

Collection « La mine en France »

Sondages miniers



TOME 11

Collection « La mine en France »

Sondages miniers

Tome 11

Février 2017

Urien P., Charles N., Galin R., Guillon D.



Comité de rédaction de la collection

Ministère de l'Économie et des Finances

Coordination : Alain Liger, Rémi Galin

Rédacteurs : Rémi Galin, Jean-François Moras, Diana Guillon.

BRGM – Bureau de Recherches Géologiques et Minières / Service Géologique National

Coordination : Nicolas Charles, Jean-Jacques Dupuy

Rédacteurs : Nicolas Charles, Laurent Bailly, Gaël Bellenfant, Francis Blanchard, Stéphane Chevrel, Patrice Christmann, Francis Cottard, Patrick D'Hugues, Jean-Jacques Dupuy, Jean-Claude Guillaneau, Jean-François Labbé, Bernard Lamouille, Maurice Save, Jean-François Thomassin, Pol Urien, Laure Verneyre, Guillaume Vic.

INERIS – Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

Coordination : Frédéric Poulard

Rédacteurs : Frédéric Poulard, Philippe Gombert, Xavier Daupley, Christophe Didier, Zbigniew Pokryszka.

Réseau d'Excellence Mine & Société (Mines ParisTech, Mines Nancy, Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Mines d'Alès)

Coordination : Philippe Kister

Rédacteurs : Hossein Ahmadzadeh, Jean-Alain Fleurisson, Damien Goetz, Philippe Kister, Yann Gunzburger, Michel Jébrak, Brice Laurent, Jack-Pierre Piguet, David Salze.

Mots-clés : sondage minier, exploration, exploitation, impacts, bonnes pratiques.

En bibliographie, ce document sera cité de la façon suivante :

Urien, P., Charles N., Galin R., Guillon D. (2017) – Sondages miniers. Collection « La mine en France ». Tome 11, 42 p., 13 fig., 1 tabl., 1 ann.

Sommaire

1. Généralités.....	7
1.1. SONDAGE OU FORAGE ?	7
1.2. LES DOMAINES D'APPLICATION.....	7
1.3. LES TECHNIQUES DE FORATION	7
1.4. LES CAMPAGNES DE SONDAGE	12
2. La réalisation	17
2.1. AMENAGEMENT DE LA PLATEFORME DE SONDAGE	17
2.2. SONDAGE ET FORAGE	19
2.3. REHABILITATION DE LA PLATEFORME DE SONDAGE	20
3. Impacts d'un sondage ou des sondages	23
4. Cadre réglementaire.....	25
5. Prévention des risques santé et sécurité	27
6. Bonnes pratiques	31
6.1. SOCIALES ET SOCIETALES.....	31
6.2. ENVIRONNEMENTALES	31

Liste des figures

Figure 1 : Vues d'un chantier de sondage à la tarière de profondeur 20 m au Gabon.....	8
Figure 2. Gauche : Vue d'un site de chantier Air coré sur un permis d'exploration. Droite : Vue d'un chantier de foration Air core sur un permis d'exploration.....	8
Figure 3. Gauche : Alignement des sondages prévus le long d'un profil de sondages RC. Centre : Manipulations sécurisées avec un bras hydraulique des lourdes tiges d'un sondage RC. Droite : Alignement des cuttings produits par un sondage RC avec le compresseur en arrière-plan.....	9
Figure 4. Gauche : Site de sondage d'exploration avec déforestation minimale (Cliché : Projet Restauracion en Rép. Dominicaine 1997, Pol Urien, BRGM). Droite : Doublons de sondages de certification de ressources sur un site minier en Côte d'Ivoire.....	9
Figure 5. Gauche : Carottier de sondage et caillebotis sur un poste de travail sécurisé. Droite : Contrôle et ajustement des métrages de carottes récupérées sur un poste de travail	10

Figure 6. Gauche : Mise en caisse et réalisation de la coupe interprétative du sondage sur le chantier (Cliché : Mine de lty Cominor 2012, Pol Urien, BRGM). Centre : Vérification des cotes de sondage et repérage des principaux faciès lithologiques (Cliché : Mine d'Essakane IAMGold, Pol Urien, BRGM). Droite : Caractérisation des minerais sulfurés magnétiques	10
Figure 7 : Exemples divers de définition de « Block model » et de fosse d'extraction envisagée à partir de maille de sondages resserrés. A : Plan de sondages en superficie ; B : Répartition longitudinales des accumulations métalliques ; C : Projet de fosse d'extraction du minerai quantifié.	16
Figure 8 : Schéma de principe d'une plateforme de sondage carotté.....	18
Figure 9 : Réalisation d'un sondage en mine à ciel ouvert, Mine d'lty Cominor	18
Figure 10. Haut : Aménagement d'une plateforme de sondage carotté avec signalétique d'accès et de sécurité (Exploration IAMGold à Essakane). Bas : Aménagement d'une plateforme de sondage carotté pour le poste de nuit (Exploration Cominor Mine d'lty)	19
Figure 11. Gauche : Sondeuse équipée de protection des éléments de rotation et d'arrêt d'urgence visibles et accessibles. Opérateur équipé des EPI (Equipement de Protection Individuelle). Droite : Affichage des alertes-sécurité et numéros d'urgence sur la sondeuse	28
Figure 12. Gauche : Sondeuse équipée de protection des éléments de rotation et éclairage nocturne satisfaisant. Droite : Installation de plateforme en enceinte minière avec abris pour les personnels de suivi	28
Figure 13. Gauche : Transport de poubelles de tri sélectifs de déchets sur les sites de sondages Air core. Droite : dispositif préventif de contamination des eaux de foration pars serviettes absorbantes	32

Annexe

Annexe 1 Note technique du 4 mars 2015 apportant des précisions sur certains forages soumis à déclaration	33
---	----

1. Généralités

1.1. SONDAGE OU FORAGE ?

Un sondage est un trou destiné à étudier le sous-sol (nature des roches, structure, etc.) sans en exploiter quelconque ressource (ex. sondage minier).

Un forage est un trou qui a vocation à être utilisé ou exploité (ex. forage d'installation de piézomètre, forage de pompage en eau potable, forage géothermique, forage pétrolier, forage de mise en solution, forage géotechnique de fondation par pieux).

En outre, l'action de faire le trou est appelée « foration », que ce soit pour un sondage ou un forage.

Un sondage ou un forage peut atteindre des profondeurs allant de quelques mètres à plusieurs milliers de mètres. Pour mémoire, le sondage le plus profond jamais réalisé, à but scientifique a atteint la profondeur surprenante de 12 262 m (« sondage SG3 » ou « sondage profond de Kola » foré entre 1970 et 1989 en Russie, dans la péninsule de Kola).

1.2. LES DOMAINES D'APPLICATION

Les principaux domaines du sondage et du forage sont :

- L'installation d'ouvrages de récupération d'énergie géothermique pour les activités industrielles ou les maisons individuelles
- La recherche et l'estimation des réserves de matières utiles : minerais, charbon, eau, pétrole, matériaux de carrières, granulats;
- La reconnaissance des caractéristiques des sols et roches dans le cadre d'études géologiques, géotechniques, hydrogéologiques ou pédologiques;
- La préparation de sols en vue de la réalisation d'ouvrages de génie civil : pieux forés, injections (ex. bâtiments, tunnels, ouvrages d'art).

1.3. LES TECHNIQUES DE FORATION

Dans le domaine minier, les sondages ont pour but de fournir une indication sur l'organisation et la composition du sous-sol et d'en échantillonner différentes sections.

De nombreuses techniques de foration existent, elles sont adaptées aux différents types de terrain et aux différentes étapes du projet minier (Tableau 1). Les principales sont énoncées ci-dessous :

- Tarière : adapté aux terrains tendres seulement, la tarière est une vis sans fin qui peut être manuelle ou mécanique ; les matériaux extraits sont remaniés et parfois partiellement mélangés avec la paroi du trou (Figure 1).



Figure 1 : Vues d'un chantier de sondage à la tarière de profondeur 20 m au Gabon (Cliché : Pol Urien, BRGM).

