

CODE DE BONNES PRATIQUES N°1

Code de bonnes pratiques pour la réalisation des forages



Version [27/03/2019](#)

1	Code de bonnes pratiques pour la réalisation des forages.....	3
1.1	Choix de la méthode appropriée	3
1.2	Aperçu des méthodes de forage disponibles	4
1.2.1	La tarière Edelman	4
1.2.2	La tarière de type « Riverside ».....	5
1.2.3	Tarière pour sols caillouteux	6
1.2.4	Gouge	7
1.2.5	Cuillère/soupape	8
1.2.6	Echantillonneur	9
1.2.7	La spirale.....	10
1.2.8	Echantillonneur à piston	11
1.2.9	Tarière pleine.....	12
1.2.10	Tarière creuse	14
1.2.11	Forage au marteau	15
1.2.12	Pointe perdue	15
1.2.13	Excavation de fouilles ou de tranchées d'essai	15
1.3	Préalablement à l'exécution des forages proprement dits	16
1.3.1	Définition de l'emplacement de forage en fonction des caractéristiques du terrain ..	16
1.3.2	Nettoyage.....	16
1.3.3	Mesures de signalisation et de sécurité	16
1.4	Méthode de forage proprement dite	17
1.4.1	Enlèvement du revêtement de surface éventuel	17
1.4.2	Préforage	17
1.4.3	Utilisation d'eau exogène	17
1.4.4	Prévention de contamination et de contamination croisée.....	18
1.4.5	Enregistrement des profils de forage.....	20
1.4.6	Prélèvements d'échantillons de sol.....	20
1.4.7	Impossibilité technique.....	21
1.4.8	Méthode de travail après le forage proprement dit.....	21
1.5	Phases critiques lors des travaux de terrain avec des sous-traitants	23

1 Code de bonnes pratiques pour la réalisation des forages

Ce code de bonnes pratiques est d'application pour les forages réalisés à partir du **1^{er} juin 2013**.

Conformément à l'article 19 de l'arrêté du 15 décembre 2011 du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'agrément des experts en pollution du sol et à l'enregistrement des entrepreneurs en assainissement du sol (M.B. 30/01/2012), l'expert en pollution du sol est tenu d'exécuter les travaux de terrain ou veiller à leur exécution, conformément aux codes de bonnes pratiques.

Ce document comporte le code de bonnes pratiques qui devra être suivi lors de la réalisation des forages. **Les dispositions sousmentionnées devront obligatoirement être suivies, sauf si le texte indique explicitement qu'il est recommandé ou approprié de suivre une disposition spécifique.** Si des circonstances exceptionnelles (exclusivement de nature technique) imposent que les obligations de ce code de bonnes pratiques ne puissent être respectées, une concertation doit avoir lieu entre la société de forage et l'expert en pollution du sol, pour autant que celles-ci ne soient pas les mêmes personnes. Sur base de cette concertation, l'expert en pollution du sol prend les décisions. Toute dérogation au code de bonnes pratiques doit être clairement motivée (exclusivement de nature technique) dans le rapport de l'étude de sol. **L'expert en pollution du sol demeure, conformément à l'article 20 de l'arrêté susmentionné du 15 décembre 2011, le responsable final des travaux de terrain.**

1.1 Choix de la méthode appropriée

Le choix de la méthode de forage appropriée dépend des objectifs de la campagne de forage, des caractéristiques du milieu, du sol et des polluants et des limites inhérentes à chacune des différentes méthodes de forage. La sélection de la méthode appropriée se fait donc en procédant à l'élimination des méthodes non appropriées. La méthode peut être ajustée au cours de l'exécution des forages.

La campagne de forage peut avoir pour but:

- d'étudier les caractéristiques du sol, sa structure et la stratification géologique du site (dresser une bonne description de forage, vérifier les données disponibles dans la littérature)
- de forer au travers du sol et de l'échantillonner à différentes profondeurs en vue de réaliser des analyses et observations
- de placer des piézomètres afin de mesurer le niveau d'eau souterraine, d'échantillonner et d'analyser l'eau souterraine

Le choix de la méthode de forage dépend en outre de la conception de la campagne de forage et de la stratégie d'étude proposée, entre autres :

- la nature des échantillons de sol à prélever (échantillons remaniés ou non) ;
- la profondeur et la zone de prélèvement (zone saturée ou non, prélèvement continu versus prélèvement ponctuel, ...) ;
- le diamètre souhaité du trou de forage ;
- la profondeur maximale à atteindre ;
- l'ampleur de la mission.

Le choix de la méthode de forage est également en grande partie déterminé par les caractéristiques de l'environnement de travail, la nature du substrat et des polluants.

- la situation et l'accès au site;
- la hauteur de travail disponible dans la zone de forage ;
- la présence de revêtement et/ou de remblais;

- la profondeur de la nappe d'eau souterraine ;
- la texture et la structure du sol ;
- la nature des paramètres à étudier (volatile/non-volatile)
- Le milieu à étudier en fonction des paramètres (partie fixe du sol, eau souterraine, produit pur).

1.2 Aperçu des méthodes de forage disponibles

1.2.1 La tarière Edelman

La tarière Edelman consiste en un corps de foret conique formé par 2 lames en forme de cuillère qui se rejoignent à l'extrémité pour former une tête en spirale. La forme des lames permettent de maintenir le matériau foré dans le corps du foret lorsque la tarière est ramenée au niveau du sol.

Il existe différents modèles de tarière Edelman dont la forme et les dimensions des lames varient. Le choix du type de tarière Edelman (et donc la forme et les dimensions des lames) dépend de la structure et des caractéristiques du sol. En pratique, la tarière Edelman est amenée dans le sol manuellement au moyen d'un mouvement de rotation, jusqu'à ce que le corps de la tarière proprement dite soit entièrement rempli de matière. La tarière est ensuite hissée au niveau du sol par un lent mouvement de rotation. On répète cette opération jusqu'à ce que la profondeur souhaitée soit atteinte. La tarière Edelman est la méthode de forage manuelle la plus couramment utilisée. Elle est principalement appliquée lors de la prise d'échantillons remaniés, dans les textures de sol cohérentes pouvant contenir une quantité limitée de pierres/remblais. Il est possible d'utiliser de rallonges jusqu'à une profondeur déterminée en fonction des circonstances et du type de terrain rencontré.

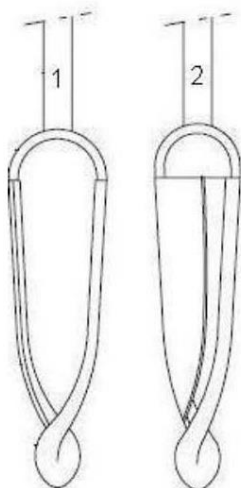


Figure 1

1.2.2 La tarière de type « Riverside »

La tarière de type « Riverside » se compose d'un cylindre creux (diamètre 70-100 mm) équipé de deux pointes en forme de cuillère à son extrémité. La tarière de type « Riverside » est introduite dans le sol de la même manière que la tarière Edelman.

