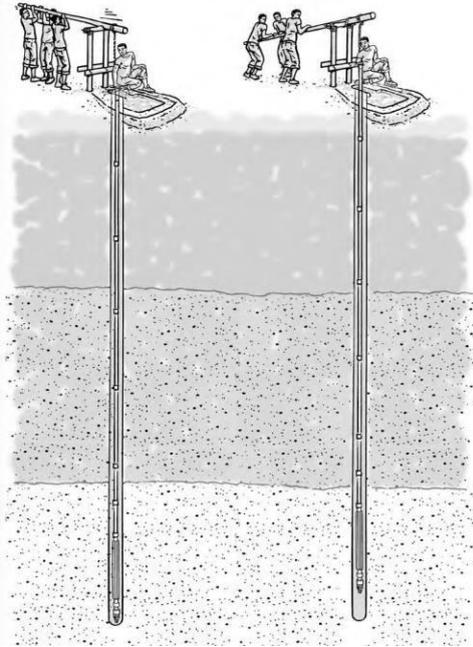


Image 182 : Laver le trou de forage allonges

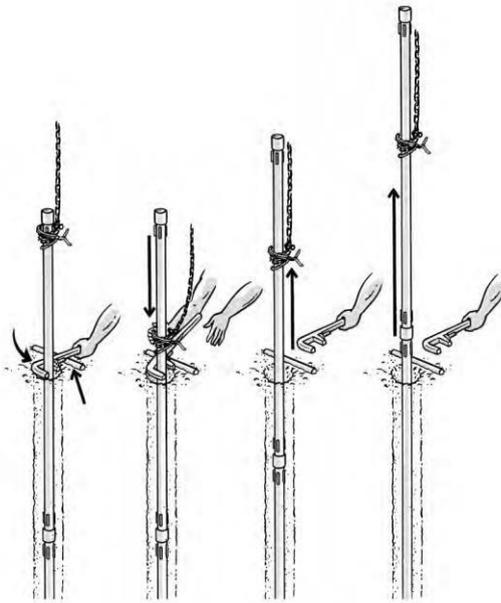


Image 183 : Retirer les

- Répétez les gestes 1 à 3 jusqu'à ce que la clef à griffe soit placée sous un manchon ;
- Serrez la clef à griffe en dessous d'un manchon. Descendez l'allonge jusqu'à ce que la clef à griffe la soutienne. Retirez la chaîne et la placer sous le manchon ;
- Vous pouvez maintenant dévisser l'allonge.

Attention !

Soyez très vigilants lorsque vous retirez les allonges. Tous les membres de l'équipe doivent être très concentrés. Il y a toujours un risque que l'allonge RETOMBE dans le trou de forage si elle n'est pas correctement maintenue par la clé à griffe.

Récupérer une allonge perdue au fond du trou n'est pas chose facile.

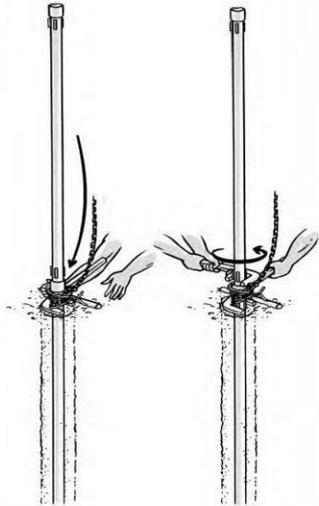


Image 184 : Sécurisez toujours le train de forage avant de dévisser une allonge

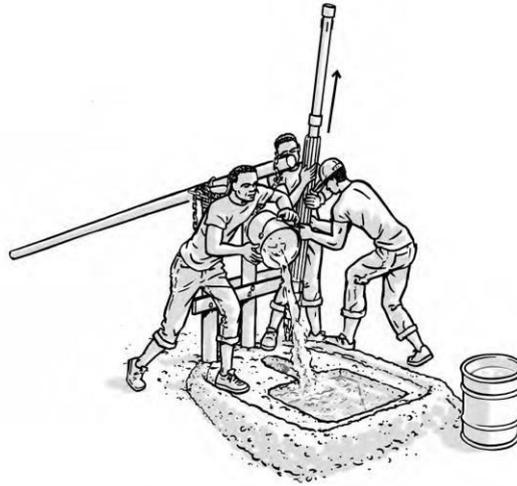


Image 185 : Garder le trou de forage plein avec la chaîne d'eau

- Garder le trou de forage plein d'eau

Gardez toujours le trou de forage et le bassin de décantation pleins d'eau lorsque vous retirez les allonges et, tout au long des étapes suivantes, afin d'éviter l'effondrement des parois du forage.

- Mesurer la profondeur du trou (Image 186)

Mesurer précisément la profondeur du trou foré. Cela vous informe de la longueur totale des tuyaux d'équipement nécessaires.

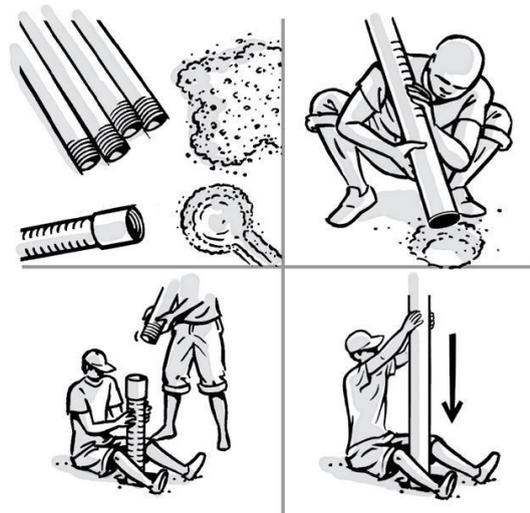


Image 186 : Mesurer la profondeur du trou

Image 187 : Installation du tuyau d'équipement en PVC

- Installation du tuyau d'équipement en PVC (Image 187)

Avant de commencer l'équipement du forage, préparer la crépine, le décanteur et les tuyaux PVC (1). Faire descendre la crépine dans le trou (2). Puis, visser ou coller le premier tuyau PVC sur la crépine (3). Descendre le tuyau dans le trou (4). Et, ajouter les tuyaux PVC un par un.

- Rincer et nettoyer le forage et la crépine (Image 188)

Quand le tubage et la crépine sont installés, ils doivent être nettoyés et rincer à

l'eau claire.

Verser de l'eau propre à l'intérieur du tubage pour permettre à l'eau boueuse de déborder par le trou du forage. Lorsque l'eau qui s'évacue du trou du forage est propre alors le nettoyage est terminé. Ensuite on peut procéder à la mise en place du massif filtrant.



Image 188 : Rincer et nettoyer le forage et la crépine **Image 189** : Commencez à verser lentement le massif filtrant

□ Le massif filtrant (Image 189)

Commencez à verser lentement le massif filtrant tout autour du tubage. Pour faciliter la descente du massif, vous pouvez secouer le tubage PVC de part et d'autre du trou.

Mesurez régulièrement la profondeur du massif filtrant afin de s'assurer qu'il soit au bon emplacement. Remplir l'espace annulaire entre le tubage et la paroi du trou sur une hauteur d'au moins 1-2 m au-dessus du haut de la crépine.

□ Le remblai

Après avoir mis en place le massif filtrant, vous devez installer un joint d'étanchéité sanitaire et combler le trou avec le remblai.

c. Où est-ce que cela fonctionne ?

Le forage à la boue convient pour les formations non consolidées : sable, limons et argile. Lorsqu'il est rotatif (muni de trépan), le forage à la boue permet de forer des formations légèrement consolidées telles que les argiles dures, les grès tendres, les tufs et latérites altérées.