- Foration rotative à air comprimé (Rotative Air Blast, RAB) : technique destructive, elle consiste à broyer le sol et les roches altérées par l'intermédiaire d'un outil rotatif tandis qu'un flux d'air comprimé ramène les débris (« cuttings ») à la surface entre l'outil et la paroi du trou (Figure 2). Cette méthode s'applique à faible profondeur et ne peut être utilisée pour les roches saines. Elle permet de traverser des terrains de recouvrements (éoliens ou glaciaires) pour atteindre la roche en place que l'on veut échantillonner.



Figure 2. Gauche : Vue d'un site de chantier Air coré sur un permis d'exploration. Droite : Vue d'un chantier de foration Air core sur un permis d'exploration (Clichés : 'Essakane 2011 IAMGold - Pol Urien, BRGM).

- Percussion (Sondages percutants et marteau fond de trou) : technique destructive, elle consiste à utiliser un marteau pneumatique (« marteau en tête de tige ou marteau en fond de trou »), en rotation et en percussion. La roche est ainsi broyée et ramenée à la surface sous la forme de débris (« cuttings ») à l'aide d'une circulation d'air comprimé qui permet également le fonctionnement de l'outil. Les cuttings remontent à la surface par l'espace entre les tiges et la paroi du trou et peuvent contrarier voire bloquer la foration.

- Circulation inverse (Reverse Circulation, RC) : technique destructive qui utilise un jeu de deux tiges creuses emboîtées concentriques avec un « marteau percutant en rotation » (Figure 3). Elle permet de collecter sous forme de débris (« cuttings ») un échantillonnage continu des

roches le long du trou réalisé (débris remontés dans un fort courant d'air comprimé/aspiré dans l'espace annulaire entre les tiges emboîtées).



Figure 3. Gauche : Alignement des sondages prévus le long d'un profil de sondages RC. Centre : Manipulations sécurisées avec un bras hydraulique des lourdes tiges d'un sondage RC. Droite : Alignement des cuttings produits par un sondage RC avec le compresseur en arrière-plan (Clichés : 'Essakane 2011 IAMGold - Pol Urien, BRGM).

- Carottage (Diamond drilling, DD ou « core drilling ») : technique non-destructive, elle consiste en la découpe d'un cylindre de roche par un outil tubulaire imprégné de diamant. Le cylindre de roche découpé se met progressivement en place dans le tube intérieur du carottier d'une longueur en général comprise entre 1,5 et 3 m. Cette technique permet de récupérer un cylindre d'échantillon (carotte) continu et intact des terrains traversés.



Figure 4. Gauche : Site de sondage d'exploration avec déforestation minimale (Cliché : Projet Restauracion en Rép. Dominicaine 1997, Pol Urien, BRGM). Droite : Doublons de sondages de certification de ressources sur un site minier en Côte d'Ivoire (Cliché : Mine d'Ity Cominor 2012, Pol Urien, BRGM).



Figure 5. Gauche : Carottier de sondage et caillebotis sur un poste de travail sécurisé. Droite : Contrôle et ajustement des métrages de carottes récupérées sur un poste de travail (Clichés : Mine d'Ity Cominor 2012, Pol Urien, BRGM).



Figure 6. Gauche : Mise en caisse et réalisation de la coupe interprétative du sondage sur le chantier (Cliché : Mine de Ity Cominor 2012, Pol Urien, BRGM). Centre : Vérification des cotes de sondage et repérage des principaux faciès lithologiques (Cliché : Mine d'Essakane IAMGold, Pol Urien, BRGM). Droite : Caractérisation des minerais sulfurés magnétiques (Cliché : Carottes des sondages de Rouez - projet CADI, Pol Urien, BRGM).

Le sondage carotté utilise une injection d'eau pour faciliter la foration et remonter les débris de foration. Un prélèvement d'eau est donc effectué dans le milieu pour cet usage. Cette eau une fois chargée de fins débris de roche doit être décantée avant d'être réinjectée dans le forage ou

rejetée dans le milieu naturel. En outre, des additifs techniques destinés à faciliter la foration, la récupération des cuttings et imperméabiliser les terrains sont souvent ajoutés à cette eau (boues, argiles ou produits organiques spécifiques biodégradables) ;

- **Mixte** : permet d'alterner des sections d'échantillonnage ou de foration entre technique par carottage et destructive.

Tableau 1 : Comparaison des techniques par carottage et par circulation inverse (Source : technidrill.com)

	Technique par carottage	Technique par circulation inverse (RC)
Application	Utilisée pour les prélèvements très précis où la, les relations entre corps géologiques (contacts séquences filons) et l'analyse et les mesures angulaires des structures sont importantes. Protection de l'ouvrage en cours par un tubage.	Utilisée pour des prélèvements en masse où une définition large des corps de minerais et où l'analyse géochimique est importante. Récupération discutable dans certaines conditions.
Echantillon	L'observation et certaines analyses peut se faire directement sur site car l'échantillon est intact, les grains et les veines sont visibles, possibilité de calculer l'orientation des structures de l'échantillon et de pouvoir surveiller les paramètres de récupération dans le sondage avec précision.	Echantillons de masses des cuttings ; possibilités d'analyser les cuttings les plus larges ; surveillance du sondage possible. Surveillance de la qualité de récupération avec les pesages des cuttings par intervalles d'échantillonnage constants (métriques)
Vitesse de forage	Vitesse d'avance lente, peut varier considérablement suivant le type de roches ou de fracturation mais généralement 25-30 m par équipe.	Taux de pénétration rapide, peuvent varier considérablement en fonction des conditions du sol et la profondeur du trou et de la présence de venue d'eau, mais généralement 200 m par équipe. Nécessité de surpresseur (surcoût) en cas de venue d'eau
Capacité de profondeur	Au-delà de 3 000 m avec des machines de grande capacité	800 m maximum avec les plus grands appareils de forage et hautes pressions à l'aide de surpresseur (booster).
Diamètre du trou	146 à 46 mm, fonction de l'outil utilisé.	146 à 89 mm, en fonction de l'outil utilisé.
Flexibilité	Possibilité de sélectionner des outils pour une variété de formations rocheuses et sols, y compris échantillonnages non remaniés dans les terrains sédimentaires et dans du charbon non consolidé.	Limitée à des formations consolidées seulement où le forage à trou ouvert est possible.
Coût	Faible investissement initial, mais généralement plus coûteux au mètre foré à cause de la limitation de la rapidité de cette méthode (30-100 €/m).	Investissement initial important mais cette méthode de forage est plus rapide et donc le prix au mètre est plus intéressant (20-50 €/m) dans le cas d'un usage sans surpresseur.

Les normes JORC, NI43-101, SAMREC, etc., utilisées par la société effectuant la campagne de sondage peuvent obliger la société minière à réaliser les sondages selon une des méthodes afin d'assurer une bonne représentativité des analyses et surtout obliger la société à être

capable de pouvoir présenter et conserver des témoins indiscutables des sections de sondages réalisés :

- JORC CODE - Joint Ore Reserve Committee (Australie-Asie)
- SAMREC CODE - South African Mineral Committee (Afrique du Sud)
- REPORTING CODE - (Royaume-Uni / Europe Occidentale)
- CIM GUIDELINES (NI43-101) - Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (Canada)
- SME GUIDE - Society for Mining, Metallurgy and Exploration (États-Unis)
- CERTIFICATION CODE - (Chili)

Pour la fiabilité de la définition des tonnages, exigée par les investisseurs, les critères imposés par ces différents codes obligent d'assurer les valeurs sur des échantillonnages et des mesures de certains paramètres. Ces paramètres sont en particulier des mesures de densité des minerais de métaux pondéreux, ou la production possible de témoins de souches de carotte pour des besoins d'audits.

Ces contraintes obligent à réaliser un nombre important de sondages carottés par rapport à des sondages percutants parfois moins onéreux. La conservation de ces carottes permet de plus l'utilisation, a posteriori, d'analyseurs portables de type XRF ou spectromètres sur des sections de roche bien identifiées et visibles.