La tarière de type « Riverside » est utilisée pour le forage manuel avec possibilité de prélever des échantillons remaniés dans des sols pouvant contenir des pierres ou des terrains riches en remblais là où la tarière Edelman ne le permet pas. Il est possible d'utiliser des rallonges jusqu'à une profondeur déterminée en fonction des circonstances et du type de terrain rencontré.

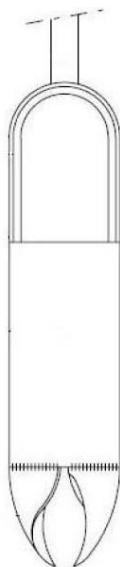


Figure 2

1.2.3 Tarière pour sols caillouteux

La tarière pour sol caillouteux est construite en acier solide (diamètre 70 à 100 mm) et dispose d'un corps plus ou moins fermé. Les extrémités sont aiguës et recourbées vers l'extérieur de sorte que le trou de forage est plus grand que le diamètre du corps de la tarière. Les lames sont fixées entre elles au niveau supérieur et au milieu, mais ne se touchent pas au niveau de la pointe. En raison d'une certaine souplesse des extrémités des lames (déformation) et grâce au corps de forage plus ou moins fermé, les pierres peuvent être écartées, tandis que le matériau plus fin (sable grossier contenant des particules fines) reste dans la foreuse. La tarière pour sols caillouteux est insérée dans le sol de la même manière que la tarière Edelman.

La tarière pour sols caillouteux est utilisée pour le forage manuel avec possibilité de prélèvement d'échantillons remaniés dans les sols compacts, riches en remblais ou pierreux pour lesquels la tarière Edelman montre ses limites. Il est possible d'utiliser des rallonges pour approfondir le trou de forage jusqu'à une profondeur déterminée en fonction des circonstances et du type de sol.

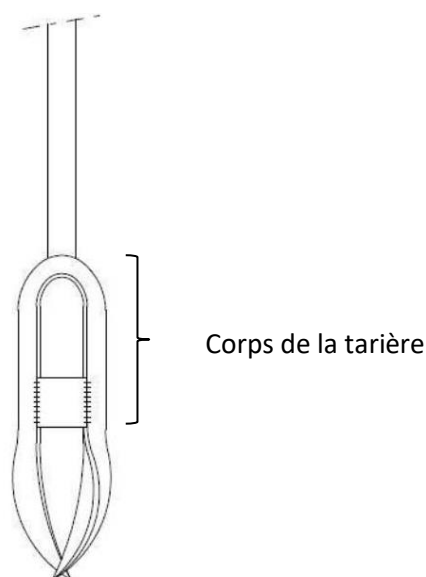


Figure 3

1.2.4 Gouge

La gouge est composée d'un cylindre métallique équipé d'un talon tranchant et conique à son extrémité inférieure. Les gouges peuvent être de différentes formes (fermées, semi-fermées) et présenter des longueurs et des diamètres variables. Le choix de la gouge la plus appropriée dépend de la méthode de travail, du diamètre du trou de forage désiré et des caractéristiques du sol. La gouge est insérée dans le sol au moyen d'un marteau et ce, le plus verticalement possible. La matière remplit alors le tube creux sur toute sa longueur et permet la prise d'échantillons. L'utilisation de la gouge se fait mécaniquement ou semi-manuellement (marteau pneumatique manuel). Lorsque des profondeurs importantes doivent être atteintes, les gouges sont souvent équipées en combinaison avec des casings de sorte à maintenir les terrains en place et éviter l'éboulement (voir paragraphe 1.4).

La gouge est utilisée principalement pour permettre la prise d'échantillons les moins remaniés possible dans les sols cohérents et riches en remblais. Des rallonges peuvent être utilisées de sorte à accroître la profondeur du forage et par là de la prise d'échantillons. La profondeur atteinte est alors déterminée en fonction des circonstances et/ou en fonction de la machine et du type de sol.

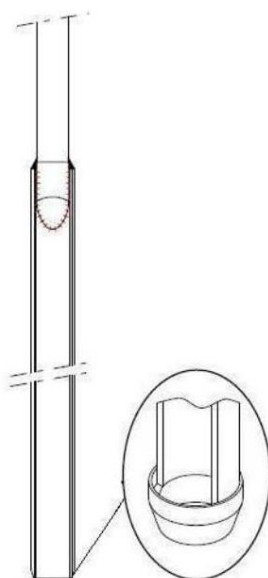


Figure 4

1.2.5 Cuillère/soupape

La cuillère ou la soupape se compose d'un tube en acier inoxydable, qui est ouvert des deux côtés et pourvue d'une arête coupante et d'un clapet anti-retour. La soupape est souvent d'une longueur de 1 à 1,5 m. Cette méthode est généralement mise en œuvre dans des sols saturés et peu cohérents du fait de la présence d'eau. Dans ce cas, la soupape est utilisée en combinaison avec des tubes à l'avancement (voir paragraphe 1.4) de sorte à permettre la tenue des terrains traversés lors de la mise en œuvre de la technique et la progression de la soupape vers le bas. Le niveau d'eau minimum doit être tel que la soupape se trouve entièrement sous l'eau lors des opérations. Si l'afflux d'eau souterraine est insuffisant pour permettre la progression de la soupape, de l'eau exogène peut être utilisée dans le casing. Une attention particulière doit alors être portée à la qualité de l'eau exogène mise en œuvre.

Par défaut, la soupape est uniquement utilisée sous le niveau d'eau souterraine, c'est-à-dire dans la zone saturée. Avant d'atteindre ce niveau d'eau souterraine, d'autres méthodes de forage classiques sont employées. Pendant l'opération, des mouvements de va et vient sont effectués avec la soupape de sorte à ce qu'elle se remplisse de matière. Le clapet anti-retour permet de conserver la matière dans le corps métallique de la soupape. La soupape est alors vidée régulièrement. Par ces mouvements répétés de haut en bas, un vide se crée sous le tubage à l'avancement de sorte que celui-ci puisse être poussé ou tourné plus profondément dans le sol.

