

# **P-3V2 – MÉTHODE DE FORAGE ET D'ÉQUIPEMENT DE PIÉZOMÈTRES DANS L'OPTIQUE DE LA CARACTÉRISATION GLOBALE D'UN SITE POTENTIELLEMENT POLLUÉ**

## **1. Domaine d'application**

Cette présente méthode ne concerne que le forage et l'équipement de piézomètres dans l'optique de la caractérisation d'un site potentiellement pollué et plus particulièrement des eaux souterraines et des gaz situés sous l'emprise ou à proximité de ce site. Elle ne concerne donc pas le forage et l'équipement de puits ayant pour finalité la production d'eau, le drainage, la caractérisation hydrogéologique de l'aquifère ou géomécanique du sous-sol.

Cette méthode n'aborde pas non plus les considérations préalables indispensables qui amènent à définir une stratégie d'échantillonnage.

## **2. Dénomination des ouvrages**

On se référera à la méthode P-10 décrivant les prescriptions en la matière.

## **3. Technique de forage**

Le choix de la technique de forage utilisée est lié à la nature des formations géologiques ou entropiques à traverser et aux dimensions de l'ouvrage (diamètre et profondeur).

De manière générale, les techniques utilisées pour la mise en place de tels ouvrages devront éviter de perturber toute pollution en place, par le déplacement de celle-ci, ou par son augmentation par la mise en œuvre de fluides de forage.

Le tableau en annexe 1 donne une idée des avantages et inconvénients liés à certaines techniques usuelles.

### **3.1. Formations meubles en général**

Dans ce type de formations, les terrains tiennent généralement bien dans la zone non saturée en eau ; par contre, une fois dans la zone saturée, ils perdent leur cohésion et le trou devient bouillant. La technique du forage la mieux adaptée est le battage d'une gouge ou cuiller à sec avec tubage à l'avancement. De surcroît, cette technique convient également pour récupérer les échantillons de sol pour une caractérisation chimique.

### **3.2. Formations cohérentes**

Si la nappe à échantillonner se trouve en terrains cohérents, il est généralement utile de mettre en place un avant-puits pour stabiliser les terrains de couverture (voir point 5).



Certaines techniques de forage en terrains cohérents mettent en œuvre des lubrifiants de forage (boues ou mousses) ou des fluides (air) de transport pour assurer la remontée des déblais. Seule la technique à l'air est autorisée. Cette technique ne permet qu'une analyse visuelle des terrains traversés et ne permet pas la récupération d'échantillons à soumettre à des analyses chimiques.

## **4. Prévention des pollutions**

### **4.1. Par le matériel mis en œuvre**

Le matériel mis en œuvre utilise des hydrocarbures comme carburant, lubrifiant ou fluide hydraulique. La maîtrise de ces fluides doit être complète ; pour s'en assurer, il convient :

- de débiter le chantier de forage avec une machine propre ;
- de vérifier que les raccords hydrauliques et les bourrages des vérins sont étanches ;
- de maintenir le matériel et les accessoires de forage propres.

Afin de parer à une avarie, un sac de matière absorbante sera tenu à disposition de manière à limiter l'étendue d'une perte accidentelle de fluides.

Les filets des tiges de forage seront secs ou enduits d'une graisse biodégradable. La fiche descriptive du produit sera fournie en annexe du rapport.

Les pleins ou appoints en carburant ou autres substances hydrocarbonées seront effectués dans un endroit approprié à l'écart des points désignés pour les forages.

### **4.2. Par le forage en lui-même**

Les déblais excédentaires du forage, qui n'ont pas contribué au remblayage du puits, seront entreposés dans des contenants adéquats pour assurer leur conservation en attendant un éventuel transport vers un lieu d'élimination. Cette élimination sera confirmée par l'autorité.

### **4.3. Entre nappes superposées**

Si deux nappes sont superposées, on veillera à ne pas les mettre en communication afin d'éviter toutes contaminations croisées.

Si seule la nappe supérieure est ciblée, le forage devra s'arrêter au sommet de l'horizon étanche de séparation. Si d'aventure cet horizon venait à être percé, il faut rapidement remblayer le puits avec de l'argile gonflante jusqu'à la base de la nappe supérieure.

