

BONNES PRATIQUES DE CONSTRUCTION D'UN Puits AVEC CUVELAGE MONOLITHIQUE

Document rédigé par Vincent Faramond,
Responsable de programme EHA à Madagascar,
- septembre 2022 -

NOTE IMPORTANTE

Les fiches et récits d'expériences « Pratiques » sont diffusés dans le cadre du réseau d'échanges d'idées et de méthodes entre les ONG signataires de la charte du réseau Pratiques. Il est important de souligner que ces fiches ne sont pas normatives et ne prétendent en aucun cas « dire ce qu'il faudrait faire » ; elles se contentent de présenter des expériences qui ont donné des résultats intéressants dans le contexte où elles ont été menées. Les auteurs de « Pratiques » ne voient aucun inconvénient, au contraire, à ce que ces fiches soient reproduites à la condition expresse que les informations qu'elles contiennent, soient données intégralement y compris cet avis. Si elles sont citées, la source (Réseau Pratiques) et les auteurs doivent être mentionnés intégralement.

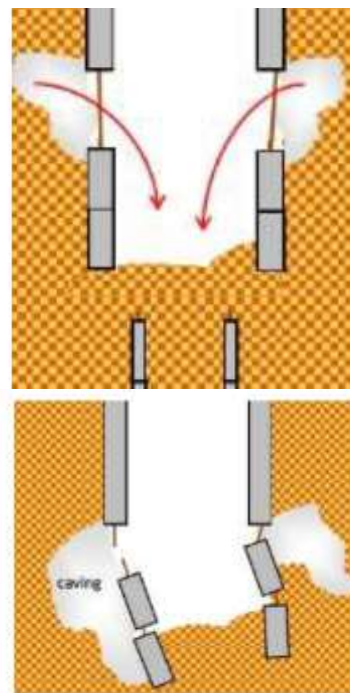
Cas d'étude : Construction d'un Puits équipé d'une Pompe à Motricité Humaine (PPMH) à Antseranatsara (CR Mahasoabe, District Vohipeno, Région Fitovinagny, Madagascar), exécuté au 4^e trimestre 2021, de 12,90 m de profondeur (2,70 m de colonne d'eau à la réception).

Maitrise d'œuvre : ONG Tehyna – Inter Aide. Entreprise : EGCR.

Contexte géotechnique justifiant la méthode

Historique du cas d'étude : Le village d'Antseranatsara, localisé dans la plaine du fleuve Matitanina en contexte alluvial sableux, disposait de 2 PPMH. Cependant, des ensablements rapides et répétés, causés par la mauvaise conception de l'ouvrage et des sols sableux pulvérulents transportés par des vitesses d'écoulement élevés / forts débits concomitants, compromettaient leur durabilité. Leur purge était d'une part rendue nécessaire trop fréquemment (chaque année) et d'autre part pouvait conduire à terme à la ruine complète de l'ouvrage par sous-cavage. Les tentatives de réhabilitation étaient très délicates, la reprise du captage déstabilisant la partie supérieure du cuvelage (en l'occurrence, des buses préfabriquées simplement empilées), les déplacements devenant irrécupérables et les espacements formés aggravant l'ensablement.

Le choix a été pris d'abandonner ces deux ouvrages défailants, principalement du fait d'une réalisation initiale inadaptée au contexte hydrogéologique local complexe et de construire un nouvel ouvrage de type PPMH, de manière soignée pour le prémunir des risques d'ensablement.



Comme souvent et en particulier au niveau du captage, la mauvaise tenue des parois (terres sans cohésion / sables ou peu compactes ou sensibles à l'eau et écoulements d'eau) implique d'exécuter le cuvelage en descendant. Mais de plus, **l'aléa d'ensablement implique de réaliser un cuvelage monolithique pour se prémunir durablement du phénomène : la construction ne doit laisser aucun interstice / espace au passage du sable (alignement et jointoiement soigné du cuvelage, crépines à travers les buses et la dalle de fond inclinées à 45° vers l'extérieur, dalle de fond ajustée, etc.).**

La suite de ce document ne cherche pas à décrire toutes les règles de l'Art de la construction d'un PPMH. Il vise à recueillir les bonnes pratiques apprises lors de ce chantier singulier.