La méthode de la soupape est utilisée pour les forages (semi-)manuels ou mécaniques dans des couches de sol peu cohérentes, sableuses et dont la description de forage ne doit pas être détaillée dans le cadre de l'étude en cours. Si de l'eau exogène est utilisée pendant le forage, les matériaux prélevés lors des opérations ne peuvent pas être utilisés pour en réaliser une caractérisation analytique. Si un échantillon doit être prélevé pour analyse, il y a lieu de changer de technique d'échantillonnage (par exemple à l'aide d'un échantillonneur). Si aucune eau exogène n'est utilisée et que les matériaux prélevés par la soupape sont utilisés pour en réaliser une caractérisation analytique, les résultats d'analyse doivent être considérés comme indicatifs et doivent dans tous les cas être interprétés avec prudence (lixiviation des particules fines, incertitude concernant la profondeur exacte de l'échantillon, etc). Des rallonges peuvent être utilisées de sorte à accroître la profondeur du forage. La profondeur atteinte est alors déterminée en fonction des circonstances et/ou en fonction de la machine et du type de sol.



Figure 5

1.2.6 Echantillonneur

Les échantillonneurs sont soit constitués d'un tube métallique (« steekbus »), soit d'un tubage externe (souvent métallique) dans lequel peut être inséré un tube d'échantillonnage (liner) constitué de polyéthylène (PE), téflon, métal inoxydable ou un autre matériel inerte. L'échantillonneur et le tubage sont fixés à un système permettant d'enfoncer l'échantillonneur ou le liner dans le sol. Les tubes d'échantillonnage sont pourvus d'un sabot cylindrique coupant. L'échantillonneur, enfoncé ou battu dans le sol, permet de minimiser la perturbation des différents horizons et permet ainsi une description assez précise.

L'échantillonneur est utilisé (semi-)manuellement ou mécaniquement, pour le prélèvement d'échantillons non remaniés, et ce dans n'importe quels types de sols. Pour les couches de sol peu cohérentes, le tube métallique (« steekbus ») et le liner peuvent être équipés d'un système de retenue des sédiments (par exemple une coquille) qui rend l'utilisation de cette technique possible et acceptable dans ce type de matériaux. L'échantillonneur est presque exclusivement utilisé pour les prélèvements quantitatifs. En fonction de l'objectif premier du forage (placement de piézomètres, prélèvement d'échantillon etc.), une autre méthode de forage classique peut dans un premier temps être mise en œuvre jusqu'à la profondeur d'échantillonnage souhaitée. L'échantillonneur est alors utilisé pour prélever l'échantillon à la profondeur désirée. Des rallonges peuvent être utilisées de sorte à accroître la profondeur du forage et le nombre d'échantillons. La profondeur atteinte est alors déterminée en fonction des circonstances et/ou en fonction de la machine et du type de sol.



Figure 6

1.2.7 La spirale

La spirale est enfoncée dans le sol manuellement comme la tarière Edelman, dans le sens horlogique. La petite spirale est souvent utilisée pour traverser les horizons contenant des briquillons ou des pierres et/ou permet de désolidariser des sols compactés grâce à son enfoncement progressif du à sa forme spécifique.

La spirale est utilisée pour les forages manuels. La spirale est employée en zone non saturée et pour le préforage d'horizons durs (craie, calcaire, couches caillouteuses). Le matériau foré par une tarière spirale ne peut pas être utilisé pour analyse. La tarière est souvent utilisée en combinaison avec la tarière Edelman, la tarière pour sols caillouteux et la tarière de type « Riverside ». Des rallonges peuvent être utilisées de sorte à accroître la profondeur du forage. La profondeur atteinte est alors déterminée en fonction des circonstances et du type de sol.



Figure 6

1.2.8 Echantillonneur à piston

L'échantillonneur à piston est constitué d'un tube en acier inoxydable ou en plastique. Le tube est enfoncé dans le sol au moyen d'un manche et d'une série de rallonges (en fonction de la profondeur à atteindre). Le piston logé dans l'échantillonneur est maintenu en place jusqu'à atteindre la profondeur d'échantillonnage. Le prélèvement d'échantillon s'effectue en lâchant le piston, en tirant sur la corde reliée au piston, en vue de créer une dépression de sorte à ce que la matière puisse entrer dans le tubage et y rester lors des opérations d'extraction du tubage.

L'échantillonneur à piston est adapté au prélèvement d'échantillons dans des sols sableux humides ou saturés et des couches de sol moins cohérentes sous le niveau d'eau souterraine. Le préleveur à piston est également approprié pour l'échantillonnage des sédiments (sableux). L'échantillon ainsi prélevé est peu remanié. Des rallonges peuvent être utilisées de sorte à accroître la profondeur du prélèvement. La profondeur atteinte est alors déterminée en fonction des circonstances et du type de sol.

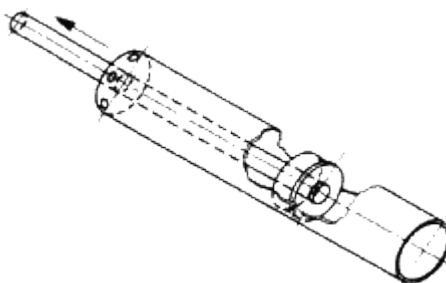


Figure 7

1.2.9 Tarière pleine

La tarière pleine est utilisée mécaniquement et se compose, comme la tarière spirale, d'un corps métallique hélicoïdal. La tarière pleine se visse dans le sol par le mouvement de rotation du moteur et grâce à sa forme spécifique. Le diamètre de la tarière dépend de la puissance du moteur, de la profondeur à atteindre et du type de sol.

Pour diverses raisons, l'utilisation de la tarière pleine n'est pas appropriée dans le cas des études de sol.

Cette méthode de forage mécanique peut tout de même être autorisée dans certaines circonstances. La tarière pleine peut être utilisée pour le forage à travers et jusque sous une couche de remblais ou de déchets. Le forage est ensuite poursuivi au moyen d'une autre technique de forage. La tarière pleine peut aussi être utilisée pour le forage au travers des dépôts d'origine naturelle difficiles à forer (couches de grès ferreux, horizons de grès calcaires). Cette technique peut également être utilisée pour forer au travers de la zone non saturée dans le cadre du placement de piézomètres dans les sols cohérents, pour autant que:

- une autre technique soit utilisée dans la zone saturée ;
- aucune description détaillée de la lithologie ne soit requise ;
- la géologie du terrain soit déjà suffisamment connue ;
- aucun échantillonnage du sol ne doive être effectué;
- la tarière soit appliquée en association avec un tubage à l'avancement lisse

L'utilisation de la tarière pleine n'est pas autorisée :

- dans les cas non décrits dans la section précédente ;
- s'il est évident que du produit pur est présent dans le profil où le forage sera exécuté.

Lors de l'utilisation de la tarière pleine une attention particulière doit être portée aux éléments suivants: le forage est exécuté dans un mouvement de rotation lent et continu. La tarière pleine est extraite à chaque intervalle de maximum 1,5 m. L'échantillonnage du sol avec la tarière pleine est seulement autorisé dans les couches de remblais/déchets/grès. Lors de cet échantillonnage, seul le noyau du matériau extrait par forage est échantillonné (suppression des parties ayant été en contact avec la paroi du trou de forage).