Si seule la nappe inférieure est ciblée, on forera un avant-puits afin d'isoler la nappe supérieure (voir point 5).

## 5. Avant-puits

L'avant-puits à large diamètre n'est en principe éventuellement nécessaire que lors de l'exécution de puits profonds (profondeur supérieure à 20 m) et dans deux cas de figures :

- pour traverser les terrains meubles bouillants et arriver sur les formations cohérentes potentiellement aquifères ;
- pour soustraire une tranche de terrains aquifères ou non du forage piézométrique proprement dit (cas de deux nappes superposées par exemple).

Le trou est alors équipé d'un tubage perdu d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre de forage. L'espace annulaire est rempli par au moins un mètre d'argile gonflante à la base (granulés ou poudre en vrac) et est cimenté sur le reste de la hauteur par injection d'un mélange de ciment Portland (2/3) et d'eau (1/3). Après prise, le forage est continué avec un diamètre inférieur.

## 6. Géométrie de l'ouvrage piézométrique

Indépendamment de la présence d'un éventuel avant-puits, la géométrie de l'ouvrage proprement dit est dictée par la profondeur et la puissance de la nappe à atteindre, par la nature des terrains à traverser et par la disponibilité de techniques de forage adéquates.

La profondeur de l'ouvrage est fonction des objectifs à atteindre en matière de prélèvement. Ces objectifs peuvent ne viser que la couche de sur nageant éventuelle, la nappe en moyenne, une couche plus dense ou un horizon particulier.

Il est parfois utile de prolonger le forage dans le socle imperméable sur un à deux mètres afin de constituer un piège à sédiments.

Dans le présent contexte, il est utile de minimiser le diamètre de forage, celui-ci déterminant en principe le volume de purge recommandé. Toutefois, il faut tenir compte :

- d'un diamètre minimum du tubage piézométrique afin de pouvoir mettre en place le matériel de pompage adéquat en maintenant un espace annulaire libre suffisant pour limiter les pertes de charges ;
- de l'espace à réserver au massif filtrant entre le tubage piézométrique et le diamètre extérieur de forage.

## 7. Équipement piézométrique

Les matériaux qui participent à l'équipement du puits, que ce soit le tubage piézométrique ou les matériaux de comblement ou de remplissage (bouchon, filtre) doivent être neutres vis-à-vis du milieu et des paramètres analytiques suivis.

## 7.1. Tubage piézométrique

### Matière

Les tubages piézométriques sont habituellement fabriqués en acier, en PVC ou en PEHD. C'est le PEHD qui présente le plus d'intérêt dans la présente optique.

### Diamètre

Le diamètre du tubage piézométrique est égal à environ la moitié de celui du forage dans l'aquifère. Toutefois, l'espace annulaire entre le tubage piézométrique et les parois du forage doit être suffisant pour mettre correctement en place le massif filtrant. Le diamètre sera donc adapté en conséquence.

### Tubes crépinés - tubes aveugles

Les crépines ont théoriquement une ouverture optimale en rapport avec la granulométrie du terrain concerné. Dans les puits peu profonds, étant donné que les débits de purge seront faibles, il est prudent de choisir intentionnellement une largeur de fente faible (0.1 à 0.5 mm) afin de garantir une meilleure filtration dans les terrains fins. Dans les puits plus profonds et en terrains cohérents, la largeur de fente peut être plus large (1 à 2 mm). Les crépines seront installées depuis le fond du puits jusqu'à un mètre au dessus du niveau d'eau au moins, voire sur toute la hauteur de l'aquifère. Elles seront prolongées par du tubage aveugle de même diamètre jusqu'en surface. On peut envisager la mise en place d'une chaussette autour de la crépine, cette chaussette réduisant le risque de colmatage. Dans un piège à sédiments, le tubage est aveugle.

Pour les piézomètres de plus de 5 mètres de profondeur, seuls des tubes vissés à sec ou soudés sont admis ; pour les piézomètres de 5 mètres et moins de profondeur, les tubes emboîtés sont admis. Dans tous les cas, les tubes collés sont exclus. Ils sont équipés d'un bouchon de fond qui sera éventuellement bétonné sur une faible hauteur.

Certaines études ciblant des horizons précis imposeront la mise en place de tubes crépinés à des profondeurs précises. Le reste du tubage sera alors réalisé avec du tubage aveugle.