Pour aller plus loin : <https://www.rgc.ca/?page=page&id=92#ListMethods>

1.4. LES CAMPAGNES DE SONDAGE

En général une campagne d'exploration à vocation minière aboutit à la phase de sondage après des campagnes d'exploration de surface (cartographie géologique, campagnes de géochimie en sédiments de ruisseau et sols, tranchées, études d'anciens travaux, levés géophysiques). Ces divers travaux permettent à l'entrepreneur minier de définir un nombre de cibles potentielles pouvant contenir des volumes minéralisés de valeur économique. Une fois ces cibles potentielles localisées, la campagne de sondage se déroule en plusieurs étapes qui aboutissent ou non à la mise en évidence d'un gisement économique.

La **phase 1** de la campagne de sondage vise à :

- Vérifier en profondeur, dans la roche en place, l'enracinement ou non d'une anomalie géochimique en sol, d'un filon intéressant repéré en surface ou lors du creusement d'une tranchée ;
- Vérifier le contenu et la source d'une anomalie géophysique détectée au sol ou par méthodes aéroportées ;
- Estimer le potentiel d'extension probable des volumes et teneurs recoupées ainsi que la géométrie simple ou morcelée de ces volumes ;
- Faire un tri éliminatoire de cibles d'intérêt et s'assurer formellement de l'absence d'intérêt de certaines autres cibles qui peuvent alors être écartées.

De plus, certains minerais riches peuvent présenter un caractère a priori pénalisant (coût de valorisation élevé, impact environnemental (arsenic, amiante). Leur identification en phase préliminaire permet d'arrêter les recherches avant d'avoir engagé des dépenses trop importantes.

Lors de cette phase 1, les sondages en nombre réduit sont implantés selon un des profils déjà utilisés lors des grilles géochimiques ou parallèlement à proximité immédiate des tranchées ou

des profils moto-tarières ayant été préalablement réalisés. L'usage tend à minimiser les impacts de cette phase d'exploration en privilégiant les profils en zone de lisière de champs ou forêts et selon un réseau d'accès existant pour réduire les impacts (habitats, espèces, récoltes, etc.).

La **phase 2** d'une campagne de sondage a pour objectif l'évaluation aussi précise que possible du **volume et tonnage du minerai et de sa valeur contenue** sous forme de teneur moyenne (en % ou g/tonne) de ce volume en métaux ou substance(s) valorisable(s). Pour cela il convient de réaliser une grille de sondage recoupant le volume minéralisé de façon régulière adaptée à la géométrie du volume à sonder et à sa disposition dans l'espace. L'opérateur procède soit avec des sondages verticaux recoupant un volume horizontal ou une couche peu inclinée soit avec des sondages d'inclinaisons différentes recoupant à une maille régulière un volume redressé proche de la verticale.

Ces cas simples sont peu fréquents et l'implantation des sondages se complique dans le cas de volumes plissés ou fracturés, et perturbés par les déplacements géologiques des différents blocs liés au jeu de failles.

La maille de sondages peut être très lâche et distante (100 m à 50 m) dans les cas simples. Il peut être nécessaire de la resserrer parfois à la maille carrée de 25 m dans le cas de volumes très perturbés associés à des variations importantes des teneurs. Dans ces cas extrêmes, les méthodes de sondages destructifs et carottés sont associées en proportion variable pour réduire les coûts d'exploration en s'assurant toujours que la représentativité des méthodes de sondage soit pertinente avec la définition la plus précise du tonnage existant. La définition de certains gisements ont parfois nécessité des travaux miniers souterrains afin de certifier la géométrie précise des volumes minéralisés.

Au cours et en fin de cette phase 2, lorsque l'évaluation est plutôt positive, l'entrepreneur minier procède à des opérations qui présagent de la viabilité potentielle du projet.

Il s'agit de l'échantillonnage de gros volumes de minerai en réalisant des sondages de gros diamètre (ou des travaux souterrains) afin de se rapprocher et définir par une batterie de tests, un procédé optimal de traitement du minerai en se rapprochant le plus possible de la situation future.

Par des sondages hydrogéologiques et géotechniques adaptés à la cible minière, l'opérateur affine la connaissance du contexte hydrogéologique et géotechnique du corps minéralisé et de son environnement afin d'estimer les probabilités de volumes et les débits d'exhaure ou de pompage nécessaires. Il vérifie et analyse le comportement des terrains en prévision d'une exploitation soit souterraine soit à ciel ouvert.

La fin de cette phase 2 implique généralement soit un arrêt du projet minier estimé non viable, soit la mise en développement du projet minier qui implique la maîtrise foncière du terrain de surface correspondant aux différents besoins de l'opérateur minier tels que :

- Emprise du ciel ouvert,
- Verse à stérile,
- Usine de traitement,
- Périmètre d'intégration paysagère,
- Isolation sonore et poussière par des écrans végétaux et influence des vents dominants,
- Définition précise du mode d'exploitation et des engins adaptés,

- Angles de sécurité des pentes en carrières et la dimension des banquettes dans la fosse,
- Superficies nécessaires aux infrastructures d'usine de traitements mécanique et chimique, ateliers, bureaux et lieux de vie.

Cette phase 3 ou phase ultime de certification implique une campagne de sondage de différents types :

- Sondages de définition du « block model » qui, lui, correspond au découpage du volume de minerai en un édifice constitué de milliers de cubes élémentaires. La taille de ces « cubes de minerai rentable » dépend de la définition par géostatistique de la répartition et de la variabilité des teneurs de coupure de chaque cube dont la masse de celui-ci dépend de sa densité.

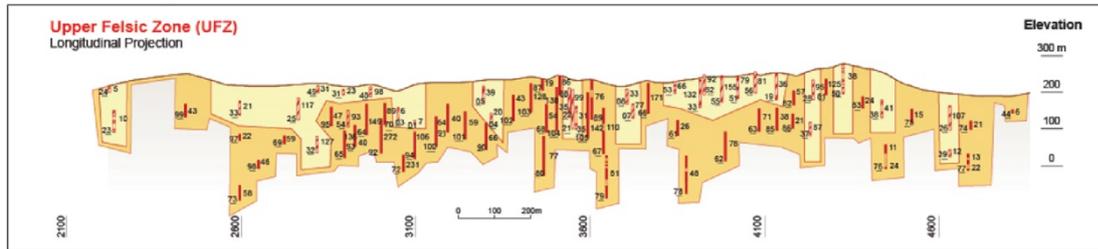
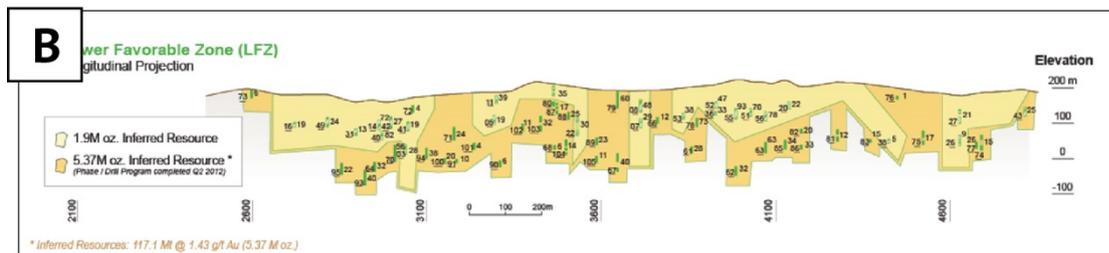
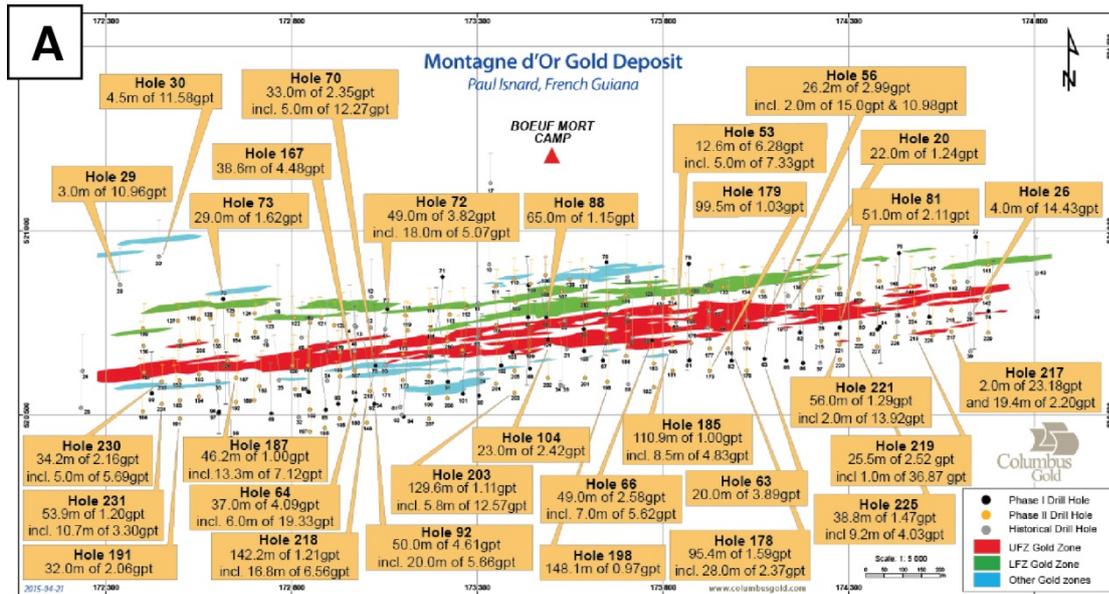
Une forte variabilité des :