Le rapport de l'étude de sol doit inclure une argumentation détaillée justifiant la technique de la tarière pleine et le prélèvement éventuel. De plus, un encadrement technique de l'équipe de forage doit être organisé lors de la mise en œuvre de cette technique de sorte à permettre une adaptation ou modification de la technique de prélèvements si cela s'avère nécessaire.



Figure 8

1.2.10 Tarière creuse

La tarière creuse est une tarière hélicoïdale avec un tube intérieur creux. Ce tube creux est fermé à la base au moyen d'une **pointe verrouillable**. À l'aide d'un mécanisme spécifique, suspendu à un câble, la pointe verrouillable peut être levée. De cette façon, un échantillon représentatif peut être prélevé à l'aide d'une gouge ou d'un échantillonneur à la profondeur désirée. Comme pour la tarière pleine, la tarière creuse se visse dans le sol par le mouvement de rotation du moteur.

Une tarière creuse avec **pointe perdue** ou avec **bouchon** peut uniquement être utilisée dans le cadre du placement de piézomètres, mais pas pour l'échantillonnage du sol.

Pour diverses raisons, l'utilisation de la tarière creuse n'est pas appropriée à la réalisation d'étude de sol.

Cette méthode de forage mécanique peut tout de même être autorisée dans certaines circonstances. La tarière creuse peut être utilisée pour le forage à travers et jusque sous une couche de remblais ou de déchets. Le forage est ensuite poursuivi au moyen d'une autre technique de forage. La tarière creuse peut aussi être utilisée pour le forage au travers des dépôts d'origine naturelle difficiles à forer (couches de grès ferreux, horizons de grès calcaires). Cette technique peut également être utilisée pour la pose de piézomètres, pour autant que:

- l'expert démontre que la tarière creuse est la seule technique de forage possible pour placer un piézomètre dans le cas concerné ;
- aucune description détaillée de la lithologie ne soit requise ;
- la géologie du terrain soit déjà suffisamment connue ;
- aucun échantillonnage du sol ne doive être effectué.

L'utilisation de la tarière creuse n'est pas autorisée :

- dans les cas non décrits dans la section précédente ;
- s'il est évident que du produit pur est présent dans le profil où le forage sera exécuté.

Le rapport de l'étude de sol doit inclure une argumentation détaillée justifiant la technique de la tarière creuse et le prélèvement éventuel. De plus, un encadrement technique de l'équipe de forage doit être organisé lors de la mise en œuvre de cette technique de sorte à permettre une adaptation ou modification de la technique de prélèvements si cela s'avère nécessaire.



Figure 9

1.2.11 Forage au marteau

Cette méthode de forage mécanique est particulièrement adaptée dans les sols rocheux et le bedrock afin d'y placer un piézomètre. Cette technique est une méthode destructive qui ne permet pas le prélèvement d'échantillons de sol. Les sédiments produits par des coups de burin pneumatique sur la roche, sont extraits grâce à de l'air comprimé soufflé pendant le forage. Les formations superficielles peu cohérentes traversées préalablement à la mise en œuvre de cette technique sont tenues en place au moyen de tubage à l'avancement. Ceux-ci font en sorte que le trou de forage ne s'éboule pas pendant le forage (vibrations), ce qui permet d'éviter toute contamination croisée.

1.2.12 Pointe perdue

La méthode dite de la pointe perdue consiste à enfoncer dans le sol un tube métallique (casing) équipé d'une pointe perdue à son extrémité inférieure. Cet équipement est battu dans le sol à l'aide d'un marteau pneumatique manuel ou mécanique. Après avoir atteint la profondeur voulue, la pointe perdue est désolidarisée du tube, ce qui permet au tube d'être extrait. Une fois la pointe désolidarisée, et en cas de sol bouillant ou si une pression d'eau souterraine importante entraîne un risque de remplissage du tubage, de l'eau exogène peut être versée dans le tubage de sorte à exercer une contre-pression et permettre ainsi le placement du piézomètre. L'extraction du tubage peut être effectuée mécaniquement ou manuellement.

La méthode de la pointe perdue est donc une méthode de forage manuelle ou mécanique, pour laquelle le prélèvement d'échantillon de sol n'est pas possible et pour laquelle aucune description de profil ne peut être effectuée. La méthode de la pointe perdue est donc utilisée exclusivement pour le placement des piézomètres. La méthode de la pointe perdue peut *a priori* être utilisée dans tout type de sol. Il est possible d'utiliser des rallonges jusqu'à une profondeur déterminée en fonction des circonstances.

1.2.13 Excavation de fouilles ou de tranchées d'essai

L'excavation de fouilles ou de tranchées d'essai au moyen d'une excavatrice peut être approprié dans des cas spécifiques, par exemple lorsque l'on prévoit une représentativité insuffisante en raison de l'hétérogénéité du sol lors de la réalisation de forage par une méthode classique.

Cette méthode est souvent mise en œuvre pour l'étude de terrains fortement remaniés. Cette technique peut être bien indiquée dans le cas de la recherche de déchets ou quand de l'amiante est suspectée dans le sol. [Pour plus d'informations sur la procédure d'échantillonnage à suivre pour l'amiante dans le sol : veuillez consulter le code de bonne pratique pour l'étude et le traitement de l'amiante dans le sol.](#)

Une fois les observations enregistrées et les échantillons prélevés, les fouilles d'excavation et les tranchées sont refermées en veillant à respecter la séquence des couches rencontrées.

Le rapport de l'étude du sol doit inclure une argumentation détaillée justifiant l'utilisation des tranchées et des fouilles d'excavation. L'opérateur de l'excavatrice doit être accompagné d'un représentant de l'expert en pollution du sol de sorte à intervenir directement si cela s'avère nécessaire.

1.3 Préalablement à l'exécution des forages proprement dits

1.3.1 Définition de l'emplacement de forage en fonction des caractéristiques du terrain

Les emplacements des forages sont définis sur le terrain en tenant compte des infrastructures de surface, des infrastructures souterraines et de la disponibilité des plans du réseau public. Les plans de localisation des impétrants ou un résumé doivent, entre autres, être consultables sur le terrain.

La présence d'une piste imperméable, d'encuvements imperméables, de vides ventilés, de caves, de fondations, de citernes enfouies, d'équipements permanents ou de zones inaccessibles,...délimite la localisation possible des forages.