## 7.2. Matériaux de remplissage

### Massif filtrant

Le massif filtrant est mis en place dans l'espace annulaire sur toute la hauteur crépinée augmentée de 10 % pour couvrir le tassement. Il est constitué d'un sable ou d'un gravier criblé dont la taille de la plus petite particule aura un diamètre deux fois supérieur au moins à la largeur de fente du tube crépiné. Le coefficient d'uniformité  $C_u = d_{60}/d_{10}$  sera inférieur à 2 ( $d_{60}$  diamètre de grain correspondant à 60 % de la matière passante -  $d_{10}$  diamètre de grain correspondant à 10 % de la matière passante).

La composition chimique du sable n'aura pas d'incidence sur celle de l'eau.

### Bouchon d'argile gonflante

Un bouchon d'argile gonflante (bentonite en vrac ou en granulés) est mis en place dans l'espace annulaire au dessus du massif filtrant sur au moins un mètre si possible. Le coefficient de gonflement de l'argile sera d'au moins trois.

La composition chimique de l'argile n'aura pas d'incidence sur celle de l'eau.

### Remblayage

Le solde de la hauteur de l'espace annulaire non encore comblé est remblayé avec les matières extraites du forage qui correspondent aux mêmes profondeurs.

## **7.3. Protection de surface**

Selon les cas, les piézomètres seront terminés, soit par un couvercle de sécurité hors sol, soit par un pot de rue au ras du sol. Le dispositif sera cimenté dans un socle dans le sol ou débordant. Ce socle aura les dimensions approximatives de 50 x 50 x 15 cm<sup>3</sup>. La protection de surface sera étanche aux eaux de ruissellement et devra apporter une sécurisation suffisante afin d'éviter des pollutions volontaires après installation de l'ouvrage.

## **8. Nettoyage du puits**

Directement après l'équipement du puits, on procède à un nettoyage sous la forme d'un pompage de purge. La pompe est placée dans le fond et le débit réglé afin d'obtenir un rabattement maximum. En cas de mauvaise alimentation, le puits est purgé complètement.

Le nettoyage du puits peut également être effectué par "air-lift".

## **9. Présence de gaz**

Si la présence de gaz est suspectée ou recherchée, on se référera au CWBP (cahier n° 2 & 2.3.12.5.6.) qui décrit les exigences complémentaires en la matière.

## **10. Géoréférencement des ouvrages**

On se référera à la méthode P-8 décrivant les prescriptions en la matière.



## **11. Abandon de l'ouvrage**

La condamnation d'un piézomètre se fait en le remplissant sur toute la hauteur piézométrique plus 1 mètre d'une argile gonflante d'un coefficient de gonflement de 3 au moins. Le reste de la colonne est cimenté par un mélange de ciment Portland (2/3) et d'eau (1/3). Après prise, le (ou les) tube(s) est (sont) recoupé(s) au niveau du sol.

## **12. Rapport**

Trois rapports types sont joints en annexe 2. Les couches traversées seront décrites selon la méthode P-7 décrivant les prescriptions en la matière.

## **13. Références**

Méthode AFNOR FD X 31-614.

### **ANNEXES**

Annexe 1 : Récapitulatif des avantages et inconvénients de quelques techniques de forages piézométriques.