4. Le forage au lançage à eau

Le nom lançage à l'eau ou jetting vient de 'l'évacuation des débris de sol par l'effet lavant d'un jet d'eau lancé sous pression dans le trou du forage'. Cette technique est aussi dénommée technique de forage au 'washbore' ou encore 'rotary manuel' du fait du mouvement de rotation transféré par le manche au train de tiges (ou allonges) pour permettre de briser et couper les particules de sol.

La technique du lançage à l'eau rotatif ou rotary manuel a été développée au cours du temps grâce à une combinaison entre la technique manuelle du lançage rapide et la technique conventionnelle du forage au rotary. Richard Cansdale, un pionnier de la technique du lançage rapide, a d'abord perfectionné cette technique sur les plages de sable fin du littoral afin d'en extraire de l'eau de mer propre pour les aquariums et les laboratoires océanographiques. Il a ensuite introduit la technique au Nigéria et dans d'autres pays pour accéder à l'eau souterraine dans les lits des rivières et des plaines inondables. Elle est également utilisée pour augmenter la productivité des puits creusés à la main dans des aquifères sableux. Le lançage rapide à l'eau est la plus simple et la moins coûteuse des techniques de lançage et est adapté aux terrains présentant des nappes phréatiques peu profondes dans des conditions de sol très mou et les terrains sableux bouillant. Et le rotary manuel (versus lançage rapide à l'eau) a été conçu pour forer à de plus grandes profondeurs. Aujourd'hui lançage à l'eau rotatif est utilisé au Nigeria, le Niger, Madagascar, Tchad, Sénégal, Burkina Faso, Ouganda, Kenya, Soudan, Bénin, Sri Lanka et dans les pays occidentaux.

Le lançage à l'eau est également basé sur la circulation et la pression de l'eau. A la différence du forage à boue, l'eau est désormais injectée à l'intérieur du train de tiges et la boue (eau et débris) remonte le long des parois du forage. Afin d'obtenir une pression d'eau suffisante, on utilise une motopompe. On peut laisser l'extrémité inférieure du tuyau de forage simplement ouverte, ou on peut y rajouter un outil de fonçage (trépan). On peut également faire tourner totalement ou partiellement le train de tiges.

Un fluide de forage (additif) peut être mélangé à l'eau pour éviter l'effondrement des parois du trou et la perte incontrôlée de l'eau par infiltration. La technique du lançage à l'eau (avec rotation) peut être utilisée jusqu'à une profondeur d'environ 35 – 45 mètres.



Image 190 : Réalisation d'un forage au lançage à l'eau

a. Les outils et le matériel

Le matériel nécessaire est composée de :

- Manche de rotation ;
- Têtes d'injection ;
- Trépan ;
- Une motopompe.
- tuyau d'aspiration ;
- Tuyau de refoulement ;
- Bâches ;
- Additif fluide de forage ;
- Des allonges métalliques ;
- Tuyaux PVC de Ø 110 pour le cuvelage ;
- Tuyau crépine de Ø 110 pour le captage ;
- Tuyaux PVC de Ø 140 pour le pré-tubage ;
- Deux tonneaux vide (200 litres) points d'appui aux foreurs ;
- Une barre à mine pour creuser les avants trous ;
- Une caisse à outils divers (jeu de clé, pince, etc.)



Image 191 : Manche de rotation **Image 192** : Têtes d'injection **Image 193** : Motopompes **Image 194** : Crépine



Image 195 : Allonges **Image 196** : Trépan **Image 197** : Tuyau PVC **Image 198** : Scies **Image 199** : Clé à griffe **Image 200** : Pelle



Image 201 : Tuyau aspiration **Image 202** : Tuyau refoulement
Image 204 : Sac de gravier calibré

Image 203 : Caisse à outils



Image 205 : Bâche en plastique **Image 206** : Fût de 200 litres **Image 207** : Additif fluide forage **Image 208** : Bidon carburant

b. Comment réaliser un forage au lançage à eau

Un point d'eau réalisé au lançage est un forage de faible diamètre qui est creusé dans le sol à l'aide d'un grand volume d'eau, lui-même pompé puis injecté dans le train de tiges ou allonges. Le jet d'eau injecté dans les allonges creuse les formations de sol meuble et tendre comme le sable, les limons et les graviers fins. Le lançage à l'eau rapide est la technique la plus adaptée pour les nappes phréatiques peu profondes, mais le rotary manuel permet la réalisation de forages plus profonds. Le tuyau d'équipement en PVC et la crépine sont placés à l'intérieur du trou foré et l'espace annulaire entre la crépine et la paroi du trou est comblé avec du massif filtrant afin d'éviter l'intrusion de sable fin à l'intérieur du forage. Une motopompe est utilisée pour faire circuler un grand volume d'eau à travers le train de tiges jusqu'au fond du trou.

Dans le même temps, la force humaine est utilisée pour la rotation et le mouvement de percussion du train de tiges. La profondeur à laquelle vous êtes capable de forer dépend du type de sol rencontré et de la quantité d'eau disponible sur le site. Mais en général, il est possible de forer jusqu'à 35 mètres et exceptionnellement jusqu'à 50 mètres. Le trou du forage est maintenu plein d'eau afin d'empêcher les parois de s'effondrer, tandis que l'outil de forage creuse dans la formation. La 'boue' (eau et débris) circule entre le train de tiges et les parois du trou jusqu'à la surface. Un bassin de décantation, creusé à proximité du trou de forage, permet aux débris de se déposer et à l'eau 'propre' de circuler à nouveau à travers le train de tiges.

Au cours du lançage, il est important de veiller au bon approvisionnement en eau, en particulier dans les sables et graviers très perméables, où pas moins de 5 fûts d'eau / heure peuvent être nécessaires. Les fluides de forage (additifs) peuvent être mélangés avec l'eau pour plâtrer les parois du trou dans les formations instables. Ceci empêche l'eau injectée de s'infiltrer et augmente la viscosité de l'eau ce qui facilite le transport des débris de sol vers la surface du forage.

Les 2 techniques du lançage à l'eau

- Le lançage rapide à l'eau, aussi appelé 'lançage direct', consiste à faire pénétrer un tuyau en plastique dans le sol grâce à l'injection sous pression d'une grande quantité d'eau depuis une motopompe.
- La technique peut être utilisée jusqu'à 6-10 mètres de profondeur dans des formations de sable bouillant. Le chapitre intitulé 'lançage rapide à l'eau' présenté ultérieurement dans ce module décrit cette technique en détail. La technique est très utile pour approfondir les puits creusés à la main qui ont tendance à s'effondrer. Elle est également utilisée pour forer des forages peu profonds à faible coût pour l'eau potable et l'irrigation.
- Avec la technique du lançage à l'eau rotatif ou rotary manuel, les forages réalisés peuvent être plus profonds qu'avec la technique du lançage rapide à l'eau. Elle est généralement utilisée pour des forages destinés à l'eau potable.
- Un outil de forage et un manche de rotation sont fixés au train de tiges métalliques permettant la pénétration de l'argile, de graviers et de sables peu à moyennement compactes.
- L'utilisation des additifs de forage épaissit l'eau circulant dans le trou et permet de 'plâtrer' la paroi du trou foré. Cela réduit les pertes d'eau par infiltration et permet d'éviter l'effondrement du trou. Dans la pratique, cela augmente le temps disponible pour la construction du forage et pour le

processus d'installation des tuyaux d'équipement.