Des indications de l'emplacement de lignes souterraines et des réseaux d'égouts publics peuvent souvent être repérées en surface dans les environs immédiats des forages. Ces indices peuvent consister en l'observation de couvercles, robinet, raccordement, marques ou repères sur les murs, pancartes sur piquet, traces de terrassement locaux...

Un contrôle de l'absence de canalisations souterraines est effectué sur base des plans disponibles de localisation des impétrants, des caractéristiques du terrain et en recourant à des détecteurs de métaux et/ou détecteur de conduites, préalablement à la réalisation du forage proprement dit.

Après le choix et le marquage de l'endroit de forage, la zone de travail doit être préparée pour l'exécution du forage proprement dit.

1.3.2 Nettoyage

Afin d'exécuter des forages de manière sûre, propre et précise, il est important de nettoyer la zone de forage préalablement au forage proprement dit. La présence de polluants au niveau du sol peut donner lieu à une contamination du forage ou du matériau foré pendant l'exécution du forage. D'autre part, la réalisation des forages peut donner lieu à une contamination du sol ou des murs à proximité desquels les forages sont réalisés. Il peut dès lors être approprié de placer un film de protection, une toile ou des plaques au niveau du sol pendant l'exécution des forages.

1.3.3 Mesures de signalisation et de sécurité

Il est de la responsabilité de l'expert du sol de s'occuper de la signalisation nécessaire avant le commencement des travaux. L'opérateur de terrain a dans ses fonctions la mise en place de la signalisation lors de l'exécution des travaux ainsi que la délimitation de la zone de travail de sorte à garantir sa propre sécurité et celle des exploitants du site étudié.

Préalablement au démarrage des travaux de terrain, les mesures nécessaires doivent être prises pour assurer la sécurité à la fois des opérateurs, des exploitants et des tiers éventuels (voisins, passants). L'expert en pollution du sol est tenu de réaliser une estimation préalable des risques potentiels liés à l'exécution de son travail. Les éléments suivants doivent au minimum être pris en compte :

- toxicité et réactivité des paramètres polluants auxquels il peut s'attendre;
- dangers d'incendie et d'explosion pendant l'exécution des travaux ;
- caractéristiques de l'équipement à utiliser ;
- présence de canalisations souterraines;
- conditions locales (par exemple état du site/des bâtiments, présence de trafic sur le chantier, nature de l'entreprise et de son terrain, travaux sur la voie publique).

L'opérateur doit utiliser la signalisation et les moyens de protections individuelles nécessaires sur base des informations disponibles.

1.4 Méthode de forage proprement dite

Une fois que la localisation du forage a été définie et que le site a été préparé, les opérations de forage proprement dites peuvent être mises en œuvre.

1.4.1 Enlèvement du revêtement de surface éventuel

Dans de nombreux cas, le revêtement présent au niveau du trou de forage doit être éliminé préalablement à la réalisation du forage. Le revêtement peut être retiré au moyen de techniques (semi-)manuelles (gravier, carrelages,...) ou par carottage (béton, asphalte, sable stabilisé, carrelages,...). De l'eau est régulièrement utilisée pour refroidir la carotteuse lors de l'opération. Compte tenu du fait que cette eau de refroidissement peut être chargée en polluants (HAP dans l'asphalte contenant du goudron, sels dans le béton, métaux lourds dans le forat de la carotteuse,...), cette eau de refroidissement doit être enlevée du trou de forage et de ses environs avant d'entamer le forage proprement dit.

1.4.2 Préforage

Etant donné que la majorité des câbles et des conduites enterrées se trouvent dans le premier mètre, il est toujours recommandé de préforer ou précreuser.

1.4.3 Utilisation d'eau exogène

Dans certaines circonstances et/ou lors de la mise en œuvre de certaines méthodes de forage, de l'eau exogène doit être utilisée afin d'exercer une contre-pression ou pour désolidariser, liquéfier et transporter le matériau foré. L'utilisation d'eau exogène peut induire des modifications de la qualité du sol comme par exemple un effet de dilution ou l'introduction de matières exogènes (sels, polluants,...). L'utilisation d'eau exogène lors de l'exécution de forages destinés au prélèvement d'échantillons est donc interdite sauf si cela ne peut être évité compte tenu des caractéristiques du terrain et pour autant qu'aucune autre méthode de forage ne puisse être appliquée. L'utilisation d'eau exogène peut être autorisée dans les conditions suivantes :

- L'utilisation d'eau exogène est mentionnée dans le rapport des travaux de forage (à inclure dans le rapport de l'étude de sol).
- Le volume net d'eau exogène utilisée est enregistré: le volume de l'eau exogène qui a été amené et n'a pas été enlevé pendant l'exécution du forage (par exemple lors de l'utilisation de la méthode du forage à la soupape). Ces volumes sont pris en considération lors du nettoyage des piézomètres.
- L'eau exogène utilisée doit être de bonne qualité et doit avoir une qualité au moins équivalente à celle de l'eau potable. Afin de garantir la qualité de l'eau exogène, il est recommandé que l'opérateur amène lui-même l'eau qu'il compte éventuellement utiliser sur le chantier. Si l'opérateur n'a pas (ou plus suffisamment) d'eau exogène avec lui, l'eau disponible sur le site peut être utilisée pour autant qu'elle présente une qualité identique à celle de l'eau potable.
- L'eau exogène utilisée et extraite lors des opérations de forage est souvent lourdement chargée en sédiments (par exemple lors de l'application de la soupape). Dans ce cas, il est recommandé de laisser décanter l'eau avant évacuation. Les directives suivantes s'appliquent pour l'évacuation d'eau exogène :
 - si l'eau exogène est propre, celle-ci peut être déversée dans les égouts ;
 - en fonction de la contamination (dans tous les cas en présence de produit pur) et des volumes pompés, l'expert déterminera si l'eau exogène sera soit collectée dans un container dont le contenu sera traité selon les prescriptions ad hoc, soit déversée dans une installation de traitement de l'eau (par exemple lors de travaux d'assainissement).

1.4.4 Prévention de contamination et de contamination croisée

Il faut s'assurer en toutes circonstances qu'aucune contamination du sol (ou aggravement de l'état de contamination) ne se produise suite aux activités de forages. Afin de prévenir toute nouvelle contamination et la contamination croisée, les directives ci-dessous s'appliquent.