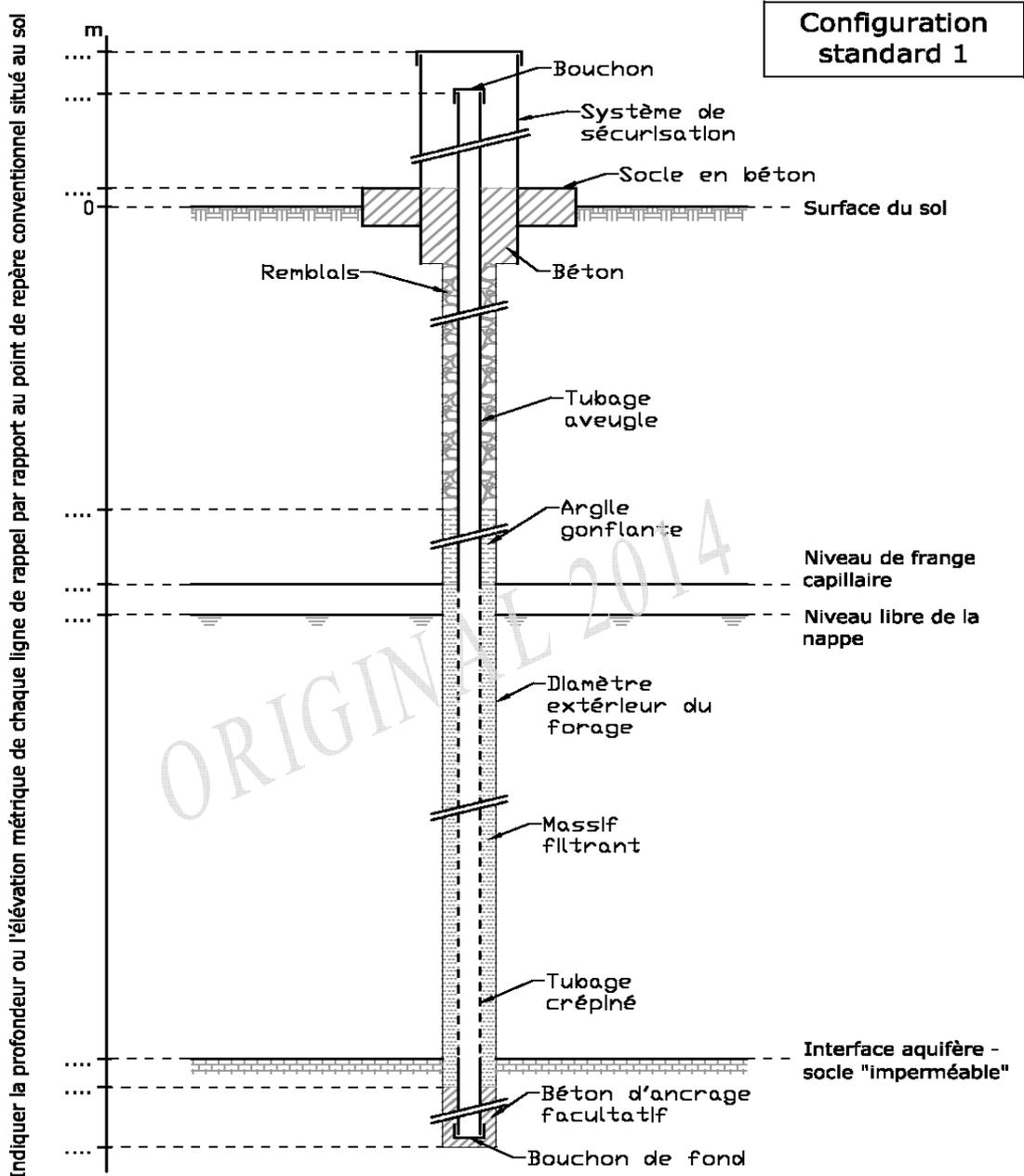
Annexe 2 : Rapports types.



**Récapitulatif des avantages et inconvénients de quelques techniques de forages piézométriques**

Matériel principal	Terrains meubles	Terrains rocailloux	Sous eau	Échantillon	Fluide
Tarière manuelle	+/-	---	Si meuble et cohésif	+	Néant
Tarière mécanique pleine	+	+	-	---	Néant
Tarière mécanique creuse	+	+	+	+	Néant
Battage mécanique à la gouge	+++	+	+/-	+	Néant
Battage mécanique avec gouge et tubage à l'avancement	+++	+	+++	+++	Néant
Marteau fond de trou ou hors trou	-	+	-	---	Oui
Carottage	+	+++	+/-	+++/-	Oui
Battage direct du tube piézométrique	+	-	+	Néant	Néant