Etape 1 : Préparation des bassins de décantation

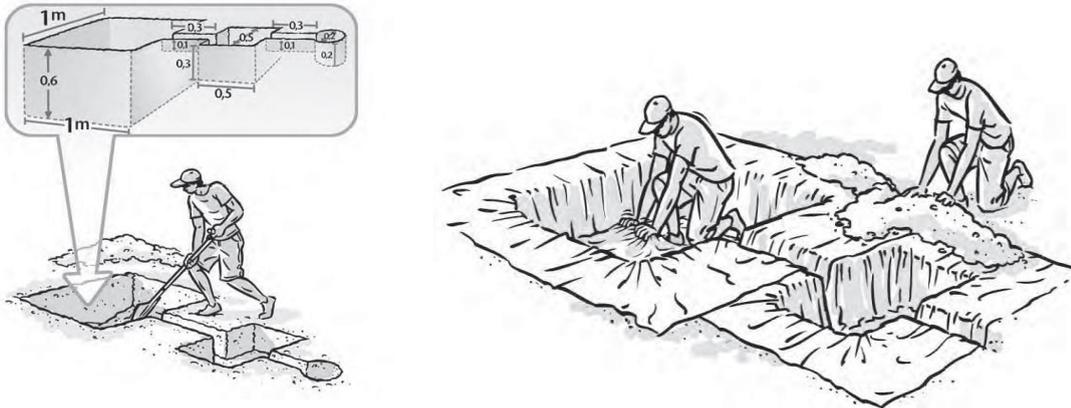


Image 209 : Creuser les bassins de décantation **Image 210** : Couvrir les bassins de décantation

□ Creuser les bassins de décantation

Commencez par creuser les bassins à boues de forage. Ils sont creusés pour augmenter la capacité de stockage de votre eau de forage. Dans les bassins, les matériaux forés sont séparés par décantation de l'eau de forage.

Le premier petit bassin décante les matériaux grossiers et le grand bassin décante les matériaux plus petits.

□ Couvrir les bassins de décantation

Dans les terrains sableux, il est utile de recouvrir les bassins avec une bâche en plastique pour conserver votre eau. Une alternative est de colmater les bassins avec de l'argile ou du fluide de forage (eau + additifs).

Etape 2 : Préparation des équipements

□ Assembler l'outil de forage et la tête d'injection (Images 211, 212 et 213)

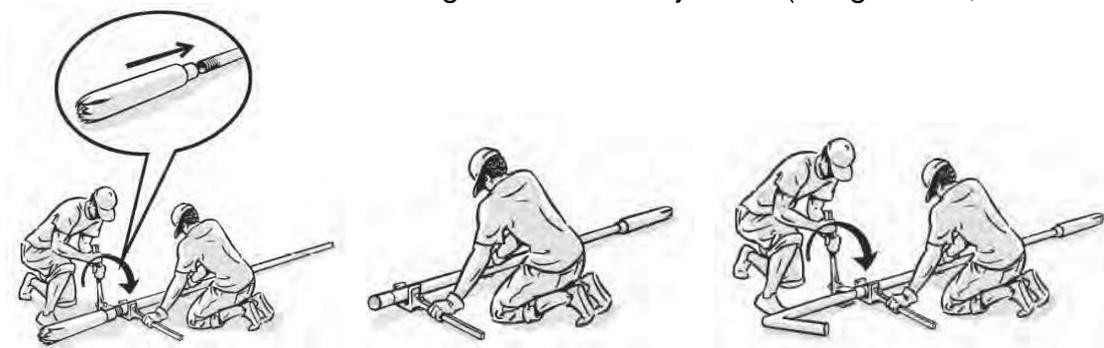


Image 211 **Image 212** **Image 213**

Assembler l'outil de forage et la tête d'injection sur l'allonge à l'aide des clés à griffe.

- Installer la motopompe (Images 214 à 216)



Image 214

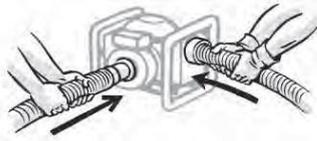


Image 215

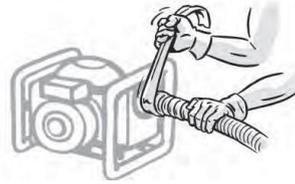


Image 216

La motopompe est placée à côté du grand bassin à boues.

- Attachez les deux tuyaux flexibles (Images 217 et 218)

Vous connectez à cette dernière les tuyaux d'aspiration et de refoulement.



Image 217

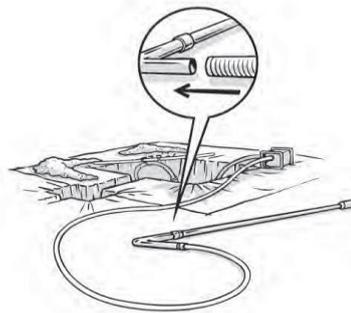


Image 218

Le tuyau d'aspiration (2 m) est équipé d'une crépine à son extrémité. Placez la crépine dans le grand bassin et attachez l'extrémité de l'aspiration avec la crépine sur un support afin que la crépine soit positionnée à 30 centimètres du fond du bassin!

Connectez le tuyau de refoulement (5m) à la tête d'injection.

Etape 3 : Préparation du fluide de forage

- A propos de l'approvisionnement en eau (Images 219 et 220)



Image 219



Image 220

Remplir les bassins avec de l'eau d'un puits ou d'une rivière proche du site (demandez à la population locale pour vous aider ou approvisionnez-vous avec un véhicule).

Assurez-vous d'avoir assez d'eau pour toute la journée! Vous allez utiliser beaucoup d'eau pendant le fonçage.

- Préparer le fluide de forage (Images 219 et 220)

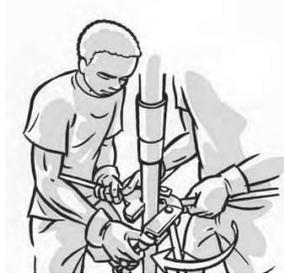
Ajouter quelques poignées d'additif à l'eau jusqu'à ce que l'eau devienne visqueuse.

Le fluide de forage permet de transporter les matériaux forés jusqu'à la surface et réduit les pertes d'eau et les risques d'effondrement.

Etape 4 : Bientôt prêt à commencer



Image 214 : Mettre en place l'allonge



Images 222 - 223 : Installer le manche de rotation

- Mettre en place l'allonge

Positionner la tige, qui est raccordée à la tête d'injection et à l'outil de forage, au-dessus de l'avant trou.

- Installer le manche de rotation

Connecter le manche sur l'allonge. Positionner le manche à hauteur de poitrine afin d'avoir une position de travail confortable et ergonomique.

Etape 5 : commencer à forer

- La circulation de l'eau (Image 224)

Démarrer la motopompe et commencer à pomper l'eau du bassin jusqu'à l'allonge. Une circulation constante de l'eau est ainsi créée.

2 à 4 membres de l'équipe tiendront le manche de rotation. 1 membre de l'équipe maintient l'alignement de la tête d'injection avec le tuyau de refoulement pour empêcher le tuyau de s'enrouler autour de l'allonge lorsque le manche est tourné.

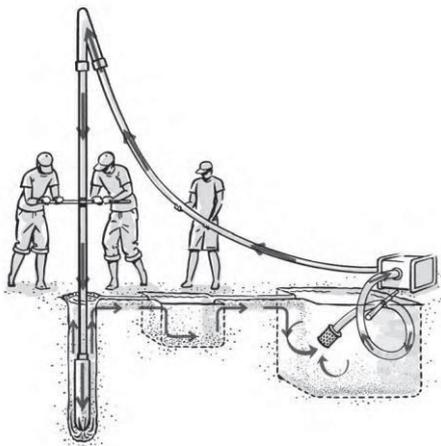
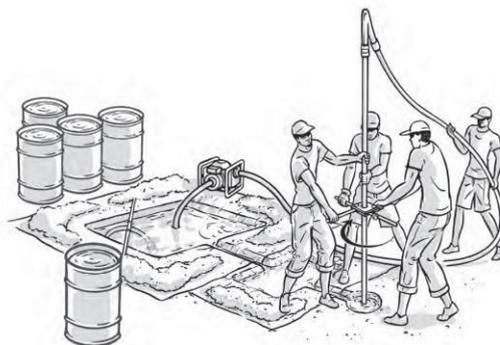


Image 224 : La circulation de l'eau



Images 225 : Forer un trou vertical

- Forer un trou vertical (Image 225)

Commencer par forer lentement. Dans les premiers mètres de fonçage, 2 foreurs doivent observer l'allonge depuis des angles de vue différents afin de s'assurer de la verticalité de Celle-ci (si seulement 1 foreur vérifie la verticalité de l'allonge, il y

a de fortes chances pour que le trou ne soit pas droit).