- volumes,
- épaisseurs,
- densité,
- géométrie (plissé, fracturé, basculé),
- nature des minerais sulfurés vs. oxydés,
- teneurs,

impliquera une maille de sondages très resserrée pouvant atteindre la maille de 10 m sur 10 m jusqu'à des profondeurs souvent supérieure à 200 m. La viabilité économique et la planification dans le temps d'un projet minier sont liées au bon déroulement de cette étude et à la qualité des données et de l'échantillonnage.

- **Sondages dit de stérilisation** : sont réalisés afin de s'assurer de ne pas construire des installations pérennes au-dessus ou à proximité de minerais potentiellement économiques au moment de la construction et sur le long-terme. Dans ce cas les sondages RC sont privilégiés pour leur rapidité et leurs coûts compétitifs. Les sondages de stérilisation permettent également de s'assurer l'absence d'intérêts de certains secteurs.
- **Sondages géotechniques** : sont souvent nécessaires pour l'évaluation du comportement probable des masses rocheuses et s'assurer une bonne stabilité des terrains tant en mine à ciel ouvert qu'en mine souterraine.
- **Sondages hydrogéologiques** : sont préconisés en phase 3 pour connaître :
 - les caractéristiques physico-chimiques, le volume de la nappe d'eau concerné par la future exploitation minière ;
 - le comportement naturel de cette nappe d'eau, son volume et sa vitesse d'écoulement.

Ils sont réalisés en sondages destructifs verticaux afin de pouvoir les équiper de pompes et de tubages crépinés, pour y installer des pompes d'exhaure afin de dénoyer si besoin les terrains à extraire, et de valoriser l'eau ainsi extraite pour l'exploitation sans recourir à de nouveaux ouvrages.



Longitudinal Projections - Historical and Phase I drilling at the Montagne d'Or Gold Deposit, Paul Isnard Project, French Guiana.

C New Liberty Project - Resource Grade Model With Optimised Final Pit Shell

aureus mining

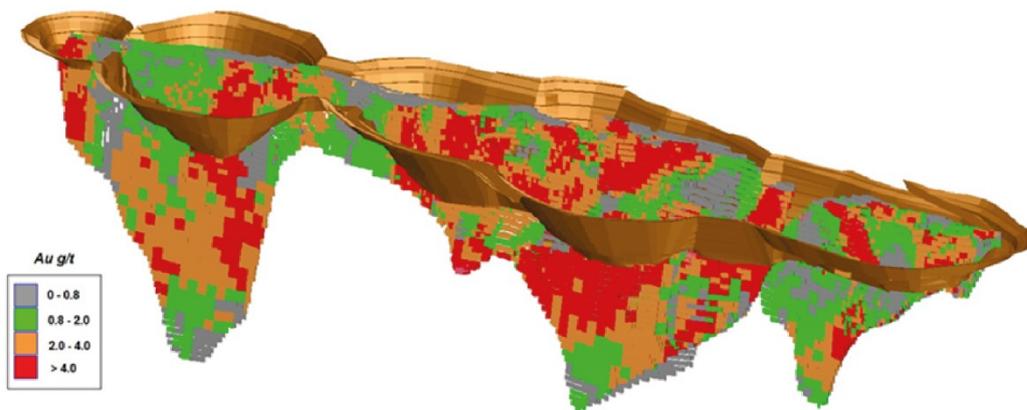


Figure 7 : Exemples divers de définition de « Block model » et de fosse d'extraction envisagée à partir de maille de sondages resserrés. A : Plan de sondages en superficie ; B : Répartition longitudinales des accumulations métalliques ; C : Projet de fosse d'extraction du minerai quantifié.

En phase finale et pour s'assurer de l'efficacité de l'extraction, la maille de sondage peut être inférieure à 10 m dans le cas de fortes variabilités des teneurs des substances recherchées.

La mise en place, l'exécution et le suivi et la création de données donne lieu pour chaque sondage à :

- vérification sur site des risques potentiels (lignes électriques enterrées ou aériennes, conduites de gaz, passages de câbles ou fibres) ;
- mesures des métrages de carottes ou cuttings récupérés et du pourcentage de récupération et le métrage effectif ;
- soigneuse mise en caisse des carottes ou en sac des cuttings récupérés ;
- contrôle des angles d'azimut et d'inclinaison du sondage à différents métrages afin de le positionner totalement dans l'espace ;
- description précise des différentes formations géologiques recoupées et de leur relation et chronologie respectives ;
- mesures d'angles des structures rencontrées ou diagraphie par photographie et caméra descendues dans le trou non tubé ;
- tubage éventuel du trou parfois équipé de conducteur pour d'éventuelles mesures géophysiques, ou de crépines si un usage hydrogéologique est pressenti ;
- échantillonnage des passes minéralisées pour analyses géochimiques ;
- essais de mesures de densité afin d'évaluer les masses concernées et de débit ou fracturation naturelle des roches (indice RQD) ;
- Ces mesures et descriptions servant à reconstituer une forme et un volume des objets recoupés et d'en déterminer la masse en trois dimensions.

2. La réalisation

2.1. AMENAGEMENT DE LA PLATEFORME DE SONDAGE

Un sondage va s'effectuer selon plusieurs étapes :

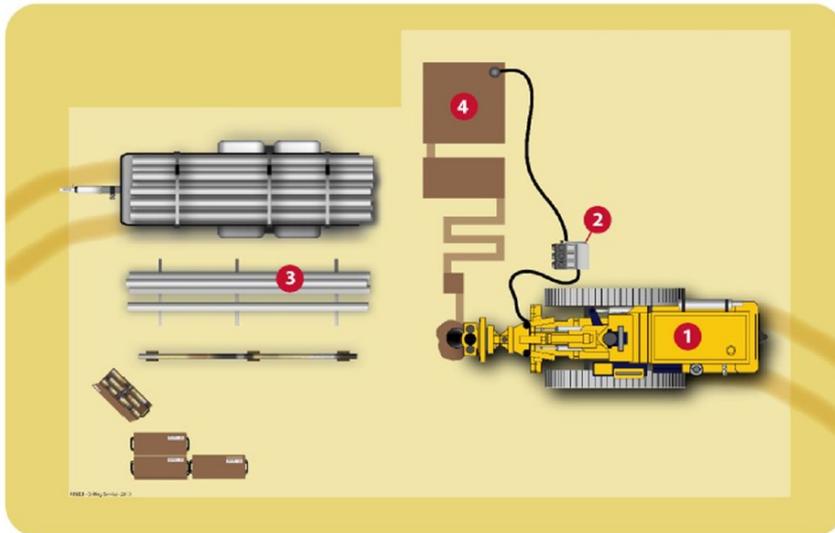
- aménagement de la plateforme de sondage ;
- sondage ;
- réhabilitation de la plateforme de sondage.