Préconisations techniques particulières

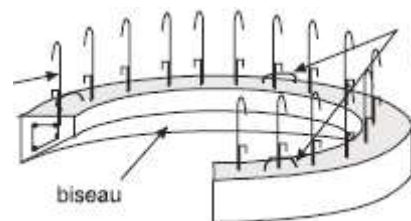
A noter que le télescopage d'une colonne captante monolithique dans un puits existant peut présenter certaines limites :

- Encombrement : le diamètre du cuvelage existant contraint le diamètre de la colonne à télescoper, laquelle peut être trop étroite pour qu'un puisatier excave à l'intérieur ;
- Difficulté / encombrement à couler le béton en reprise de ferrailage de la colonne de cuvelage dans le puits (ajustement et calage des moules de coffrage, manutention du béton) en cours de fonçage ;
- Difficulté à préfabriquer à la surface puis descendre une colonne monolithique de plus de 2 mètres de haut (poids à suspendre, hauteur disponible sous trépied).

Il a été choisi de couler le cuvelage à la surface et de le foncer au fur et à mesure : havage avec trousse coupante et prolongement du cuvelage en reprise de ferrailage depuis la surface.

- Trousse coupante en biseau (D = 120/80) (cf. Photos 1, 2 et 3) :

- dosée à 500 kg/m³ ;
- hauteur = 30 cm ;
- largeur = 20 cm (y compris 10 cm de débord extérieur à la colonne) ;
- coffrage moulé dans terre en place ;
- 3 cerces horizontales en fer 8 (enrobage minimum des fers = 3 cm) ;
- Fer 6 transversaux (15 unités de l = 140 cm, espacés comme plan de montage de buse), avec ferrailage continu avec première buse – longueur des fers en attente pour recouvrement = deux espacements des cerces de buses (18 cm) soit minimum 40 cm y compris crochet – (cf. Photo 4).



- Colonne de cuvelage monolithique (D = 100/80), en béton armé continu avec reprise de ferrailage (idem fers en attente de la trousse coupante)

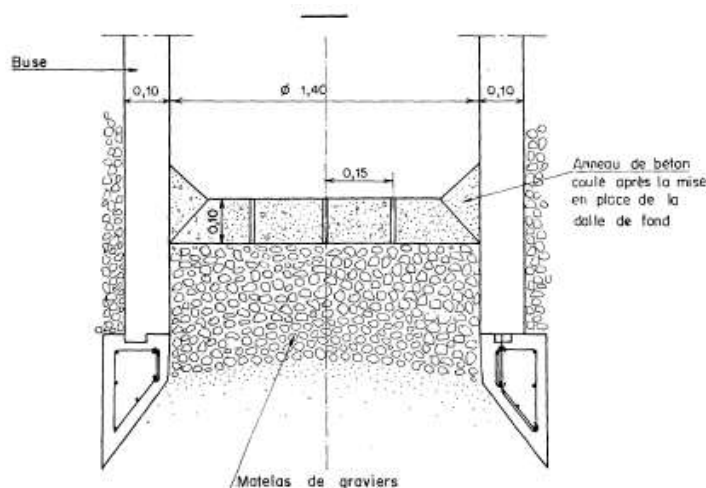
- captage sur les 3 m inférieurs (premières mises en œuvre) : crépines en fer 6 ou 8 (finesse importante quant à l'intrusion de sable), inclinées à 45° descendant vers l'extérieur.

La qualité du maillage est aussi très importante afin de répartir le débit capté et ainsi réduire les vitesses d'écoulement (directement corrélées au transport de sable) : nécessité de dégager toutes les crépines bouchées.

Massif filtrant en gravier de roche dure, cristalline, non latéritique (de préférence si possible, graviers roulés pour diminuer le frottement et favoriser le lavage).

- buses pleines au-dessus ;
- jointoiment soigné des reprises de bétonnage.