Un forage qui n'est pas vertical engendrera des problèmes au moment de l'installation du tubage et de la mise en place de la pompe à main.

□ Comment forer ?

Le mouvement exercé sur l'outil de forage est une combinaison de rotations et de pressions verticales vers le bas permettant ainsi à l'outil de forage de briser et couper le sol.

□ Le mouvement de rotation (Images 226, 227 et 228)

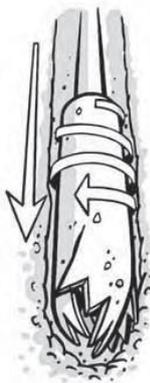


Image 226

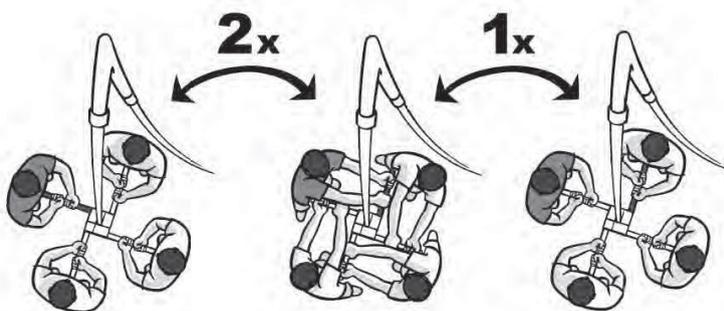


Image 227

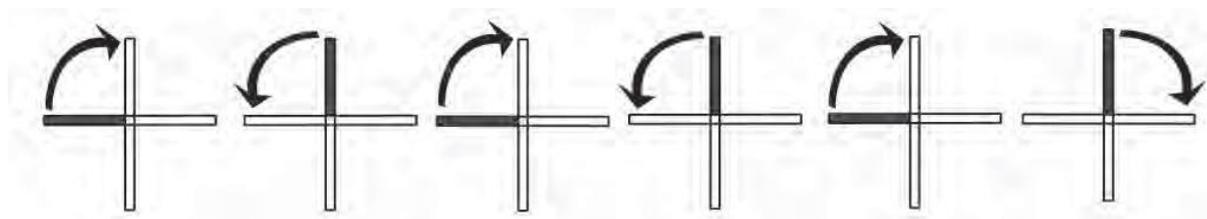


Image 228

1. En avant 2. En arrière 3. En avant 4. En arrière 5. En avant 6. Continue
comme et on passe le manche en no.1

□□ Chaque membre de l'équipe tourne d'un quart de tour le manche dans le sens des aiguilles d'une montre. Puis, il le tourne en arrière jusqu'à la position initiale. Ceci est exécuté 2 fois consécutivement.

□□ Ensuite, il tourne une fois de plus le manche et le passe au membre de l'équipe situé à sa gauche.

Répétez ces 2 étapes de façon ininterrompue. Au cours de ces mouvements, le poids corps est utilisé pour pousser le manche vers le bas.

Etape 6 : Faire une pause & ajouter une nouvelle allonge

□ Faire une pause

Poursuivre le fonçage jusqu'à ce que le manche de rotation atteigne la tête d'injection et qu'il arrête sa descente à la surface du sol.

Conservé les allonges dans cette position (ne pas forer plus en profondeur!) et laisser l'eau circulée en permanence.

Cela va laver et faire remonter tous les débris hors du trou.

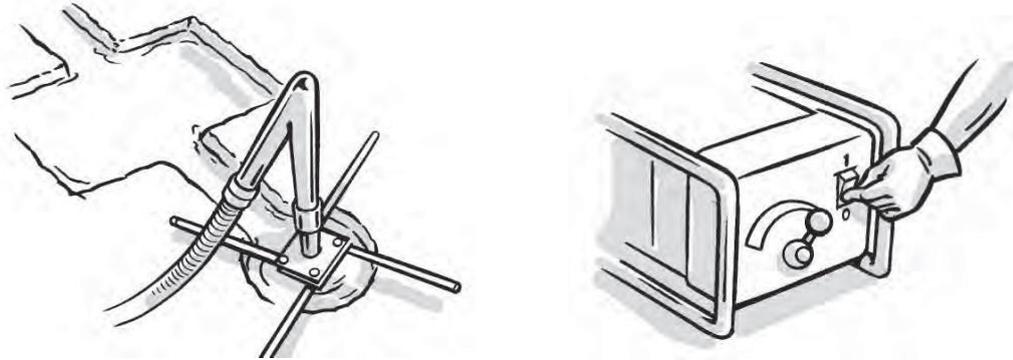


Image 229 : Faire une pause **Image 230** : Arrêter la motopompe

Arrêter la motopompe

Assurez-vous que TOUS les débris soient évacués du trou. Vérifiez que l'eau qui s'écoule à la surface du forage est 'propre'.

C'est alors seulement à ce moment-là que le moteur de la motopompe peut être coupé (et arrêter la circulation d'eau).

Lorsque des additifs de forage sont utilisés et qu'il a peu de perte d'eau par infiltration alors la motopompe peut être arrêté en toute sécurité.

Curer les bassins de décantation

Une fois que la motopompe est arrêtée, les débris (ou cuttings) peuvent être évacués des deux bassins. Faites attention à ne pas endommager la bâche plastique avec votre pelle lorsque vous curer les bassins.



Image 231 : Curer les bassins de décantation **Images 232 - 233 - 234** : Ajouter une allonge supplémentaire

Ajouter une allonge supplémentaire

- Retirer la tête d'injection de l'allonge qui est dans le trou ;
- Fixer la tête d'injection sur une nouvelle allonge ;
- Assembler cette nouvelle allonge sur celle qui est dans le trou du forage ;
- Puis, fixer le manche de rotation à bonne hauteur sur la nouvelle allonge et remettez en marche la motopompe pour continuer le fonçage.

Etape 7 : Forer à la bonne profondeur

Prendre des échantillons de sol

Prélever un échantillon du sol foré à chaque mètre ou à chaque fois qu'une nouvelle allonge est ajoutée. Prélever l'échantillon de sol provenant de la partie supérieure du petit bassin de décantation (attention le sol peut être mélangé).

Sinon, vous pouvez prendre l'échantillon de sol à la sortie du trou du forage.

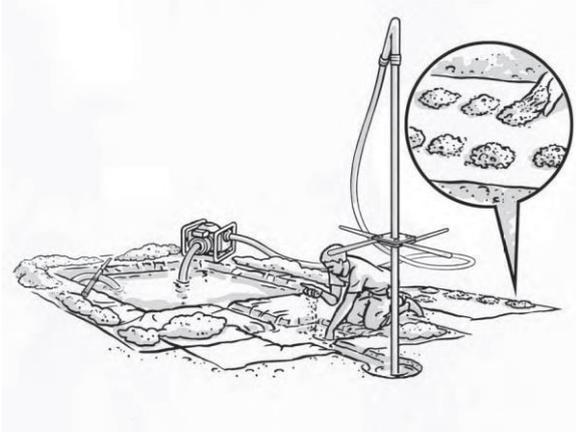


Image 235 : Prendre des échantillons de sol

- La bonne profondeur du forage

Poursuivre le fonçage jusqu'à ce que vous ayez atteint la profondeur finale. La profondeur finale du forage est atteinte lorsque vous avez traversé une couche de sable grossier / gravier sur au moins 4 mètres.