Une plateforme est aménagée en fonction des terrains pour chaque sondage (Figure 8). Elle permet l'installation du matériel nécessaire (foreuse, tiges de forage carottier, pompe, bacs de décantation, etc.). Cette plateforme s'inscrit dans un aménagement respectueux de la mise en sécurité des personnels et de l'environnement. Lorsqu'ils sont vraiment inexistant, des pistes d'accès sommaires à la plateforme sont créées. Les accès existants seront privilégiés et les nouveaux accès nécessaires seront créés en concertation avec les locataires ou propriétaire des lieux. N'étant pas, a priori, des ouvrages destinés à perdurer, les accès et la plateforme sont réalisés le plus légèrement possible. Ceci est valable pour les sondages carottés ou destructifs. Les sondages à la tarière manuelle ne nécessitent pas ce type d'aménagement. Les passages et trajets réguliers de camions citernes pour l'alimentation en eau des sondages seront limités au maximum éventuellement par l'installation de citernes bâches et pompes relais fixes sur des accès pérennes préexistants ; l'alimentation en eau du site de forage pouvant se faire à l'aide de pompes. Les commodités d'usage (lieu de restauration, tri des déchets et toilettes sèches) pour les personnels et visiteurs doivent être installées à proximité du lieu de travail.

Au-delà de 5° de pente naturelle, la plateforme nécessitera un terrassement afin d'assurer l'horizontalité nécessaire au bon fonctionnement de la foreuse et la sécurité du personnel. La plateforme horizontale peut occuper entre 200 et 400 m². La terre végétale est alors soigneusement décapée et stockée.

La plateforme est matérialisée et délimitée par des barrières ou des rubalises accompagnées d'une signalisation adaptée pour en interdire l'accès à toute personne étrangère au chantier.

Un sondage, selon la technique utilisée, peut utiliser de l'eau et/ou des produits de forage biodégradables afin de faciliter la foration dans le cas de roches très dures, très fracturées ou très argileuses, et maintenir, étanchéifier, et protéger les terrains recoupés par le sondage. L'eau ressortant du forage est alors chargée en particules minérales sableuses ou argileuses. Elle est parfois adjointe de produits de forage ou de floculation. Elle est alors conduite dans des bacs de décantation situés sur la plateforme de sondage ou elle décante et est remise dans le circuit de foration afin de limiter la consommation et le transport d'eau extérieure au site.



Configuration d'une plateforme de sondage carotté

- 1 Sondeuse
- 2 Pompe
- 3 Tiges de forage
- 4 Bacs de décantation

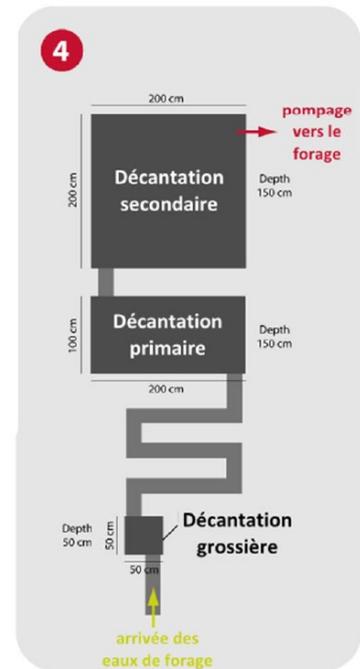


Figure 8 : Schéma de principe d'une plateforme de sondage carotté (Source : COMINOR-La Mancha).



Figure 9 : Réalisation d'un sondage en mine à ciel ouvert, Mine d'Ity Cominor (Cliché : Pol Urien, BRGM).



Figure 10. Haut : Aménagement d'une plateforme de sondage carotté avec signalétique d'accès et de sécurité (Exploration IAMGold à Essakane). Bas : Aménagement d'une plateforme de sondage carotté pour le poste de nuit (Exploration Cominor Mine d'Ity). Clichés : Pol Urien, BRGM.

2.2. SONDAGE ET FORAGE

En plus de la machine de foration, la réalisation d'un sondage ou forage nécessite un équipement spécifique qui varie selon la technique choisie.

Pour un sondage en circulation inverse (RC), l'équipement se compose d'une sondeuse montée sur chenilles ou sur camion, d'un compresseur d'air et parfois d'un surpresseur pour pallier à certains problèmes de récupération d'échantillons ou de fortes venues d'eau. Le sondage en circulation inverse n'utilise ni eau, ni produits de forage mais des arrivées d'eau peuvent se produire au cours de la foration (nappe phréatique superficielle notamment). Cependant, des produits moussants et autres additifs peuvent être utilisés pour assurer la stabilité du sondage dans les conditions difficiles (roches dures, fracturées ou très argileuses).

En ce qui concerne les sondages carottés, l'équipement est composé :

- d'une sondeuse sur le site ;
- d'une pompe de relevage immergée dans un cours d'eau proche du site de forage. En effet, un sondage carotté nécessite l'utilisation d'eau afin de lubrifier la couronne diamantée, stabiliser le trou et empêcher la perte d'eau dans les parois par l'adjonction de boues de forage. Cette eau, dans le cas de sondages miniers, peut être une eau dépourvue de critère de potabilité. L'approvisionnement en eau peut également se faire par camion-citerne à partir de points d'approvisionnement peu sensibles comme un cours d'eau. Dans le cas de recyclage de l'eau, il peut être nécessaire d'installer des bacs de décantation de quelques m³, le plus souvent hors-sol, pour permettre la circulation et la décantation des boues de forage. L'eau « nettoyée » peut alors être réinjectée dans le forage et limiter ainsi le pompage d'eau nouvelle car la réalisation d'un sondage carotté de 100 m peut requérir une circulation cumulée d'environ 10 m³ d'eau.

La **conduite d'une campagne de sondage** fait intervenir des personnels d'un prestataire foreur et de la compagnie minière.

L'équipe de sondage côté prestataire est constituée au minimum :

- d'un chef de projet responsable de la campagne de sondage ;
- d'un opérateur de sondage par poste de travail ;
- de deux manutentionnaires par poste de travail ;
- d'un chauffeur pour le transport du matériel et des personnes ;
- d'un mécanicien pour la maintenance et la réparation du matériel.

Pour la compagnie minière, l'équipe se compose au minimum de :

- un chef-géologue décidant et planifiant le programme de sondage et faisant de la médiation auprès du prestataire et de la population locale. Il est également en charge des dossiers règlementaires d'ouverture et de fin de travaux. Il organise et fait réaliser les contrôles préventifs d'impacts potentiels ou réels des travaux sur le milieu environnant ;
- un à deux ingénieurs géologues responsables du suivi de sondage, de la description des échantillons, du suivi de la qualité de l'échantillonnage et du développement et maintien d'une base de données. Ils sont également responsables du respect des consignes de sécurité et des règles d'hygiène et de protection environnementales relatives au chantier de forage ;
- un technicien de chantier par poste vérifiant la conformité du déroulement du sondage en termes de récupération, diamètre de foration, métrage réalisé, suivi et contrôle des déviations du sondage et de l'application sur le chantier des règles d'hygiène, de sécurité et d'environnement ;
- un technicien de laboratoire supervisant l'échantillonnage et l'alimentation de la base de données ;
- deux manutentionnaires formés aux postures et attitudes dans le maniement des charges pesantes.

2.3. REHABILITATION DE LA PLATEFORME DE SONDAGE

Une fois le sondage terminé, le levé topographique exact de la tête du sondage est réalisé et archivé avec un GPS de précision. Ensuite, en fonction des usages prévus ou souhaités par les parties-prenantes, le sondage est équipé d'un tubage plastique étanche ou crépiné. Le trou du sondage en surface est ensuite colmaté par un bouchon cimenté ou des cailloux. Selon la position et le contexte, le sondage peut être borné avec des bornes de type cadastral. Les

boues de forage des bacs de décantation, chargées en sédiments et les produits de forage stockés sont mis en citerne ou futs adaptés et transportés dans un centre de traitement agréé.

La terre végétale enlevée et déplacée pour l'installation de la plateforme est remise en place. La parcelle est ensuite réensemencée ou plantée d'espèces locales. Les accès à la plateforme sont également remis en état.

