

## ETAPES DE REALISATION D'UN SONDAGE MINIER

Un sondage minier va s'effectuer selon plusieurs étapes :

- Aménagement de la plate-forme de sondage ;
- Compagnes de sondage
- réhabilitation de la plateforme de sondage.

### I- AMENAGEMENT DE LA PLATE-FORME DE SONDAGE

Une plateforme est aménagée en fonction des terrains pour chaque sondage. (voir figure 01 et 02). 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 inexistantes, 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 m<sup>2</sup>. La terre végétale est alors soigneusement décapée et stockée.

La plateforme est matérialisée et délimitée par des barrières ou des rubalises (ruban de chantier) 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 forassion 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 flocculation. 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 forassion afin de limiter la consommation et le transport d'eau extérieure au site.

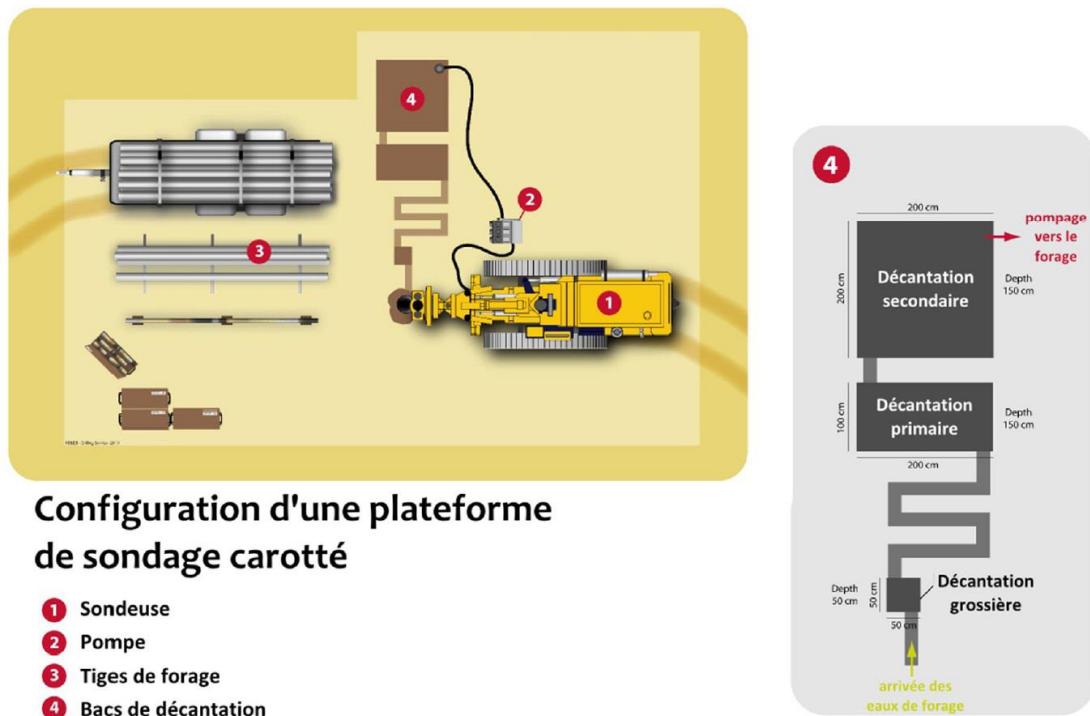


Figure 01 : Schéma de principe d'une plate-forme de sondage carotté



Figure 02 : Aménagement d'une plate-forme de sondage en mine à ciel ouvert

## **II- 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 (géologue 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.

## - DIFFERENTES ETAPES D'UNE COMPAGNE DE SONDAGE :

### **PHASE 01** 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 minéraux riches peuvent présenter un caractère a priori pénalisant (coût de valorisation élevé, impact environnemental ex: 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.).

**PHASE 02** a pour objectif :

- L'évaluation aussi précise que possible du **volume et tonnage du minérai 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 recouvrant 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 recouvrant un volume horizontal ou une couche peu inclinée soit avec des sondages d'inclinaisons différentes recouvrant 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.

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 :

- Verse à stérile, ou terril
  - Usine de traitement,
  - Périmètre d'intégration paysagère,
  - Isolation sonore et poussiére 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.

## PHASE 03 :

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 paramètres (volumes, épaisseurs, densité, géométrie (plissé, fracturé, basculé), nature des minéraux sulfurés, 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.