Etape 8 : Les dernières étapes

- Laver le trou du forage

L'étape suivante consiste à nettoyer (faire remonter à la surface) TOUS les débris du trou du forage !

Conserver les allonges dans leur position (ne pas fonder plus profond!). Et laisser l'eau circuler sans interruption pendant environ 5 minutes. Cela lavera tous les débris du trou du forage.

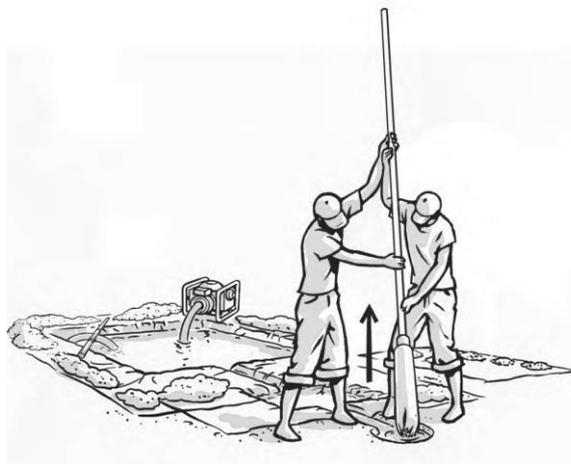
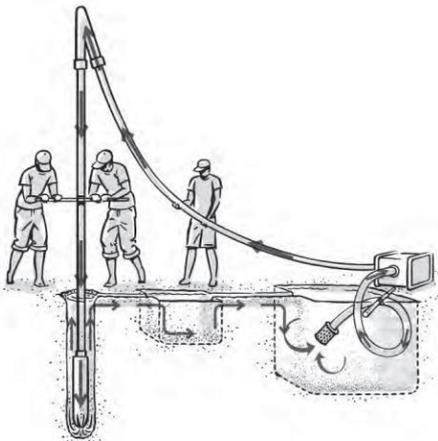


Image 236 : Laver le trou du forage **Image 237** : Retirer les allonges

- Arrêter la motopompe

Continuer à faire circuler l'eau jusqu'à ce que tous les débris aient été retirés du trou. Vérifiez si l'eau qui sort du trou du forage est 'propre'.

C'est seulement à ce moment-là que l'on peut arrêter la motopompe (et arrêter la circulation de l'eau).

- Retirer les allonges (Image 237)

□□ Une fois que le trou du forage est propre, vous pouvez alors retirer les allonges.

- Sortir une seule allonge à la fois!
- Remonter une allonge et la maintenir à l'aide des clés à griffe ;
- Positionner le manche de rotation au niveau du sol et fixer le sur l'allonge suivante pour éviter de perdre cette dernière dans le trou ;
- Enlever l'allonge, remonter l'allonge suivante et abaisser le manche ;
- Procéder ainsi jusqu'à ce que toutes les allonges soient enlevées.

- Mesurer la profondeur du trou

Mesurer précisément la profondeur du trou foré. Cela vous informe de la longueur totale des tuyaux d'équipement nécessaires.

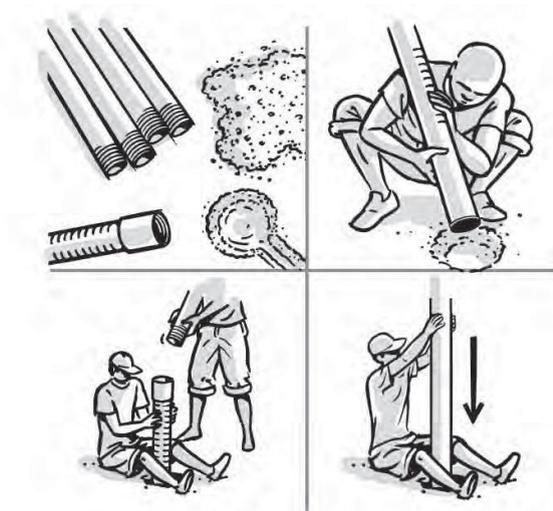


Image 238 : Installation du tuyau d'équipement en PVC

- Installation du tuyau d'équipement en PVC

Avant de commencer l'équipement du forage, préparer la crépine, le décanteur et les tuyaux PVC (1).

Faire descendre la crépine dans le trou (2).

Puis, visser ou coller le premier tuyau PVC sur la crépine (3).

Descendre le tuyau dans le trou (4). Et, ajouter les tuyaux PVC un par un.

- Rincer et nettoyer le forage et la crépine

Quand le tubage et la crépine sont installés, ils doivent être nettoyés et rincer à l'eau claire. Verser de l'eau propre à l'intérieur du tubage pour permettre à l'eau boueuse de déborder par le trou du forage. Lorsque l'eau qui s'évacue du trou du forage est propre alors le nettoyage est terminé. Ensuite on peut procéder à la mise en place du massif filtrant.

5. Avantages et inconvénients des différentes techniques

Tableau 2 : Comparatif des techniques

Techniques	Avantages	Inconvénients
Forage à la tarière manuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Appropriée et rapide pour les forages de petit diamètre jusqu'à 15-20 mètres dans des formations 'tendres' ; - Une bonne équipe est capable de réaliser 1 à 2 forages par jour ; - Les équipements sont simples, peu coûteux, faciles à transporter et construits avec des matériaux disponibles localement ; - Utilisation simple et coût de maintenance faible ; - Utilisation facile au-dessus du niveau de l'eau (niveau statique). 	<ul style="list-style-type: none"> - La profondeur du forage est limitée à 15-20 mètres ; - La méthode est limitée aux formations 'tendres'. Les cailloux, les blocs de roche et les argiles très compactes ne peuvent pas être traversés ; - Le fonçage est rapide dans les premiers mètres mais devient plus lent à plus grande profondeur. Le désaccouplement des allonges est obligatoire à chaque fois que le train de tiges est remonté à la surface. La tarière est vidée et redescendue encore dans le trou, ceci prend du temps et de l'énergie aux foreurs ; - Le pré-tubage peut être difficile à retirer lorsqu'on traverse des niveaux argileux (spécialement dans de l'argile collante). En effet, il peut se coincer contre les parois du trou ; - Si une couche de sable bouillant se situe en dessous d'une couche d'argile (que le pré- tubage ne peut pas traverser) alors le trou ne peut est maintenu ouvert. Cette technique n'est par conséquent pas la plus adaptée à ce genre de situation ; - Si une couche d'argile est rencontrée dans la nappe, l'installation directe ne peut pas être utilisée. En effet, l'argile va bloquer les fentes de la crépine lorsque celle-ci est descendue dans cette couche.
Forage à la percussion	<ul style="list-style-type: none"> - Contrairement aux autres techniques de forage manuel, elle peut briser des blocs de roches et couper des formations plus dures. - La technique à la percussion peut en principe être utilisée dans presque toute les formations ; du sable et argiles tendres et roches non compactées aux roches dures et consolidées. - La main d'œuvre non qualifiée telle que les villageois, peuvent aussi participer à la réalisation du forage. Cela ne pourra qu'augmenter leur appropriation du futur point d'eau et les responsabiliser à la maintenance de l'ouvrage. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'équipement est souvent très lourd et la méthode assez lente (des semaines au lieu de quelques jours) dans les formations dures. - Le résultat est donc un coût par mètre de forage important. - Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser un pré-tubage temporaire, le temps mis à l'installer et à le retirer peut être considérable particulièrement lorsque qu'il est placé dans de l'argile collante.