3. Impacts d'un sondage ou des sondages

Les différentes phases d'exploration par sondage décrites ci-dessus (phases 1, 2 et 3) font ressortir des différences pour les impacts potentiels.

La phase 1 est une phase de découverte, de contrôle ou de test qui justifie et aboutit en général à l'arrêt des travaux pour environ 75 % des cibles testées. Elle est soumise à une déclaration de travaux auprès du préfet.

La bonne conduite de cette phase reste cependant primordiale car elle apporte une réponse définitive à de nombreuses questions que l'entrepreneur minier se pose. Les règles de sécurité des personnels, les bonnes pratiques vis-à-vis des riverains et des intérêts environnementaux doivent être respectées.

Les phases 2 et 3 ont effectivement des impacts plus significatifs de par :

- la forte densité de sondages réalisés
- les profondeurs importantes atteintes
- les interférences avec des volumes importants de nappes phréatiques
- la durée des campagnes d'exploration
- leurs localisations éventuelles dans des secteurs à forte sensibilité environnementale et/ou sociétale.

Ces phases sont en général consécutives aux résultats encourageants voire prometteurs de la phase 1.

4. Cadre réglementaire

Les travaux miniers sont soumis à déclaration ou autorisation suivant la gravité des dangers ou des inconvénients qu'ils peuvent représenter. Le décret 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains définit les travaux entrant dans l'une ou l'autre des catégories.

Ce décret ne distingue pas réglementairement les forages des sondages, il liste de façon limitative les forages (ou sondages) qui sont soumis à déclaration, tous les autres sont soumis à autorisation. Ainsi les forages ou sondages de reconnaissance géologique ou minière (phase 1 ci-dessus) sont soumis à déclaration. Une note technique du 4 mars 2015 (jointe en annexe) précise que les forages d'une profondeur supérieure à 100 m effectués pour caractériser le gisement (phases 2 et 3 ci-dessus) ne doivent plus être considérés comme des forages de reconnaissance, ils relèvent donc de l'autorisation avec production d'une étude d'impact, d'une notice d'incidence et sont soumis à enquête publique.

Le lecteur peut utilement se reporter au tome 2 de la collection mine responsable pour les procédures de déclaration ou d'autorisation des travaux miniers.

5. Prévention des risques santé et sécurité

Un sondage minier, comme toute activité associant l'utilisation d'engins motorisés élaborés, peut comporter des risques pour la sécurité du personnel. A ce titre, les accidents les plus fréquemment observés sur un chantier de sondage sont :

- Lésions et fractures au niveau des membres (pieds, mains et doigts) ;
- Atteinte oculaire et coupure avec les copeaux de tiges métalliques ;
- Maux de dos ;
- Assourdissement ;
- Brûlures et traumatismes liés aux ruptures de flexibles hydrauliques sous pression ;
- Blessures diverses associées à des chutes et glissades du personnel ou de pièces mécaniques en hauteur ;
- Accidents et traumatismes fréquents liés aux actions de vissage-dévisage des tiges et au mauvais usage des clefs à griffes ;
- Lésions lors du déchargement des tiges déposées sur des surfaces non horizontales ;
- Choc électrique liés aux installations électriques provisoires en milieu extérieur soumis aux intempéries.

Des solutions existent pour pallier à ces éventuels accidents :

- Assurer une bonne communication entre le chef d'équipe du foreur et son aide ;
- Rester vigilants sur le port de gants de sécurité adaptés et de bottes et chaussures à coque de protection totalement enveloppantes ;
- Vérifier régulièrement la qualité et le bon état des tuyaux de fluides hydrauliques ;
- Limiter le poids des charges utiles à 25 kg par personne et informer les employés sur les bonnes positions de travail à adopter ;
- S'assurer du port d'un casque anti-bruit ou de bouchons d'oreille souvent plus adaptés que les coquilles antibruit ;
- Pour limiter les chutes, les plateformes de travail et accès seront sécurisés et praticables quelles que soient les conditions climatiques, par la pose de caillebotis et des éclairages d'extérieur par exemple ;
- Equiper, entretenir et utiliser les équipements de protection des éléments en rotation (tiges) ;
- Adapter et rendre obligatoire les tenues vestimentaires sécurisées ;
- Assurer la présence d'au moins un employé rompu aux gestes de secourisme ;
- Les numéros d'urgences seront affichés et enregistrés dans les contacts téléphoniques ;
- Susciter et animer en début de poste une thématique sécurité et comportement professionnel au sein de l'équipe de chantier en poste ;
- Rappel visuel des consignes de sécurité à l'attention du personnel et des visiteurs éventuels.



Figure 11. Gauche : Sondeuse équipée de protection des éléments de rotation et d'arrêt d'urgence visibles et accessibles. Opérateur équipé des EPI (Equipement de Protection Individuelle). Droite : Affichage des alertes-sécurité et numéros d'urgence sur la sondeuse (Clichés : Exploration IAMGold à Essakane, Pol Urien, BRGM).



Figure 12. Gauche : Sondeuse équipée de protection des éléments de rotation et éclairage nocturne satisfaisant. Droite : Installation de plateforme en enceinte minière avec abris pour les personnels de suivi (Clichés : Exploration Cominor - Mine d'Ity, Pol Urien, BRGM).

Pour les riverains, un chantier de sondage minier, comme toute activité s'assimilant à des travaux publics engendrera une nuisance sonore modérée et limitée dans le temps, et éventuellement la production de poussière uniquement dans le cas de sondages percutants RC. La qualité de l'échantillonnage du matériel foré étant le but de la réalisation du sondage, les pertes de matériau en poussière sont extrêmement limitées. Dans les secteurs d'élevage, la synergie des équipes de sondage et d'exploration minière devra tout mettre en œuvre pour éviter les interférences avec la production en élevage intensif (stress animal aux nuisances sonores).

Un sondage donnera lieu également à l'immobilisation temporaire et l'interdiction d'accès au terrain où est implanté le chantier, pour des raisons de sécurité. Dans un souci de transparence et de communication, certains opérateurs miniers peuvent favoriser la visibilité de leur activité en respectant toutefois les règles élémentaires de sécurité.

Du point de vue environnemental, un sondage a des impacts limités et temporaires sur les ressources en eau (climat tempéré ou tropical), les paysages, la faune et la flore. Il est estimé à environ 10 000 litres (ou 10 m³) la quantité nécessaire à la réalisation de 100 m de sondage carotté. L'eau peut être puisée dans un cours d'eau ou dans un puits ou transportée par un camion-citerne.

Le sondage en circulation inverse ne consomme pas d'eau. Pour un sondage carotté qui nécessite de l'eau en circuit fermé, sa consommation correspond aux pertes dans le terrain. Ces pertes sont limitées voire supprimées par le tubage du trou et l'usage de boues d'étanchéification des parois. A titre de comparaison, le débit moyen d'un cours d'eau en milieu tempéré s'échelonne de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s. Un prélèvement d'eau dans une rivière pour un sondage carotté n'aura donc aucune incidence. La vigilance doit s'exercer aux rejets éventuels d'eaux usées du forage et respect des procédures de tri et d'éliminations des déchets engendrés par le sondage.

Un sondage n'aura un impact sur les paysages que le temps des opérations. L'opérateur minier exigera l'usage de matériel léger démontable et transportable en zone forestière afin d'éviter l'ouverture de profils de déboisement.

Des solutions existent pour éviter ou réduire les impacts environnementaux :

- Formation et intégration de l'importance des impacts environnementaux auprès des personnels d'exécution ;
- Utiliser des bacs de décantation pour récupérer les résidus des boues de foration ;
- Limitation des prélèvements d'eau en recyclant l'eau utilisée pour la foration ;
- S'assurer que le débit moyen du cours d'eau dans lequel d'éventuels prélèvements d'eau seront effectués soit suffisant ;
- Utilisation de produits de sondage neutres et biodégradables ;
- Prévoir des récipients de tri sélectif sur les chantiers.

6. Bonnes pratiques

Pour assurer une bonne réalisation des travaux de sondage minier dans le respect des employés, des riverains et de l'environnement, les pratiques suivantes sont recommandées sur les futurs sites de sondage.