Méthode de forage appropriée

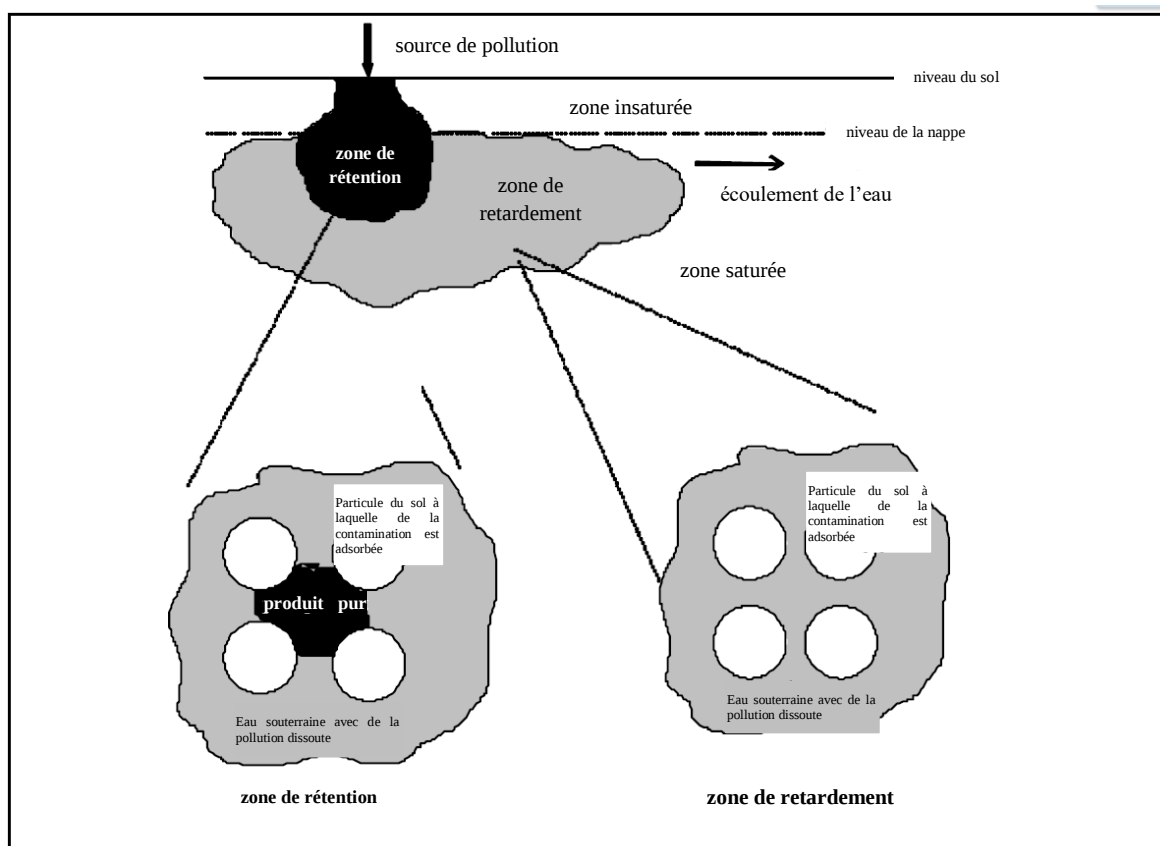
Les dispositions suivantes doivent être respectées lors de l'exécution des forages et le placement des piézomètres dans les zones de rétention (définition : voir ci-dessous):

- Seules les techniques de forages suivantes sont autorisées :
 - Forages manuels tubés pour éviter tout éboulement de matière contaminée plus en profondeur;
 - Forages au moyen d'un échantillonneur;
 - Les forages à la soupape avec tubage
- Lors de l'exécution des forages dans les zones de rétention, l'utilisation de tubes lisses est obligatoire.
- L'entraînement plus en profondeur de la pollution doit être évité :
 - Les tarières pleines ou creuses ne peuvent pas être utilisées ;
 - La mise en place de plusieurs piézomètres dans un même trou de forage dans les zones de rétention est interdite.

Zone de rétention : zone où la contamination est présente dans le sol sous forme de produit pur. Cela comprend à la fois toute zone contenant du produit résiduel (produit pur emprisonné dans les pores du sol), toute zone contenant du produit libre (couche plongeante/flottante) ainsi que la contamination adsorbée aux particules de sol dans les zones saturée et insaturée au niveau de cette zone. L'évaluation concernant le fait de se situer ou non dans la zone de rétention se fait sur base :

- des observations organoleptiques ;
- des tests de terrain (réaction huile-eau, rouge du Soudan, PID) ;
- si elles sont connues, des concentrations dans le sol, sachant qu'à titre très indicatif la présence de produit pur peut-être suspectée à partir du dépassement des normes d'intervention pour les zones d'habitat. Cette règle doit être utilisée avec prudence étant donné que la concentration à partir de laquelle du produit pur est présent peut être plus ou moins élevée que la norme d'intervention en fonction de la nature du polluant, de la teneur en matières organiques, etc.

Zone de retardement : zone du sol sous la nappe, hors de la zone de rétention, où la contamination est présente sous forme dissoute dans l'eau souterraine ou adsorbée aux particules de sol.



Utilisation des tubages à l'avancement

La réalisation de forage dans les couches de sol non cohérentes, dans la zone saturée ou dans la zone non saturée, peut donner lieu à des éboulements ou des colmatages du trou de forage. Quand ces cas spécifiques sont rencontrés, les tubes lisses ou la méthode de la pointe perdue sont mis en œuvre.

S'il y a un risque d'éboulement lors du forage au travers de couches d'asphalte, de remblais, ou de cendrées et dans la mesure où cela est techniquement possible, il est obligatoire d'utiliser un tubage (parfois perdu). Si l'utilisation d'un tubage n'est pas possible, seul le centre des matériaux extraits par forage est échantillonné (suppression des parties ayant été en contact avec la paroi du trou de forage ainsi que la partie supérieure de l'échantillon qui peut correspondre avec des éboulements).

Si un forage est exécuté dans une zone fortement polluée ou à travers une couche flottante, un tube lisse doit être utilisé pour éviter toute contamination des couches de sol sous-jacentes. Dans ce cas, il est possible d'éliminer l'eau polluée présente dans le tubage en injectant de l'eau non polluée par le bas via un tuyau d'alimentation qui est descendu dans le tubage.

Quand le frottement latéral sur le tuyau devient trop important, un deuxième et éventuellement un troisième tubage à l'avancement de diamètre plus petit est télescopé au travers des diamètres plus grands. De cette manière, des profondeurs de plus de 30 m peuvent être atteintes. Cette méthode ne peut jamais être appliquée dans une couche flottante ou plongeante, ni dans les zones fortement polluées présentes dans le profil. L'utilisation de tubage a un impact sur la méthode de forage à utiliser par la suite. Après utilisation, le tubage lisse, tout comme le reste du matériel de forage, est nettoyé en profondeur et rincé.