<p>Forage à la boue</p>	<p>Les outils de forage et équipements peuvent être confectionnés et réparés dans des ateliers locaux et sont faciles à transporter dans des zones reculées. Le Rota sludge est efficace sur une large gamme de types de sols et, tout particulièrement en sols argilo-sableux, lesquels sont difficiles à forer au lançage à l'eau ou à la tarière. Grâce à la circulation de boue, les débris remontent continuellement à la surface et il n'est donc pas nécessaire de sortir le trépan pour le curer.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Afin de prévenir les risques d'éboulement, les forages doivent être maintenus plein d'eau pendant la totalité des opérations de forage et d'équipement. - Les graviers grossiers et autres matériaux hautement perméables (fissures) entraînent d'importantes pertes en eau de travail et ne peuvent donc pas être forés par cette méthode.
<p>Forage au lançage à l'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dans les formations meubles, telles que le sable et le gravier fin, le train de tiges s'enfonce facilement, ce qui en fait la plus rapide technique de forage manuel. - Les forages peuvent être réalisés en quelques heures alors que plusieurs jours sont nécessaires avec les autres techniques. - L'équipement est léger, le rendant facilement transportable particulièrement dans les zones rurales. 	<ul style="list-style-type: none"> - La quantité d'eau disponible sur le site peut être un facteur limitant. Certains forages peuvent être réalisés avec juste quelques fûts d'eau (500 - 1000 litres), tandis que d'autres nécessitent des volumes d'eau aussi important que ceux contenus par un camion-citerne. - Le forage est réalisé dans les structures de sol meuble qui peuvent facilement s'effondrer. Pour éviter l'effondrement, le trou du forage doit être maintenu plein d'eau pendant toute la durée de la construction et ce jusqu'au processus d'équipement. - L'argile n'est pénétrée que très lentement. Les très gros graviers (galets) et autres formations hautement perméables (fissures) peuvent créer une trop grande perte d'eau de sorte qu'ils ne peuvent pas être forés. Si les forages profonds sont creusés dans les sols perméables (sable et gravier), le recours à l'utilisation des additifs de forage (coût élevé) est nécessaire. Ceci augmente le coût total du forage

VII. LE DÉVELOPPEMENT DU FORAGE ET LES ESSAIS DE DÉBIT

1. Le développement du forage

Le 'développement du forage' est nécessaire pour maximiser la productivité du forage et optimiser la capacité de filtration du massif filtrant. On y parvient en enlevant les particules fines et les additifs de fluide de forage, et en compactant le massif filtrant.

Après le fonçage, certaines particules fines et des additifs de fluide de forage restent coincés autour des parois du trou du forage et bloquent les pores de l'aquifère et du massif filtrant qui l'entourent. Après les avoir enlevés en développant le forage, l'eau pourra circuler librement de l'aquifère vers la crépine. Au cours du développement, le massif filtrant va également se compacter, de manière à ce qu'il ne contienne pas de gros vides (trous) dans lesquels les matériaux de l'aquifère (sable) pourraient ensuite s'infiltrer. Le massif compacté filtrera certaines des particules fines de l'aquifère. Le développement du forage a déjà commencé dans l'étape 3 de l'opération d'équipement : le rinçage de la crépine et du trou de forage a déjà permis d'enlever certaines des particules fines et des additifs du fluide de forage. Cependant, ce premier développement n'est en général pas suffisant, et il est nécessaire de réellement développer le forage après avoir terminé son équipement. Le reste du développement se fait après le remblayage, l'installation et le durcissement du joint d'étanchéité de surface (cimentation de la tête de forage) (ce durcissement prend au moins 24 heures).

Il existe plusieurs techniques pour développer les forages, et on les utilise parfois même en combinaison pour obtenir de meilleurs résultats. Ces techniques sont :

- Le piston ;
- Le pompage discontinu (cycles de pompage) ;
- Le pompage continu à gros débit.

□ Le développement au piston

En créant des 'ondes de choc' à travers le massif filtrant avec un piston, les particules fines et les additifs de fluide de forage sont décollés de la crépine, du massif filtrant et l'aquifère qui les entourent et les vides dans le massif filtrant disparaissent. L'eau contenant ces particules fines doit ensuite être pompée hors du forage. Un piston consiste en un jeu de disques en bois avec des rondelles en caoutchouc, ou d'un joint flexible plat (fait par exemple, avec un morceau épais de caoutchouc). Un piston doit épouser les parois du tubage en PVC. Plongez-le tout d'abord sous le niveau de l'eau dans le forage. Ensuite, actionnez-le de haut en bas pour que l'eau soit forcée d'entrer et de sortir de l'aquifère (ondes de choc), lavant ainsi l'aquifère et le massif filtrant en décollant les particules fines qu'ils contiennent (voir les schémas ci-dessous).

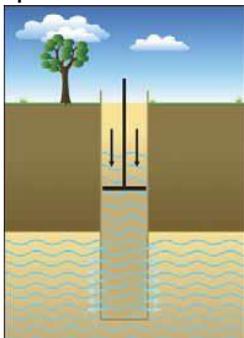


Image 239 : Descente du piston

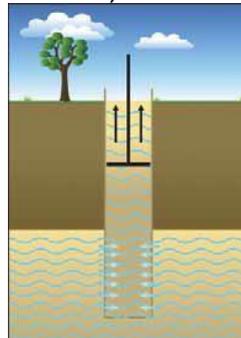


Image 240 : Remontée du piston

Le piston doit être descendu doucement, pour ne pas forcer les particules fines et les additifs au fluide de forage à rentrer dans l'aquifère. Par contre, le piston doit être remonté brusquement, pour que les particules fines et les additifs au fluide de forage soient aspirés dans le tubage en PVC, où ils pourront être enlevés par pompage (voir ci-dessous).

□ **Le développement par pompage discontinu (cycles de pompage)**

Après avoir utilisé le piston, on peut descendre une pompe au fond du forage pour enlever les particules fines qui ont été décollées et nettoyer le décanteur. Une fois que l'eau pompée est devenue claire, on peut à nouveau utiliser le piston. Répétez ce procédé jusqu'à ce que l'eau reste claire. Ensuite, installez la pompe juste au-dessus de la crépine, et commencez le pompage discontinu. Le pompage discontinu (pompage - arrêt) consiste à faire fonctionner la pompe pendant 5 minutes puis à l'arrêter pendant 2 minutes. Une fois que l'eau devient plus claire, vous pouvez laisser la pompe fonctionner jusqu'à ce que l'eau soit parfaitement claire. Si vous utilisez une pompe électrique ou une motopompe, il est recommandé de pomper au moins 2 à 3 fois le débit d'exploitation du forage (à moins que le forage ne s'assèche). Si vous utilisez une pompe manuelle, essayez de créer un débit maximal, jusqu'à ce que l'eau soit claire (merci de consulter l'annexe A pour des normes de forage spécifiques à votre pays).

Les pompes pour le développement d'un forage :

Plusieurs types de pompes peuvent être utilisés pour développer un forage. Les meilleures options pour le développement sont les pompes immergées électriques et les compresseurs. Mais ces pompes sont chères. Il est recommandé d'utiliser ces pompes pour des forages d'eau communautaires, nécessitant des débits d'eau importants.

Pour des forages familiaux, qui doivent souvent être faits à moindre coût pour être abordables, on peut utiliser des pompes manuelles pour le développement.



Image 241 : Motopompe centrifuge



Image 242 : Développement manuel

□□ **Les pompes électriques pour forages profonds (pompes immergées)**

Une bonne option est d'utiliser une pompe immergée. On peut ainsi obtenir des débits importants. Il est cependant nécessaire d'avoir de l'électricité (probablement un groupe électrogène/générateur), et la pompe et le générateur sont chers.

□□ **Les compresseurs**

Il en va de même pour les compresseurs. Les compresseurs sont des outils de

développement très appropriés, avec lesquels on peut obtenir des débits très importants et des ondes de choc. Il faut néanmoins un gros compresseur, ce qui coûte cher.