6.1. SOCIALES ET SOCIETALES

- Assurer une information pédagogique envers les riverains par le biais de réunions publiques, visites de chantier en particulier des écoles dans le respect des normes de sécurité ;
- Engager un dialogue apaisé avec les propriétaires et/ou locataires ;
- Favoriser et provoquer des rencontres avec le propriétaire du terrain où sera implanté le sondage avec la signature d'une possible convention entre exploitant et/ou propriétaire, assurant des compensations en cas de préjudices ou de dommages ;
- Respect du cycle des cultures, du stress et du comportement potentiel de certains animaux d'élevage ;
- Consulter la municipalité pour connaître les heures où les travaux sont permis pour minimiser les bruits ;
- Assurer une signalisation visible et un périmètre balisé autour du chantier afin d'en limiter l'accès pour des raisons de sécurité ;
- Rendre visibles les contacts d'urgence et les équipements de sécurité et de respect de l'environnement (extincteurs, bacs de tri sélectifs, etc.) ;
- Assurer la présence sur le chantier d'au moins une personne titulaire d'un brevet de Sauveteur Secouriste au Travail (SST) ;
- Animer quotidiennement une séance de rappel des règles de sécurité sur le chantier ;
- Une forte synergie et un dialogue accru entre l'opérateur minier et la société de forage devra être engagée.

6.2. ENVIRONNEMENTALES

- Recenser par la réalisation d'un « état de référence » les spécificités fauniques, floristiques, hydrogéologiques et archéologiques du terrain où serait implanté un profil de sondages, et déplacer le cas échéant ce dernier ;
- Eviter si possible de proposer une campagne de sondages dans une zone naturelle reconnue (ex. Natura 2000, Parc naturel régional, Réserve naturelle, etc.) ;
- Ne pas implanter de sondage sur un périmètre de protection d'un puits d'alimentation en eau potable (AEP) ;
- Respecter le cycle des cultures ou des plantations ;
- Conserver la terre végétale et/ou les dalles herbeuses pour les réutiliser lors du réaménagement du site après les travaux ;
- Réduire au maximum la circulation des engins lourds dans la zone d'intervention, notamment à proximité de lacs, cours d'eau ou zones humides, pour éviter le compactage du sol ou la formation d'ornières ;
- Utiliser au maximum les accès établis par les engins agricoles et forestiers ;
- Eviter également les zones de plein champ et favoriser les abords des lisières et talus pour diminuer l'impact visuel et sonore et ne pas perturber les récoltes éventuelles.

- Placer des bacs de récupération étanches ou des couches absorbantes sous tous les équipements pouvant présenter un risque de déversement ou débordement de fluides industriels (huile, carburant, fluides hydrauliques, etc.) ; vérifier fréquemment l'état des circuits et joints des engins.
- Réaménager à la suite des travaux afin de redonner au site ses propriétés naturelles (Exécuter rapidement les levés topographiques certifiant les normes en vigueur et retirer ou couper le tubage au niveau du sol et s'assurer de l'étanchéité des trous de sondage, égaliser le terrain en remblayant les ornières, rétablir l'état initial des cultures, pâtures, ou revégétalisation au moyen d'un ensemencement de graminées ou de plantes).



Figure 13. Gauche : *Transport de poubelles de tri sélectifs de déchets sur les sites de sondages Air core.* Droite : *dispositif préventif de contamination des eaux de foration pars serviettes absorbantes* (Clichés : Exploration IAMGold à 'Essakane, Pol Urien, BRGM).

Annexe 1

Note technique du 4 mars 2015 apportant des précisions sur certains forages soumis à déclaration

En application du décret 2006-649 du 2 juin 2006 suite à sa modification par le décret no 2014-118 du 11 février 2014

NOR : DEVL1426437N

A récupérer sur :

http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2015/03/cir_39313.pdf

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Ministère de l'écologie, du développement
durable et de l'énergie**

**Ministère de l'économie, de l'industrie
et du numérique**

Direction générale de l'aménagement, du
logement et de la nature

Direction de l'eau et de la biodiversité

Sous-Direction de la protection et de la gestion
des ressources en eau et minérales

Bureau de la gestion et de la législation des
ressources minérales non énergétiques

E00

Note technique du 4 mars 2015

**apportant des précisions sur certains forages soumis à déclaration en application du décret
n° 2006-649 du 2 juin 2006 suite à sa modification par le décret n° 2014-118 du
11 février 2014**

NOR : DEVL1426437N

(Texte non paru au *Journal officiel*)

**Le Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie,
Le Ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique,
à**

Pour exécution :

Préfets de région et de département

- Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL)
- Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE)
- Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL)

Résumé : Par décret 2014-118 du 11 février 2014, le décret 2006-649 du 2 juin 2006 ainsi que le tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement, ont été modifiés pour soumettre à autorisation les travaux de forages de recherches d'hydrocarbures et les travaux de recherche de l'ensemble des substances à l'exception de certains types de forages ayant une incidence limitée sur l'environnement et qui sont listés de façon limitative. La présente note technique apporte des précisions sur ces exceptions.

Catégorie : Directive adressée par le ministre aux services chargés de leur application, sous réserve, le cas échéant, de l'examen particulier des situations individuelles

Domaine :
Écologie, développement durable
Économie, finance, industrie

Type : Instruction du gouvernement et /ou
 oui non

Instruction aux services déconcentrés
 oui non

Mots clés liste fermée : Economie_Finances_Commerce_Artisanat_Industrie_Entreprises Energie_Environnement		Mots clés libres : Travaux miniers, Police des mines, Surveillance, Forages, Campagne de forages, Reconnaissance, Caractérisation, Déclaration, Autorisation	
Textes de référence : - Code minier, notamment son article L. 162-1 - Décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains - Décret n° 2014-118 modifiant le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains ainsi que l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement			
Circulaire abrogée :			
Date de mise en application : Immédiate			
Pièce annexe : Tableau précisant les exceptions aux dispositions du 9° de l'article 3 du décret 2006-649 modifié			
N° d'homologation Cerfa : sans objet			
Publication	<input checked="" type="checkbox"/> BO	<input checked="" type="checkbox"/> Site : circulaires.legifrance.gouv.fr	<input type="checkbox"/> Non publiée

Fin 2011, les décrets n° 2011-2018 et n° 2011-2019 du 29 novembre 2011 ont, entre autres, modifié les articles R. 122-2 et R. 123-1 du code de l'environnement, soumettant ainsi la quasi-totalité des forages, dont ceux de plus de 100 mètres de profondeur, à étude d'impact (R. 122-2) et donc à enquête publique (R. 123-1).

Ces dispositions entraient ainsi en contradiction avec celles du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Ce décret prévoyait en effet que les travaux de recherche d'hydrocarbures étaient soumis à déclaration. Dans les faits, ce texte soumettait également à déclaration, dans la majorité des cas, les travaux de recherche par forage des substances minérales non énergétiques.

Le Conseil d'État saisi, a conclu à la nécessité de modifier les dispositions non conformes du décret n° 2006-649. Par décret n° 2014-118 du 11 février 2014, le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 ainsi que le tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement, ont donc été mis en cohérence.

Cette modification a principalement conduit à soumettre à autorisation :

- les travaux de forages de recherches d'hydrocarbures ;
- les travaux de recherche de l'ensemble des substances à l'exception de certains types de forages ayant une incidence limitée sur l'environnement et qui sont listés de façon limitative.

Il convient de rappeler que le 23° du tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement issu de la rédaction du décret n° 2011-2019 précisait déjà un certain nombre d'exceptions : forages géothermiques de minime importance, forages de moins de 100 mètres de profondeur et forages pour étudier la stabilité des sols. En effet, l'objet du texte était de soumettre à autorisation les travaux de forages qui présentent des dangers ou inconvénients graves pour l'environnement. La limite de 100 mètres avait d'ailleurs été arrêtée de façon arbitraire.

Cette même idée a conduit à reprendre, au 9° de l'article 3 du décret n°2006-649, une liste d'exceptions ayant pour caractéristique une faible emprise foncière et de façon générale l'absence de réalisation de travaux lourds de génie civil. Ces forages sont réalisés avec des moyens et des techniques comparables aux ouvrages visés à la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature eau (article R. 214-1 du code de l'environnement) soumis à déclaration. Certains sont à faible durée de vie et ont d'ailleurs vocation à être rebouchés de façon à restituer rapidement l'emprise foncière à son usage initial.