- En fond de puits, afin de se prémunir de la remontée de sable (boulance), gravier filtrant sur 30 cm + dallage de fond (ep = 10 cm) biseauté à 45° sur le pourtour et crépinées inclinées (non verticales comme sur le dessin) + anneau de béton en joint dallage-colonne (si mise en œuvre possible quant aux venues d'eau).



Phasage et mode opératoire

Le cuvelage est réalisé par passes de 1 m de hauteur. Pour chaque passe :

1. Lorsque la colonne est foncée (arase de la dernière passe au niveau du terrassement), couler la passe suivante :
 - Installer le **plancher intérieur** et le recouvrir de terres pour servir de support au moule intérieur.

Astuce : Pour ce faire, des trous « de levage » sont créés lors du coulage (cf. Photos 5 et 6) pour installer des bois en travers qui supporteront le plancher. NB : **Ces trous doivent impérativement être bouchés au mortier ensuite.**

(L'expérience de suspendre le plancher au trépied complique l'installation du moule intérieur : celui-ci ne peut pas être assemblé avant d'être positionné et son assemblage directement en place est plus complexe).



- Disposer et ligaturer le ferrailage de la passe suivante aux fers en attente. Nettoyer (voire piquer) l'arase accueillant la reprise de bétonnage.
- Installer les moules intérieur et extérieur. Vérifier leur verticalité au fil à plomb. Couler le béton.

Astuce : Sur les premiers mètres, si les crépines des passes précédentes sont exposées aux coulures de ciment sur la paroi extérieure de la colonne (ce qui ne devrait toutefois pas se produire si le massif filtrant est bien introduit à l'avancement), bien dégager les crépines bouchées (rincer abondamment à l'eau avant la prise et/ou piquer après la prise).

- 2. Poursuivre le havage (cf. Photo 6).
 - Décoffrer la nouvelle passe. Boucher (à l'intérieur et à l'extérieur) les trous « de levage » de la passe précédente ayant servi à supporter le plancher.

/! Risque de déviation verticale et enjeu quant à la pose de la pompe : **utilisation de 4 fils à plomb accrochés aux fers en attente et le long des parois intérieures** (et non pas dans l'axe du puits, pour ne pas gêner les va-et-vient des bidons de marinage des terres, cf. Photo 7). **Ce système de contrôle (les plombs) doit être directement lisible par le puisatier. Pour assurer la verticalité, le puisatier doit creuser à la périphérie de la trousse coupante de manière uniforme. Pour corriger la déviation, le puisatier doit toujours creuser davantage du côté où les plombs sont éloignés de la colonne.**

A noter que cette déviation contraint la profondeur sur laquelle il peut être envisagé de recourir à cette technique. A titre d'exemple, dans le cas étudié d'une colonne de 10 m, la déviation était de l'ordre de 25 à 30 cm.

- Au fur et à mesure du havage des premiers mètres (colonne captante), répartir le gravier filtrant sur l'extérieur de la colonne (hauteur captante + recharge). Le remblaiement de la hauteur de colonne pleine pourra attendre la fin du havage (limite les frottements).

/! Lors du creusage, la descente de la colonne peut se produire par à-coups. Autrement dit, le creusement ne s'accompagne pas de la descente progressive de la colonne dans un premier temps : la colonne reste suspendue par frottements avec le terrain encaissant. Puis soudainement, l'équilibre rompt et la colonne s'enfonce de plusieurs dizaines de centimètres (20-30 cm) d'un coup.

Astuce : Dans ce cas-là, par conséquent, il est recommandé de ne pas chercher à foncer jusqu'à ce que l'arase de la colonne coïncide avec le niveau du plancher (au risque que l'arase soit plus basse que le plancher). En revanche, pour rattraper l'arase de la colonne, on ajustera la pose du moule avec de la terre et des planches sur le plancher en place.