Le matériel de forage

Le matériel de forage peut lui-même être une source de contamination. L'équipement peut en effet être contaminé par les forages précédents au travers d'une couche de sol fortement contaminée ou par l'utilisation de lubrifiants sur le matériel de forage (filets des tuyaux,...). Les directives suivantes doivent être respectées afin d'éviter toute contamination par le matériel de forage. :

- L'utilisation de lubrifiants dans les études à caractère environnemental n'est pas autorisée.
- Le réservoir d'un moteur à explosion ne peut pas être rempli dans la zone de forage
- L'équipement de forage utilisé par les opérateurs doit être exempt de contamination et de résidus de sol provenant des forages précédents. Les nettoyeurs à haute pression et les nettoyeurs à vapeur peuvent être ici très utiles. Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour réduire la dispersion des pollutions.
- En outre l'utilisation de produits nettoyants est recommandée (notamment un détergent, par exemple le MSDS Deconex 15 PF) pour le nettoyage directement sur le terrain
- Une fois nettoyé, l'équipement doit toujours être rincé abondamment avec de l'eau propre (qualité de l'eau potable).
- Si les forages sont effectués dans les sols fortement pollués ou dans des zones contenant du produit pur, l'eau utilisée lors du nettoyage de l'équipement de forage doit être collectée. En fonction de la quantité de l'eau de nettoyage et du degré de pollution, l'eau de nettoyage collectée est traitée suivant les prescriptions ad hoc ou est rejetée dans une installation adéquate.

Entre aquifères

Les couches de sol pas ou peu perméables forment une barrière pour le produit pur ou les contaminants dans l'eau souterraine. Un forage au travers de telles couches peut donner lieu à la dispersion des contaminants. Au cas où un forage doit être réalisé au travers d'une couche imperméable (argileuse), l'utilisation d'un tubage à l'avancement est requise. Lors du remblaiement du trou de forage, un bouchon étanche/un bouchon d'argile doit être mis en place au niveau de la couche d'argile et/ou de la couche peu perméable présente entre deux nappes (ceci compte aussi pour le remblaiement de l'espace annulaire en cas d'installation d'un piézomètre). L'épaisseur du bouchon appliquée atteint au moins l'épaisseur de la couche de sol argileuse et/ou de la couche peu perméable. L'emplacement proprement dit du bouchon d'argile doit être déterminée aussi précisément que possible.

Utilisation des résidus de forage

Une mauvaise utilisation des résidus de forage pour le comblement du trou de forage peut donner lieu à une dispersion des contaminants. Pour une utilisation correcte des résidus de forage, se reporter au point § 1.4.8.

1.4.5 Enregistrement des profils de forage

Des profils détaillés sont élaborés pendant le forage. Pour les directives s'appliquant dans ce cas, se reporter au document Code de bonnes pratiques pour la représentation graphique des forages et piézomètres.

1.4.6 Prélèvements d'échantillons de sol

Des échantillons de sol sont prélevés au cours de l'exécution des forages. Pour les directives s'appliquant dans ce cas, se reporter au document Code de bonnes pratiques pour le

prélèvement d'échantillons de sol, d'eau souterraine, de sédiment et d'air du sol ainsi que la préservation (conservation en récipients) des échantillons prélevés.

1.4.7 Impossibilité technique

Lorsqu'on effectue des forages, on doit souvent faire face à des problèmes ou des restrictions techniques. Dans de nombreux cas, ces problèmes peuvent être résolus grâce à l'inventivité de l'opérateur, en accord avec l'expert en pollution du sol (p. ex. choix d'un autre endroit pour forer, sélection d'une autre méthode de forage, forage au travers d'un étage pour pouvoir forer sous la cave, forage horizontal dans un mur proche de la cave, etc.).

Mais il arrive que l'on doit parfois constater qu'il est, malgré les efforts fournis et le recours aux meilleures techniques disponibles, techniquement impossible, dans des conditions normales, d'effectuer le forage de manière raisonnable, sûre et conforme aux réglementations en vigueur.

Selon l'art. 13/4 §3 de l'ordonnance du 5 mars 2009 modifiée par l'ordonnance du 2 juin 2017, Bruxelles Environnement peut alors dispenser un titulaire d'obligation de réaliser une reconnaissance de l'état du sol ou en limiter le contenu. Cette dispense doit toutefois être motivée et clairement démontrée à l'aide de plans, photos, descriptions de forage, cartes techniques, etc.

Vous trouverez ci-dessous une liste non exhaustive de ce type de motifs d'impossibilité technique:

- La présence d'un vide sanitaire (attention: à évaluer au cas par cas en fonction des possibilités de forer à partir du rez-de-chaussée [forage au travers du plafond du vide sanitaire] ou dans le vide sanitaire même)
- La présence d'une piste/d'un sol étanche pour une activité en exploitation (p. ex. station-service)
- La présence d'un système de drainage sous le sol
- Sol classé
- La présence de conduites et de câbles sur toute la surface de l'activité à risque, sur un rayon allant jusqu'à 2m au-delà de l'activité à risque (notamment le chauffage par le sol, etc.)
- Le risque de remontée des eaux souterraines (p. ex. sol de la cave sous le niveau des eaux souterraines)
- L'inaccessibilité de certaines zones pour forer, aussi bien à la main qu'à la machine
- La présence d'une trop grande quantité de gravats ou de gravillons, entraînant un effondrement ou une interruption du forage malgré toutes les méthodes de tubage ou de stabilisation possibles, et qu'il est impossible de forer à la machine, cette impossibilité étant prouvée par plusieurs tentatives à plusieurs endroits. La présence d'une couche trop épaisse de béton pour appliquer des techniques adaptées à un endroit spécifique (en fonction des possibilités d'accès pour des machines plus lourdes, p. ex. plafond trop bas, passage de véhicules, etc.)
- Pour des raisons de sécurité (p. ex. cabine de transformateur, squat menaçant de s'effondrer, escalier en train de pourrir, absence d'escalier, vibrations près d'un dépôt d'explosifs, laisser l'accès libre aux services de secours)
- La présence d'un faux plancher (instable), empêchant tout ancrage du matériel de forage
- ...

Vous trouverez par ailleurs ci-dessous une liste (également) non exhaustive des motifs qui ne peuvent être acceptés pour conclure à une impossibilité technique:

- La présence d'un tapis, d'un parquet ou de tout autre revêtement nouvellement posé
- La présence d'une couche de béton classique (+/- 20 cm)
- La présence d'un showroom ou de rayonnages de magasin, ou encore de produits stockés déplaçables
- Trop de circulation de véhicules sur le terrain
- ...

Nous insistons sur le fait que le droit à cette dispense ne peut être octroyé que si l'impossibilité technique n'a pas été créée après le 20/01/2005 et pour autant que les titulaires d'obligation aient toujours respecté leurs obligations légales (p. ex. conditions d'exploitation du permis d'environnement). En outre, cette dispense est valable tant que l'impossibilité technique persiste. Dès le moment où l'impossibilité technique est levée (p. ex. cessation d'exploitation, démolition du bâtiment dans le cadre du réaménagement du site, etc.), les forages et/ou piézomètres doivent être effectués, et la dernière reconnaissance de l'état du sol doit être actualisée.