Pour le cas spécifique des investigations menées dans le cadre d'un permis de recherches de substances autres que les hydrocarbures liquides ou gazeux, la modification du décret n°2006-649 conduit précisément à ne pas soumettre à autorisation les forages qui sont réalisés dans le cadre des premières phases de travaux, ceux-ci étant exclusivement destinés à des opérations de reconnaissance géologique. A cet égard, il vous appartient de veiller à ce que la déclaration de l'exploitant précise clairement la nature, l'objet, les spécifications et le nombre de forages prévus, mais aussi de lui rappeler que ces ouvrages ne pourront en aucun cas servir de puits d'exploitation du gisement sans le dépôt d'un dossier ad hoc après l'obtention du titre d'exploitation.

Une fois ces forages de reconnaissance réalisés et la présence d'un gisement potentiel identifié, l'opérateur minier devra quadriller le terrain de manière beaucoup plus systématique pour caractériser le gisement. Les forages effectués à cette occasion, du fait, d'une part, de l'intensité des campagnes et, d'autre part, qu'il ne s'agit plus de forages de reconnaissance relèvent de l'autorisation.

Les travaux de forages de recherches d'hydrocarbures liquides ou gazeux sont, quant à eux, soumis à autorisation en application du 8° de l'article 3. Les exceptions au régime de l'autorisation prévues au 9° de l'article 3 peuvent alors trouver à s'appliquer si et seulement si il est démontré que les travaux correspondant ne présentent pas de dangers ou d'inconvénients graves pour les intérêts mentionnés à l'article L. 1611 du code minier.

À titre d'illustration, un cas particulier mérite d'être précisé, celui des « carottages de vitesse » réalisés dans le cadre des campagnes d'acquisition de données sismiques. En effet, ceux-ci permettent de caractériser des propriétés physiques du sous-sol et ne sont pas spécifiques à la recherche d'une substance particulière. Nécessitant une faible emprise foncière et l'absence de travaux lourds de génie civil, ils ne présentent pas de dangers ou d'inconvénients graves pour les intérêts mentionnés à l'article L. 1611 du code minier. Ainsi, conformément aux articles L. 1621 et L. 16210 du code minier, de tels travaux ne relèvent pas du régime de l'autorisation.

Dans la mesure où ces travaux dits de carottages de vitesses ont pour objectif de participer à la reconnaissance géologique, géophysique et minière du sous-sol, la combinaison de dispositions précitées et du 9° de l'article 3 du décret n°2006-649 conduit à les exclure du champ de l'autorisation, nonobstant la circonstance que ces travaux seraient conduits dans la perspective plus large de travaux de recherche de substances d'hydrocarbures.

Les notions de forages de reconnaissance géologique, géophysique ou minière, de forages de surveillance ou de contrôle géotechnique, géologique ou hydrogéologique des exploitations minières, de forages pour étudier la stabilité des sols et de « carottages de vitesse » sont précisées dans l'annexe à la présente note.

Nous vous saurions gré de nous faire connaître, sous le timbre de la direction de l'eau et de la biodiversité, les difficultés d'interprétation du décret n°2006-649 modifié qui pourraient subsister.

La présente note sera publiée au bulletin officiel du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Le 4 mars 2015

Pour les Ministres et par délégation,

Le Directeur de l'eau et de la biodiversité
Laurent ROY

L'adjoint à la directrice générale de la prévention des risques
Jean-Marie DURAND

Le Directeur général de l'énergie et du climat
Laurent MICHEL

ANNEXE

Exceptions aux dispositions du 9° de l'article 3 du décret 2006-649 modifié

Type de forages	Objet	Technique
Reconnaissance géologique	Détermination ponctuelle de l'épaisseur, de la nature lithologique et des caractéristiques physico-chimiques des terrains traversés	Forage destructif (récupération de cuttings) ou carotté (récupération du cylindre de roche) dont le but est de décrire, interpréter, comprendre et expliquer les formations géologiques et leurs structures ainsi que leurs relations, grâce à l'observation visuelle (œil nu, loupe ou microscope) ou analyse physique et/ou chimique.
Reconnaissance géophysique	Détermination ponctuelle ou locale de l'épaisseur, de la géométrie et de certaines caractéristiques physiques des terrains	Forage dont les parois sont accessibles à des mesures géophysiques (équivalent à une radiographie) par des appareils, de type émetteurs/récepteurs cylindriques, se déplaçant à l'intérieur du forage, restituant numériquement les mesures et retournant en surface.
Reconnaissance minière	Détermination des caractéristiques géométriques ou physico-chimiques des terrains en vue d'une valorisation minière	Forage destructif ou carotté dont le but est de décrire, comprendre et expliquer les formations géologiques encaissant la minéralisation ainsi que les formations minéralisées, de prélever pour étude et description des éléments du sous-sol permettant de comprendre les relations géologiques entre elles. Comme dans le premier cas, ces forages ont pour but d'extraire quelques échantillons de sous-sol afin d'étudier les compositions dans le but d'identifier les formations en présence et leurs richesses en ce qui concerne les minerais visés par le prospecteur.
Contrôle géotechnique des exploitations	Évaluation ponctuelle de l'incidence d'une exploitation sur la stabilité des terrains	Forage dont l'équipement dans et hors du trou permet de contrôler les roches et minéralisations qui vont être l'objet d'une exploitation.
Surveillance géotechnique des exploitations	Suivi périodique ou continu de l'incidence d'une exploitation sur la stabilité des terrains	Forage dont l'équipement permet de placer des appareils de mesure et de surveillance (inclinomètre, distancemètre, ...) pour analyser les évolutions des terrains ou couches en présence.
Contrôle hydrogéologique des exploitations	Évaluation ponctuelle de l'incidence d'une exploitation sur le régime et la qualité des eaux souterraines	Forage dont l'équipement dans et hors du trou permet de contrôler les aquifères en présence.
Surveillance hydrogéologique des exploitations	Suivi périodique ou continu de l'incidence d'une exploitation sur le régime et la qualité des eaux souterraines	Forage dont l'équipement permet de placer des appareils de mesure et de surveillance (qualitomètre, piézomètre, ...) pour surveiller la qualité et le niveau piézométrique des aquifères en présence.

Étude de la stabilité des terrains	Vérification ponctuelle des caractéristiques mécaniques ou géométriques des terrains	Forage dont l'équipement dans et hors du trou permet de contrôler la stabilité des terrains, des roches et minéralisations et de réaliser des tests de solidité et stabilité usuels.
Carottages de vitesse	Mesure de vitesse de propagation des ondes sismiques dans les couches de terrain peu profondes dans le cadre des campagnes d'acquisition de données sismiques	<p>Forage d'un puits de faible diamètre dont la profondeur dépend de l'épaisseur de la zone altérée ou Waste Zone WZ (quelques mètres à une centaine de mètres).</p> <p>Implantation, tout autour du trou foré et tubé, d'une série de géophones et introduction en profondeur de faibles charges d'explosif, puis exécution des tirs en montant (ou en descendant) dans le puits.</p> <p>L'hétérogénéité des terrains est ainsi matérialisée par un temps de mesure et une vitesse de transmission des signaux plus ou moins rapide.</p>

COLLECTION « LA MINE EN FRANCE »

Tome 1 - Industrie minérale et activité minière en France

Tome 2 - Législation et réglementation minière

Tome 3 - Projet minier et parties-prenantes

Tome 4 - Exploration minière

Tome 5 - Développement, financement, construction

Tome 6 - Exploitation minière et traitement des minerais

Tome 7 - Fermeture, reconversion et gestion de l'après-mine

Tome 8 - Exploration et exploitation minière en Guyane

Tome 9 - Le concept de «mine responsable». Parangonnage des initiatives mondiales

Tome 10 - Mines européennes. Quelques exemples de mines de métaux

Tome 11 - Sondages miniers

Tome 12 - Bonnes pratiques de l'activité minière

Tome 13 - Lexique

www.mineralinfo.fr