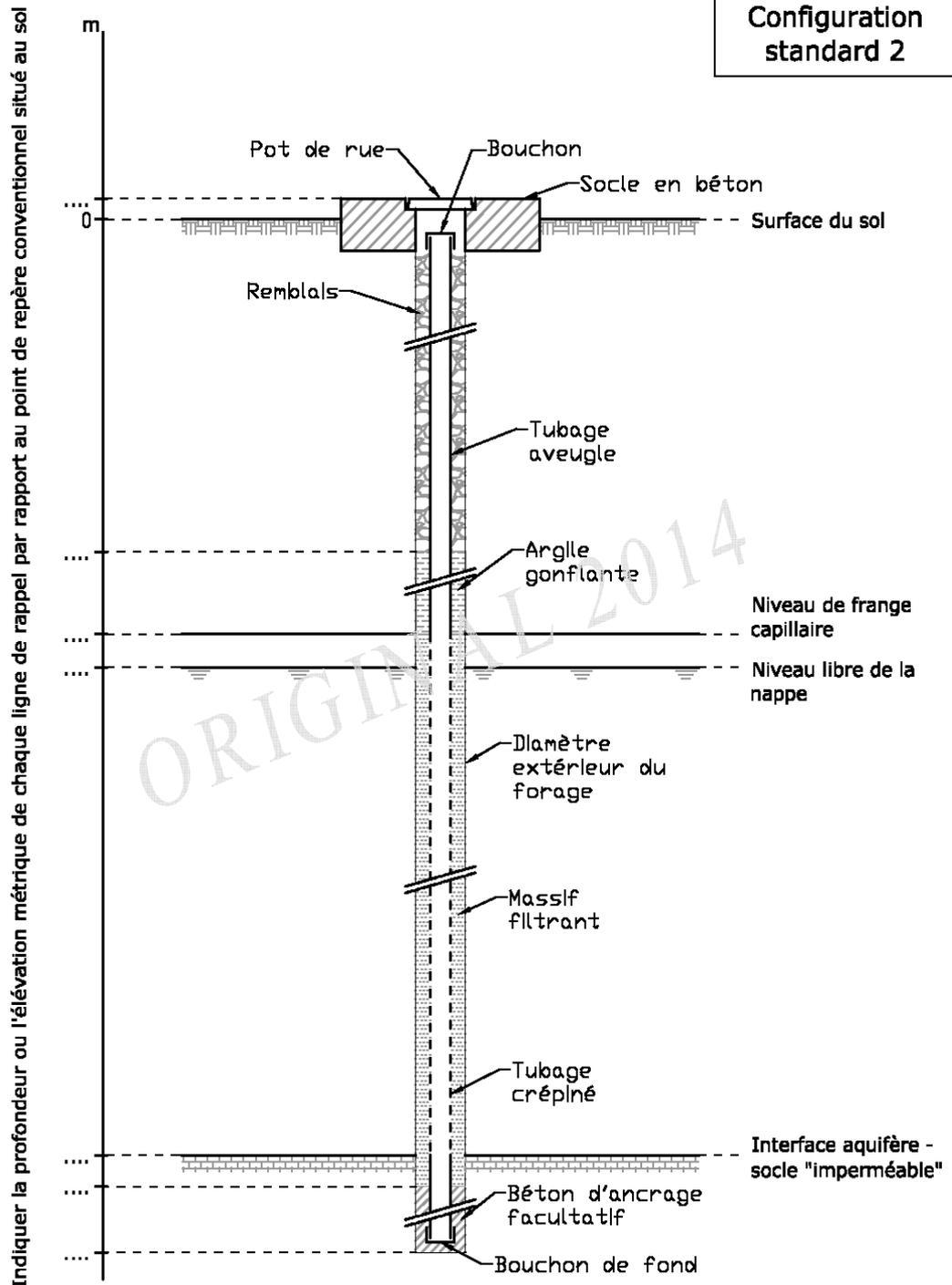
Identification de l'ouvrage :



Descriptif des tubages (en mètres)	Descriptif des matières
Diamètre du forage piézométrique : .....	Nature des remblais : .....
Diamètre du tubage piézométrique : .....	Nature de l'argile gonflante (type - indice de gonflement) : .....
Ouverture des crépines : .....	Nature du massif filtrant (type - $C_u$ ) : .....