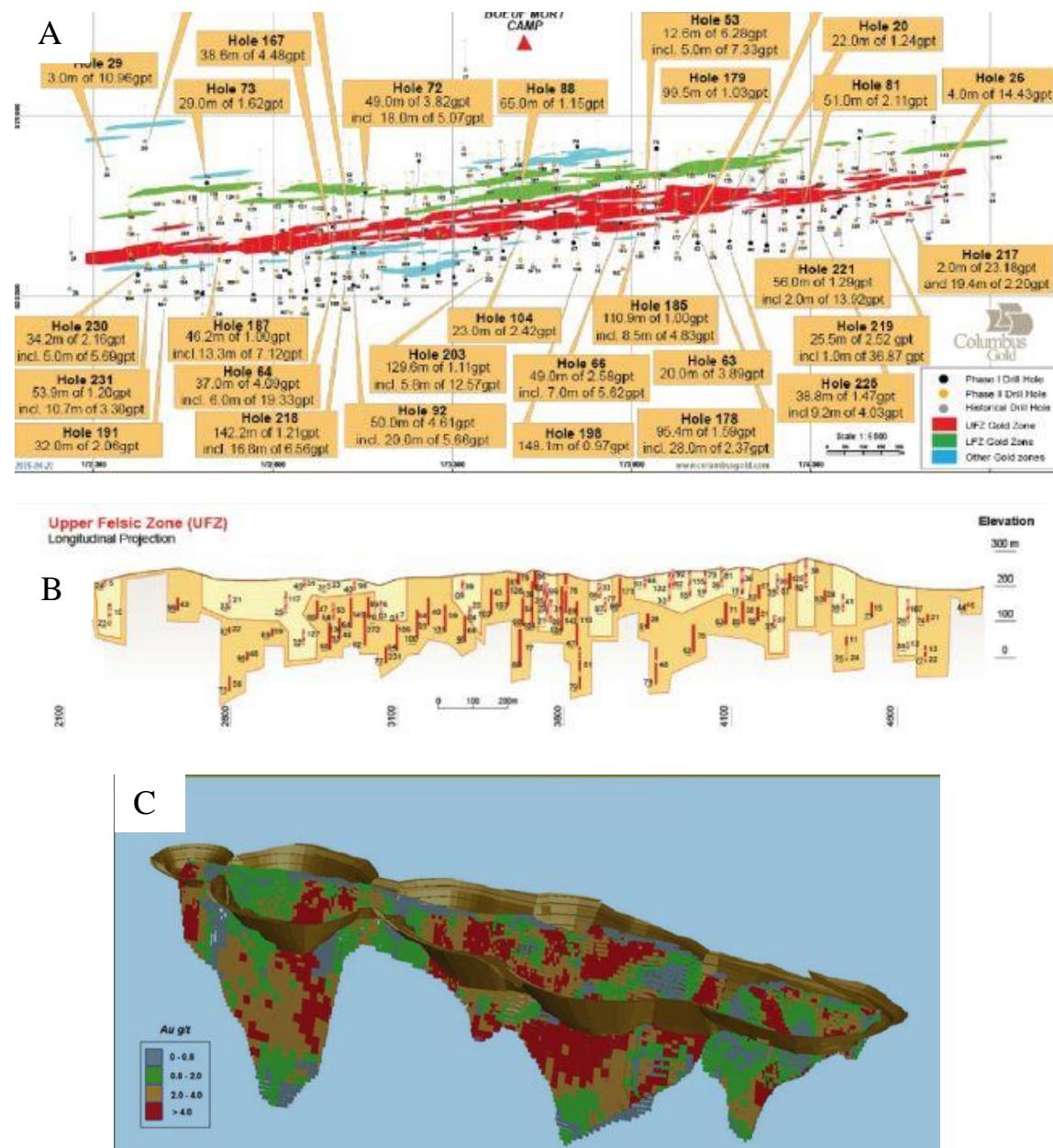
- **Sondages dit de stérilisation** : sont réalisés afin de s'assurer de ne pas construire des installations pérennes au-dessus ou à proximité de minerais potentiellement économiques au moment de la construction et sur le long-terme. Dans ce cas les sondages RC (Reverse Circulation) sont privilégiés 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.



Exemples de « **Block model** » et de fosse d'extraction envisagée à partir de maille de sondages resserrés. A : Plan de sondages en superficie. B : Répartition longitudinale 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, 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 crêpines si un usage hydrogéologique est pressenti
- Echantillonnage 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
- Ces mesures et descriptions servant à reconstituer une forme et un volume des objets recoupés et d'en déterminer la masse en trois dimensions

### **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 de :

- Un chef de projet responsable de la campagne de sondage
- Un opérateur de sondage par poste de travail
- Deux manutentionnaires (garde-magasin) par poste de travail
- Un chauffeur pour le transport du matériel et des personnes
- 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 réglementaires 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 forassion, 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.

### **III- 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 crêpine. 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.