□□Les motopompes centrifuges

Une option moins chère pour le développement, avec des débits relativement importants, est d'utiliser une motopompe centrifuge ou une pompe à boue. Cependant, ces pompes aspirantes de surface ne peuvent fonctionner que si le niveau dynamique de l'eau souterraine (le niveau de l'eau quand on pompe) est à moins de 7 mètres sous le niveau du sol.

□□Les pompes manuelles

Bien qu'elles soient beaucoup moins efficaces pour le développement, on peut également utiliser des pompes manuelles (qui sont moins chères) pour les forages familiaux. Quand on utilise des pompes manuelles pour le développement des forages et qu'elles sont utilisées à leur débit maximal pendant une certaine période, jusqu'à ce que l'eau soit claire, elles peuvent être suffisantes.

Le 'redéveloppement'

Quand un forage a été utilisé pendant plusieurs années et que son rendement diminue, on peut essayer de le redévelopper.

Redévelopper un forage se fait facilement, en utilisant la même procédure que celle décrite plus haut : avec un piston ou par pompage discontinu.

2. Les essais de débit – La productivité du forage

Une fois qu'un forage a été développé et ne contient plus de particules fines, le débit du forage doit être testé. Les essais de débit donnent des informations utiles à la fois sur le forage et sur l'aquifère. Ils permettent notamment de savoir si la productivité du forage sera suffisante pour son usage.

Remarque : des essais de débit fiables ne peuvent être faits que quand le niveau de l'eau est retourné à la normale après le développement du forage. Le forage doit être laissé au repos au moins 24 heures après son développement avant de commencer les essais de débit.

Il existe deux manières de tester la productivité du forage : vous pouvez utiliser soit une pompe électrique immergée ou une motopompe, soit une pompe manuelle.

La sonde piézométrique

Dans les deux cas, le niveau de l'eau doit être mesuré. Pour les essais de débit mécanisés, on peut utiliser une sonde piézométrique électrique (relativement chère), qui produit un signal électrique quand le niveau de l'eau est atteint (voir la photographie).

Pour le forage à faible coût avec des pompes manuelles, on peut utiliser un simple décimètre ou une corde de mesure faite soi-même.



Image 243 : Sonde piézométrique électrique

□ Les essais de débit avec des motopompes ou des pompes immergées

Etape 1 :

Avant de commencer les essais de débit, il est très important de mesurer le niveau de l'eau dans le forage. Ce niveau est appelé niveau statique. Quand vous prenez les mesures, choisissez un point de référence fixe, par exemple le haut du tuyau d'équipement du forage.

Etape 2 :

Descendre la pompe immergée (ou le tuyau d'aspiration de la motopompe) jusqu'à une profondeur maximale de 1 mètre au-dessus de la crépine.

Etape 3 :

Commencez à pomper, tout d'abord à un débit minimal (par exemple 0,2 ou 0,5 m³/h). Contrôlez régulièrement (avec un seau et un chronomètre) et écrivez le débit tout en suivant l'évolution du niveau de l'eau pendant le pompage. Continuez à pomper au même débit jusqu'à ce que le niveau de l'eau se stabilise. Notez le niveau de l'eau, le débit et l'heure. La différence entre les niveaux statique de l'eau (avant le pompage), et le niveau dynamique de l'eau (tout au long du pompage) est appelé rabattement.

Etape 4 :

Augmentez le débit par étapes. A chaque fois que vous augmentez le débit, vous remarquerez peut-être que l'eau devient trouble, car des particules fines sont pompées hors du forage. N'augmentez le débit de pompage que quand l'eau est redevenue claire et que le niveau de l'eau s'est stabilisé. Notez le niveau de l'eau, le débit et l'heure.

Remarque : le niveau de l'eau ne doit jamais descendre en dessous du niveau de la crépine. Si le niveau de l'eau s'est stabilisé juste au-dessus du niveau de la crépine, le débit ne doit pas être à nouveau augmenté.

Etape 5 :

Augmentez le débit jusqu'au débit souhaité de la pompe à installer sur le forage. En moyenne, pour une pompe manuelle, le débit se situe autour de 1000-1500 litres par heure (1-1,5 m³/h). Pompez à ce débit pendant plusieurs heures jusqu'à ce que le niveau de l'eau dans le forage soit stable et que l'eau soit claire.

Dernière étape : conclusion

Si le niveau de l'eau se stabilise au-dessus du niveau de la crépine (le niveau de l'eau ne doit jamais descendre en dessous de ce niveau), le débit du forage est suffisant pour l'installation d'une pompe manuelle. Si le niveau de l'eau est descendu en dessous du niveau de la crépine (aux étapes 4 ou 5), alors il faut arrêter de pomper, laisser le niveau de l'eau remonter (attendez jusqu'à ce que le niveau de l'eau soit égal au niveau statique mesuré auparavant. Cela prendra entre quelques heures et un jour) et ressayer de pomper à un débit plus faible. Quand seulement un faible débit (plus bas que le débit estimé de la pompe devant être installée) peut être maintenu, le forage n'est pas assez productif. Il faut alors décider avec le propriétaire (et parfois le bailleur) de la suite à donner à cet échec.

□ Les essais de débit avec des pompes manuelles

Etape 1 :

Avant de commencer à pomper, il est très important de mesurer le niveau

statique de l'eau dans le forage. En mesurant, choisissez un point de référence fixe, par exemple le haut du tuyau d'équipement du forage. Un instrument de mesure peut être fabriqué pour mesurer le niveau de l'eau.

Instrument de mesure du niveau de l'eau



Image 244 : Instrument de mesure du niveau de l'eau

Etape 2

Prenez un morceau de tuyau galvanisé de $\frac{3}{4}$ de pouces de 6 cm de long. Bouchez-en une extrémité en la soudant, et soudez un anneau de fixation au-dessus. Attachez-y une corde, avec un nœud tous les mètres (comme la corde de mesure utilisée pour vérifier la hauteur de remblayage). Bougez cet outil de haut en bas dans le forage. Quand le tuyau galvanisé touche le niveau de l'eau, on entend un bruit de 'plouf'. Comptez-le nombre de nœuds pour connaître la profondeur.

Installez la pompe manuelle et pompez à débit constant (débit maximal) le plus longtemps possible. Demandez aux villageois / usagers de vous aider. Pompez à débit constant. Ne commencez pas trop fort, et ne vous arrêtez pas, même pas pour quelques minutes de pause. Continuez à pomper pendant 4 heures et mesurez le débit toutes les heures avec un seau et un chronomètre.

Etape 3

Ensuite, enlevez rapidement la pompe et suivez la remontée de l'eau souterraine en mesurant le niveau de l'eau toutes les 30 minutes. Plus le temps pour retrouver le niveau statique est court, meilleur est l'aquifère. Au cours de cet essai, notez le plus d'information possible (le niveau de l'eau au début et à la fin, les heures et les débits mesurés de temps en temps).

Etape finale : conclusion

Si la pompe n'a pas tourné à vide (sans eau) pendant le pompage et que le niveau de l'eau est revenu au niveau statique (mesuré avant l'essai) en moins de 6-12 heures, alors le débit du forage sera suffisant pour installer une pompe manuelle.

VIII. LES CONSEILS PRATIQUES D'UTILISATION ET D'ENTRETIEN

1. La maintenance des équipements

- Prenez soins de vos équipements de forage! Nettoyez les connexions et emboitements de vos allonges (en particulier le sable).
- Affutez régulièrement à la lime les dents des tarières.

- Vérifiez l'état des soudures des allonges, des colliers et des tarières.
- Vérifiez régulièrement que vos allonges restent rectilignes (droites).
- Vérifiez que votre boîte à outils est complète sinon achetez et remplacez les manquants.
- Vérifiez l'état des fils de fer des goupilles et changez -les si nécessaire.
- Vérifiez l'usure de la soupape de la tarière de mise en eau et faites la maintenance si nécessaire.