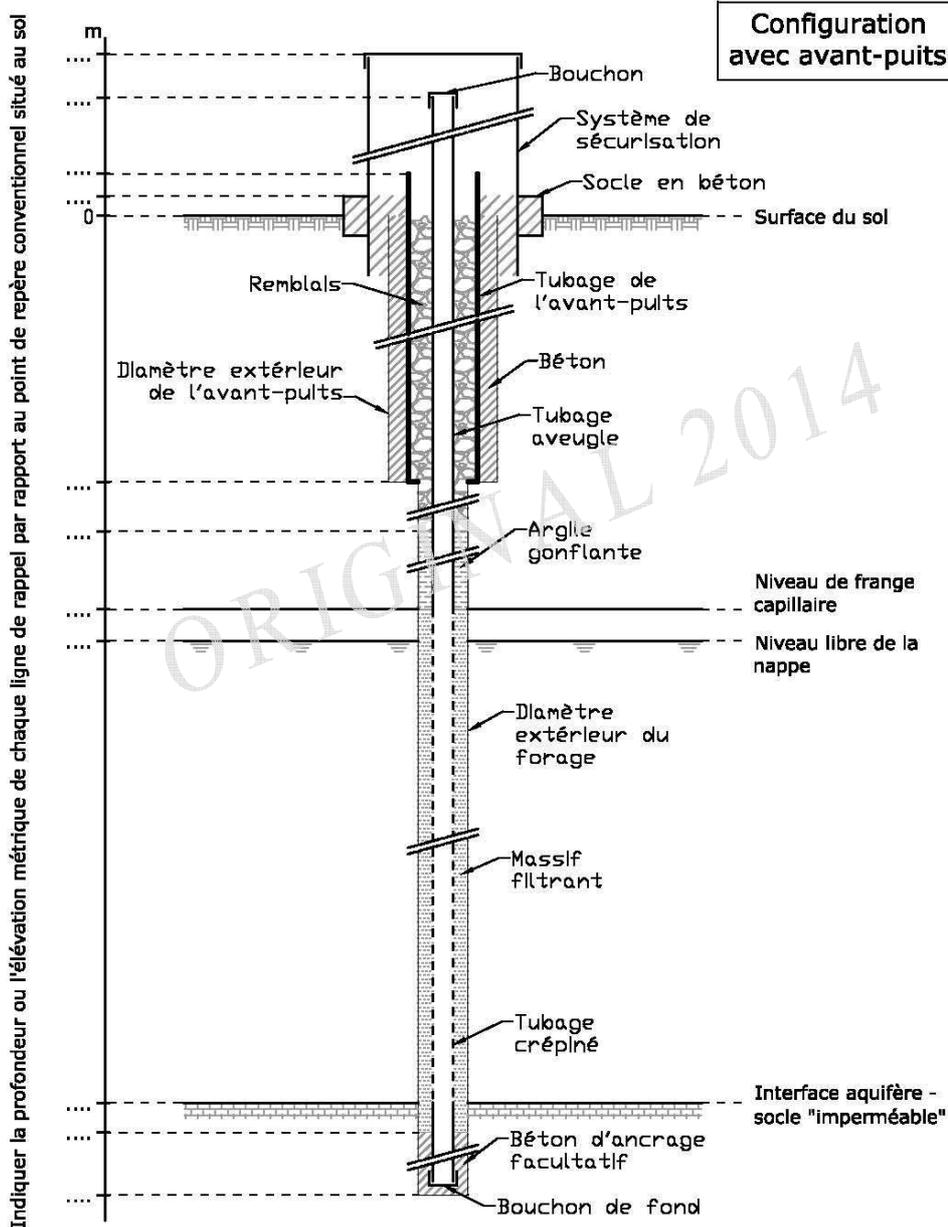
Identification de l'ouvrage :



Descriptif des tubages (en mètres)	Descriptif des matières
Diamètre du forage piézométrique : .....	Nature des remblais : .....
Diamètre du tubage piézométrique : .....	Nature de l'argile gonflante (type - indice de gonflement) : .....
Ouverture des crépines : .....	Nature du massif filtrant (type - $C_u$ ) : .....



Identification de l'ouvrage :



**Configuration avec avant-puits**

Indiquer la profondeur ou l'élévation métrique de chaque ligne de rappel par rapport au point de repère conventionnel situé au sol

Descriptif des tubages (en mètres)	Descriptif des matières
Diamètre de l'avant-puits : .....	Nature des remblais : .....
Diamètre du tubage de l'avant-puits : .....	Nature de l'argile gonflante (type - indice de gonflement) : .....
Diamètre du forage piézométrique : .....	Nature du massif filtrant (type - $C_u$ ) : .....
Diamètre du tubage piézométrique : .....	.....
Ouverture des crépines : .....	.....