Lorsque la colonne est achevée :

- Dégager les crépines bouchées par le coulis de ciment à l'intérieur de la colonne, occasionnées par les passes supérieures.
- Poursuivre le havage pour obtenir une colonne captante suffisante à l'étiage.
- L'espace annulaire terrain encaissant – colonne est comblé de terres. Dès que l'espace le permet, les terres sont versées par couches et compactées avec une dame à long manche.
- La partie supérieure du cuvelage est coulée en place (coffrage du cuvelage intérieur D = 120 cm, cf. Photo 8).
 - En cas d'évasement des parois (éboulements) et pour limiter le volume de béton, on préférera la mise en place d'un coffrage extérieur (D = 140 cm) puis, après sa dépose, le compactage des remblais à l'arrière. L'alternative de combler l'espace avec des sacs de ciment remplis de terre et servant de coffrage extérieur présente le désavantage de tassements ultérieurs.
 - Le cuvelage supérieur est ferrailé en continu avec le dallage de la margelle.

- La margelle est élargie en déport de l'emprise de l'excavation (en prévention de tassement des terres remaniées). Sur les cotés les plus évasés, possibilité de réaliser des fondations profondes de type pieu à la périphérie du dallage armé (à l'aplomb de la bordure de canal) avec reprise de ferrailage dans le dallage.
- Le piédestal de la pompe est scellé dans les demi-lunes (dalles de fermeture du puits).

Astuce : Afin de compenser la déviation verticale de la colonne, les demi-lunes sont confectionnées plus larges (par exemple R = 100 cm) pour déborder des appuis sur le cuvelage supérieur et ainsi permettre d'ajuster l'axe de la pompe au plus près du centre du captage.

- A la pose de la pompe, le tuyaux d'exhaure est munis d'anneaux anti-choc resserrés sur la partie proche de la colonne.

Sécurité

Installer un **plancher extérieur** (cf. Photo 9), reposant sur au moins 2 à 4 bois en traverse dans des sillons de calage (stabilité), débordant largement de l'emprise de la fouille (mauvaise tenue des parois). Selon l'évolution du havage, il pourra être adapté à l'inclinaison prise par la colonne et/ou la cote de l'arase pour le coulage de la passe suivante.

Suspendre le plancher intérieur au trépied pour sécuriser la phase de réalisation du cuvelage supérieur. Attention : Ce plancher n'est pas totalement sûr. Toute personne prenant appui dessus doit être elle-même assurée.

Toutes les mesures de sécurité classiques, en particulier pour le puisatier travaillant dans le puits sont nécessaires : EPI, harnais et ligne de vie permanents, corde motrice + corde d'assurage simultanées lors des descentes et montées, etc. (cf. Photo 10).