2. N'oubliez jamais!!

- Choisissez un site au-delà de 30 m d'une latrine ou autres sources de pollution ;
- Retirez la tarière et les allonges du trou avant toute pause. Cela évitera aux allonges de se coincer dans le trou ;
- Prélevez toujours des échantillons de sol. Placez-les sur un film plastique et notez la profondeur. Cela aidera à déterminer la profondeur de votre forage ;
- Placez la crépine aux couches les plus épaisses de sable grossier ou de gravier ;
- Utilisez un décanteur (tuyau PVC plein) en dessous de votre crépine pour recueillir toutes les particules fines qui pénètrent dans le forage ;
- A titre d'indication, la longueur de la crépine doit d'être d'au moins 3 mètres ;
- Couvrir toujours le forage avant de quitter le chantier ;
- Ne pas trop remplir/surcharger les tarières avec les débris (cuttings) ;
- Quand vous forez à l'intérieur du tubage PVC, ne jamais désaccoupler les allonges sans utiliser la calle. Retirez un à un les allonges ;
- Maintenez vertical le tubage par les colliers quand les foreurs sont debout sur la plateforme de travail

3. Repêcher une allonge tombée dans le trou

Quand une allonge avec au bout sa tarière tombe par accident dans le trou, il faut la récupérer rapidement.

- Essayez de faire un solide crochet que vous attacherez au bout d'une corde. Descendez le tout à environ 1 mètre au-dessus du fond du trou et essayez d'accrocher le haut de la tarière. Puis remontez lentement la tarière et les allonges ;
- Une autre façon de "repêcher" les équipements: faite une sorte de « lasso » avec une chaîne que vous fixez au bout d'une corde. Vous l'accrochez à l'allonge et faites descendre le tout jusqu'à toucher le haut des équipements perdus dans le trou. Serrez la boucle du lasso et essayez de remonter les allonges.

4. Que faire quand la tarière se coince?

Faites tourner à l'envers (sens contraire des aiguilles d'une montre) la tarière d'un angle de 90 degrés et remontez la tarière prudemment.

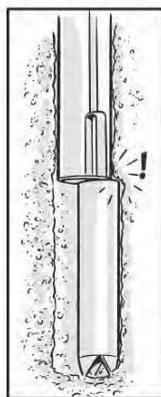


Image 245 : Tarière se coince

5. Choisir la bonne tarière

Vous rencontrerez différents types de sol pendant la réalisation du forage. Certains sols peuvent être durs et compacts alors que d'autres sont tendres et peu compacts.

Vous allez aussi forer au-dessus (sec) et en dessous du niveau de l'eau (nappe). C'est pour cela qu'il est important de bien choisir sa tarière pour chaque situation.

N°	Type de tarière	Type de tarière	Type de tarière
1	Tarière conique	Au-dessus de la nappe	Utilisation dans l'argile, le sable et les limons
2	Tarière à argile (grande)	Au-dessus de la nappe	Excellente dans l'argile collante
3	Tarière Riverside (grande)	Au-dessus de la nappe	Utilisation dans le sable, les petits graviers et les limons
4	Tarière Riverside (petite)	A l'intérieur du pré-tubage au-dessus et en-dessous du niveau de la nappe d'eau	Utilisation dans le sable, les petits graviers et les limons
5	Tarière de mise en eau	A l'intérieur du pré-tubage en-dessous du niveau de la nappe d'eau	Utilisation dans le sable et le gravier. Les débris entrent par le fond de la tarière et restent dedans grâce au clapet de non-retour.

IX. COUT INDICATIF DE FORAGES MANUEL

GLOSSAIRE DES TERMES TECHNIQUES

Aquifère : Couche perméable contenant de l'eau (sous le niveau de la nappe).

Argile : Particules extrêmement fines, plus petites que 0,004 mm.

Cohésif : Une caractéristique des particules qui sont collées ensemble.

Construction de forage : La construction (forage, équipement et remblai) d'un forage.

Couche d'argile : Couche de dépôts (sédiments) argileux.

Couche non consolidée : Couche faite de particules meubles comme l'argile, le limon, le sable et le gravier.

Couches sédimentaires : Couches formées par l'érosion, le transport (par le vent ou les rivières) et le dépôt (sédiment) de particules.

Coupe de forage : Archive écrite des formations (couches de sols et leurs caractéristiques) forées, selon la profondeur.

Crépine : Tuyau en PVC fendu par lequel l'eau d'un aquifère pénètre dans le forage.

Décanteur : 1 à 2 mètres de tubage, fermé en bas, et fixé au bas de la crépine.

Dépôt Sédiments.

Développement de forage : Retrait des particules fines et des additifs de fluide du forage et de l'aquifère l'entourant, et compaction du massif filtrant.

Eau de travail : Eau, avec ou sans fluide ajouté, utilisée pendant l'opération de fonçage.

Erosion : Décomposition des roches en petits morceaux au contact des conditions atmosphériques comme la chaleur, l'eau, le vent, la glace et la pression.

Forage : Puits foré pour accéder à l'eau souterraine.

Forage manuel : Forage réalisé avec des outils utilisant la force humaine.

Forage mécanisé : Forage réalisé avec des machines et outils mécanisés.

Formation géologique : Types de roches / couches sédimentaires sous la surface de la terre.

Géologie : L'étude de la terre (formation des roches et couches sédimentaires).

Graviers : Particules entre 2 et 64 mm de diamètre.

Les particules : entre 4 mm et 64 mm sont aussi appelées cailloux.

Hydrogéologie : L'étude de l'eau souterraine.

Imperméable : Matériau qui ne laisse pas passer l'eau.

Joint d'étanchéité sanitaire : Joint en bentonite ou ciment, placé dans l'espace annulaire entre le tubage et la formation (parois du forage) pour empêcher l'eau de mauvaise qualité de contaminer le forage.

Latérite : Formation dure des régions tropicales, contenant beaucoup de fer.

Limon : Particules fines entre 0,004 mm et 0,063 mm de diamètre. Le limon est plus gros que l'argile et plus fin que le sable.

Massif filtrant : Sable grossier calibré placé autour de la crépine.

Nappe d'eau : La surface supérieure de l'eau souterraine (nappe d'eau souterraine).

Niveau statique de l'eau : Niveau de la nappe d'eau souterraine, mesuré avant de commencer à pomper.

Perméabilité : Une mesure de la capacité d'un matériau à se laisser traverser par l'eau.

Perméable : Matériau qui laisse l'eau passer facilement à travers ses pores.

Productivité du forage : Le volume d'eau produit par le forage (généralement mesuré en m³/jour ou litre/seconde).

Polluant : Pollution.

Qualité de l'eau : Terme distinguant l'eau pouvant être bue ou pas (polluée ou pas).

Remblai annulaire : Les matériaux (gravier, joint d'étanchéité sanitaire et remblai) placés dans l'espace entre la crépine (et le tubage) et les parois du sol.

Roche consolidée : Particules (comme le sable, l'argile ou le gravier) 'cimentées entre elles' pour former une roche.

Sable : Particules entre 0,063 mm et 2 mm de diamètre.

Sable très grossier : 1 – 2

mm Sable grossier : 0,5 –

1 mm Sable moyen : 0,25

– 0,5 mm Sable fin : 0,125

– 0,25 mm

Sable très fin : 0,063 – 0,125 mm

Tuyaux d'équipement : Tuyau en PVC, à parois pleines, pour construire les forages.

Viscosité : Mesure de l'"épaisseur" d'un fluide.

Références

Bibliographie :

1. 'Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines appliquées aux forages manuels'
2. Méthodes de captage des eaux souterraines par les forages
3. Série forage manuel: LA TARIERE MANUELLE
4. Série forage manuel: LE LANCAGE A L'EAU
- 5 Série forage manuel: LA PERCUSSION
- 6 Série forage manuel: FORAGE A LA BOUE (ROTA-Sludge)