1.4.8 Méthode de travail après le forage proprement dit

Placement d'un piézomètre

Si la stratégie d'investigation le requiert, un piézomètre peut être placé une fois le forage exécuté jusqu'à la profondeur désirée. Pour les directives qui s'appliquent dans le cas du placement des piézomètres, se reporter au document Code de bonnes pratiques pour le placement des piézomètres.

Résidus de forage

Après les prélèvements d'échantillons éventuels, il subsiste souvent une quantité importante de résidus sur le site de forage. En règle générale, les résidus de forage sont emportés pour traitement par l'opérateur en charge des forages. Sous certaines conditions les résidus de forage peuvent être utilisés pour le comblement du trou de forage, à savoir :

- s'il n'y pas de traces sensorielles de contaminations
- si les résidus sont remis en place en respectant la séquence lithologique des horizons traversés

Remblai du trou de forage

Pour éviter une éventuelle pollution et/ou une dispersion d'une pollution après les opérations de forage, le trou de forage doit toujours être rempli convenablement. Le type de matériau utilisé doit être consigné dans le rapport de forage (à inclure dans le rapport de l'étude de sol). Les directives suivantes doivent être respectées:

- Si aucun piézomètre n'est placé dans le trou de forage, celui-ci est rempli de matériau inerte et propre. Le matériau extrait ne peut être réutilisé qu'à partir du moment où il ne présente pas de traces sensorielles de contamination, qu'il atteindra la profondeur désirée

et qu'il est suffisamment compactable (l'argile ne l'est pas). On veillera à respecter la séquence lithologique des horizons traversés.

- Un bouchon étanche/un bouchon d'argile doit être mis en place au niveau de la couche d'argile et/ou de la couche peu perméable présente entre deux nappes (ceci compte aussi pour le remblaiement de l'espace annulaire en cas d'installation d'un piézomètre). L'épaisseur du bouchon appliquée atteint au moins l'épaisseur de la couche de sol argileuse et/ou de la couche peu perméable. L'emplacement proprement dit du bouchon d'argile doit être déterminée aussi précisément que possible. Le bouchon d'argile peut être constitué d'argile gonflante de forme cylindrique (*prepack*), de matériau liquide assurant ensuite l'étanchéité (coulis de bentonite par exemple) ou d'argile gonflante sous forme de granulés (granulés de bentonite). Lors du placement d'un bouchon d'argile, il est nécessaire de tenir compte des caractéristiques de l'argile utilisée, la capacité de gonflement de l'argile pouvant varier fortement en fonction du type d'argile.
- Si les horizons traversés sont composés de sol perméable (p. e. sable), le trou de forage peut être comblé au moyen de gravier filtrant.
- Si l'état pollution ou la structure du sol l'exigent, le trou de forage doit être complètement rempli au moyen de matériaux étanches/d'argile gonflante afin d'éviter ainsi toute dispersion des contaminations suite à un remplissage mal étudié. Un coulis de bentonite peut être injecté du bas vers le haut ou couler gravitairement dans le trou de forage.
- Après la mise en place de granulés de bentonite dans la zone non saturée, il est nécessaire d'ajouter de l'eau propre afin d'assurer le gonflement de la bentonite.

Réparation du revêtement

Le revêtement éventuel endommagé par les opérations de forage (béton, carrelage, asphalte, gravier,...) est remis du mieux possible dans son état d'origine en concertation avec le propriétaire, l'exploitant,...

Nettoyage de la zone de forage et de l'équipement

La zone de forage est nettoyée de sorte qu'aucun résidu de sol et/ou de contaminants éventuels ne persistent une fois les opérations clôturées. L'équipement ayant servi au forage est également nettoyé avec soin, éventuellement avec des détergents, avant d'entamer le forage ou le chantier suivant.

1.5 Phases critiques lors des travaux avec des sous-traitants

Conformément à l'article 20 §2 de l'arrêté du 15 décembre 2011¹, s'il est fait appel à un sous-traitant pour l'exécution de travaux, l'expert en pollution du sol doit s'assurer que ces opérations sont en accord avec les codes de bonnes pratiques en vigueur en Région de Bruxelles-Capitale. A ce niveau, un chargé d'étude de l'expert en pollution du sol doit être **au minimum présent pendant les phases critiques des travaux de terrain**, comme défini dans les codes de bonnes pratiques. Ce chargé d'étude doit avoir la connaissance nécessaire des procédures pour l'exécution de ces travaux.

¹ Arrêté du 15 décembre 2011 du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'agrément des experts en pollution du sol et à l'enregistrement des entrepreneurs en assainissement du sol

Les **phases critiques** lors desquelles un chargé d'étude de l'expert en pollution du sol doit être au minimum physiquement présent, s'il fait réaliser les travaux de terrain en sous-traitance, sont les suivantes :

- Lors de la détermination de la localisation de tous les forages et piézomètres prévus ;
- Pendant la durée complète de placement du premier piézomètre de la campagne de forage (ou du premier forage si aucun piézomètre n'est prévu), de sorte qu'il soit contrôlé au moins une fois par campagne de forage que le sous-traitant travaille bien conformément aux codes de bonne pratique ;
- Lors de l'utilisation d'une tarière pleine, d'une tarière creuse ou d'une excavation de fouilles ou de tranchées d'essai ;
- Pendant la durée complète de forages ou de placements de piézomètres en zones de rétention (si la présence de produit pur est préalablement connue ou s'il existe une forte suspicion que du produit pur soit présent) ;
- Pendant la durée complète de forages ou de placements de piézomètres lors desquels des couches imperméables (argileuses) sont traversées (si les couches imperméables (argileuses) traversées sont préalablement déjà connues ou s'il existe une forte suspicion que de telles couches soient présentes) ;
- Pendant la durée complète de forages ou de placements de piézomètres lors desquels plusieurs piézomètres doivent être placés dans un même trou de forage ;
- Lors de la mise hors service de piézomètres qui présentent des fuites, conséquence par exemple d'un placement peu judicieux des bouchons d'argile (aussi bien dans les piézomètres multiples dans un même trou de forage que dans les piézomètres simples).

Pour finir, il est important de rappeler que l'article 20 §1 2° de l'arrêté susmentionné du 15 décembre 2011 mentionne clairement que l'expert en pollution du sol **reste le responsable final des tâches exécutées par le sous-traitant**. Il est aussi vivement recommandé que les phases non critiques des travaux de terrain soient contrôlées de manière aléatoire par un chargé d'étude de l'expert en pollution du sol.