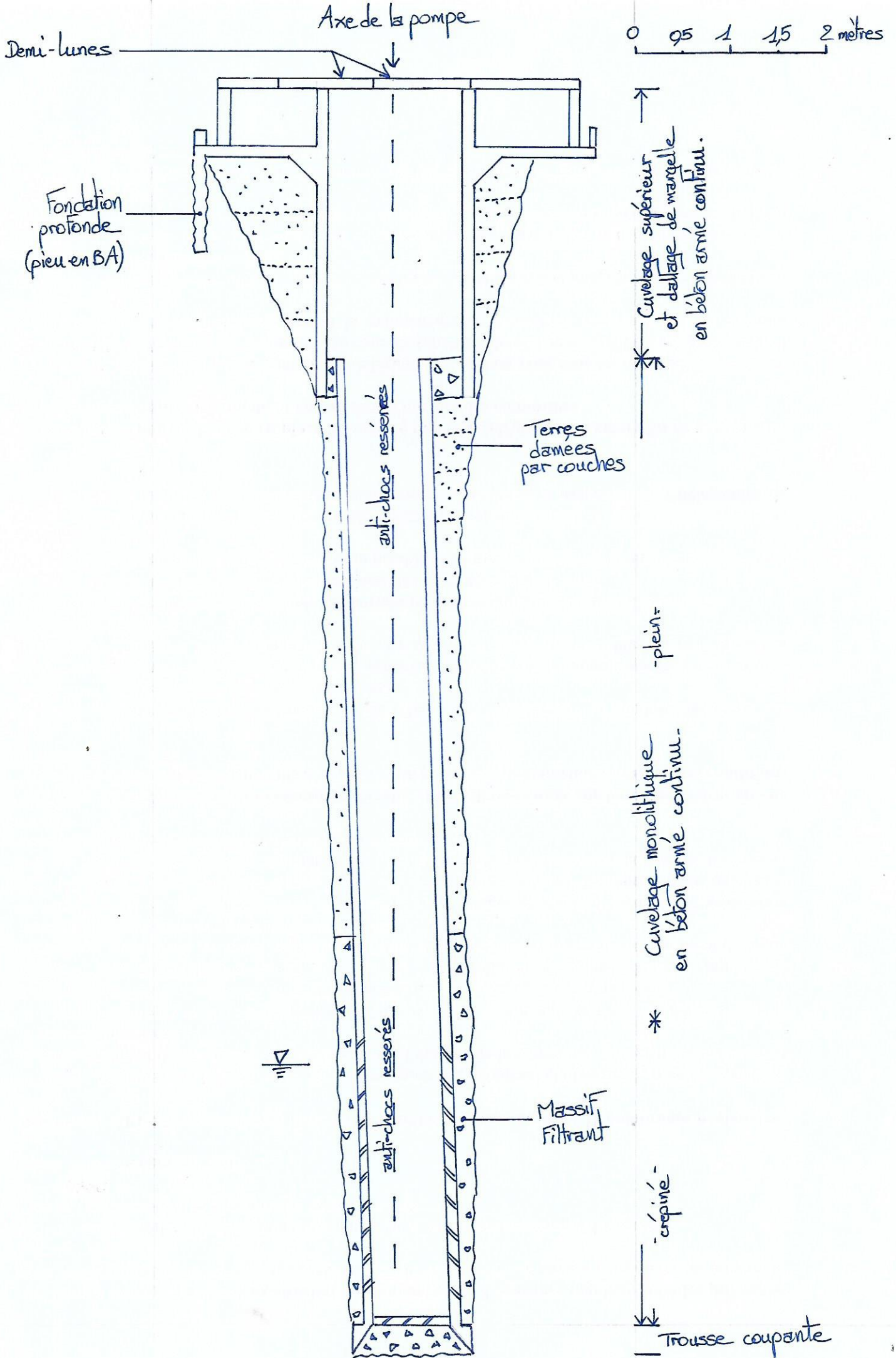
Ressources humaines

- 1 conducteur de travaux expert technique (chef d'entreprise, coordinateur technique du maitre d'œuvre)
- 1 maçon - puisatier chef de chantier
- 1 aide-maçon – puisatier
- 6 manœuvres non spécialisés

Délai indicatif d'exécution

Havage : 2 jours / mètre de profondeur hors d'eau = 1 jour coulage + 1 jour fonçage hors d'eau

Potentiellement majoré à 3 jours / mètre de captage = 1 jour coulage + 2 jours fonçage en eau



Album Annexe

**Bonnes pratiques de construction
d'un puits avec cuvelage monolithique**

Photo 1 :
Ferrailage de
la trousse
coupante



Photo 2 :
Moulage du
coffrage de la
trousse
coupante dans
terres en
place



Photo 3 :
Coulage de la trousse
coupante



Photo 4 :
Ferrailage de la
première passe de
cuvelage, en
reprise des fers en
attente de la
trousse coupante



Photo 5 : Coffrage de la première passe de cuvelage

- Trous « de levage » réservés lors du coulage



Photo 6 : Havage (cuvelage en descendant) guidé par les fils à plomb

- Trous « de levage » réservés lors du coulage (habituellement utilisés pour la manutention des buses préfabriquées), sont ici utilisées pour installer le plancher intérieur qui supportera le moule de coffrage intérieur.



Photo 7 : Les fils à plomb matérialisent la déviation verticale

Pour prévenir toute déviation, le puisatier doit creuser à la périphérie de la trousse de manière uniforme. Pour corriger la déviation, le puisatier doit toujours creuser davantage du côté où les plombs sont éloignés de la colonne.



Photo 8 :
Fonçage de
la colonne
monolithique
achevé, le
cuvelage
supérieur est
coulé en
place



Photos 9 : Plancher extérieur (sécurité)



Photo 10 : Descente / montée du puisatier

Sécurité :

1. harnais et corde d'assurage (ligne de vie) permanents
2. corde motrice sur poulie lors des descentes et montées

