

L'ÉCHANTILLONNAGE.....	1
DÉFINITIONS.....	1
DEUX TYPES D'ERREUR DIFFÉRENTS	1
MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE	2
i. Échantillonnage par écaille (chip sample).....	2
ii. Échantillonnage par cannelure (Channel sample)	2
iii. Échantillons de forage	5
iv. Forage de production.....	5
v. Échantillonnage systématique de la production.....	8
vi. Échantillonnage de convoyeur.....	9
vii. Échantillonnage en vrac (grab sample)	9
viii. Analyseurs en continus.....	9
DIVERSES CAUSES D'ERREUR.....	9
RÔLE DE L'INGÉNIEUR GÉOLOGUE	10
CONTRÔLE DE QUALITÉ ET ASSURANCE DE QUALITÉ (QA/QC).....	10
OUTILS STATISTIQUES POUR LE QC	16

L'ÉCHANTILLONNAGE

Définitions

- a) Échantillon: Partie d'un ensemble choisi pour représenter une ou plusieurs propriétés caractéristiques de cet ensemble.
- b) Teneur: La valeur relative d'un élément ou d'un minéral. La teneur en soi n'indique pas la valeur économique d'une roche.

Méthodes habituelles de noter la teneur:

Pourcentages: 0.8% Zn, 0.4% CuS, 0.3% CuO

Once par tonne: 0.08 oz d'or/Tonne

Livres par tonne: 4 lb U₃O₈/Tonne

Parties par million: 30 ppm Ba, 10 ppm Th

Gramme par tonne métrique = ppm (1 once troy = 31,1g)

- c) Minerai: minéraux ou roches dont les teneurs en un ou plusieurs éléments et les accumulations sont suffisantes pour être exploitées, concentrées, traitées et raffinées avec profit.

Deux types d'erreur différents

On reconnaît 2 grands types d'erreur :

- i. *L'erreur d'échantillonnage* : Lorsque le volume de l'échantillon prélevé est trop grand, on se doit de le sous-échantillonner pour n'analyser qu'une portion infime de l'échantillon (quelques grammes). Chaque étape de sous-échantillonnage implique une erreur. Ces erreurs se cumulent. La teneur obtenue à l'analyse est donc nécessairement différente de la vraie teneur de l'échantillon. La théorie de Pierre Gy (chap. 5) permet de tenir compte de ces facteurs.
- ii. *L'erreur d'estimation* : On est rarement intéressé à la teneur d'un échantillon en soi. L'échantillon est nécessaire pour, ultimement, « estimer » la teneur d'un volume de roche très supérieur à celui de

l'échantillon. Ce faisant, on effectue une « extrapolation » qui implique aussi une erreur (la valeur extrapolée ou estimée diffère nécessairement de la vraie valeur). La géostatistique permet de quantifier l'amplitude de cette erreur.

Méthodes d'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est de prélever une partie représentative d'un ensemble ou d'un lot de minerai pour déterminer avec la plus grande précision possible la teneur moyenne en divers éléments de cet ensemble.

Tout échantillonnage, même le plus simple est sujet à plusieurs causes d'erreur reliées à la structure, la texture, la distribution du minerai; à la technique d'échantillonnage, à la façon d'appliquer cette technique particulière, ou à l'instrument d'échantillonnage utilisé.

Dans une galerie, l'échantillonnage est effectué en même temps que le levé géologique. Chaque front de taille fait l'objet d'un croquis indiquant la date, les observations géologiques et minéralogiques, la position des rainures d'échantillonnage et leur longueur. Ces indications sont réparties sur un registre d'avancement des travaux. Les résultats d'analyse sont reportés à leur place sur le registre et les plans annexes.

i. Échantillonnage par écaille (*chip sample*)

Prélèvement d'une série d'écailles, le long d'une ligne, sur une surface, à l'intérieur d'un quadrillage, etc. afin d'estimer la teneur de l'ensemble.

L'échantillonnage par écaille est généralement destiné à une première évaluation préliminaire à une étude plus détaillée.

Danger: choisir l'échantillon spectaculaire qui vient fausser la représentativité.

L'échantillonnage par écaille peut s'imposer là où un minerai dur et uniforme rend le prélèvement par rainurage ou cannelure impossible ou difficile. Dans ce cas, il faut briser des écailles de même grosseur sur des points uniformément distribués, horizontalement et verticalement.

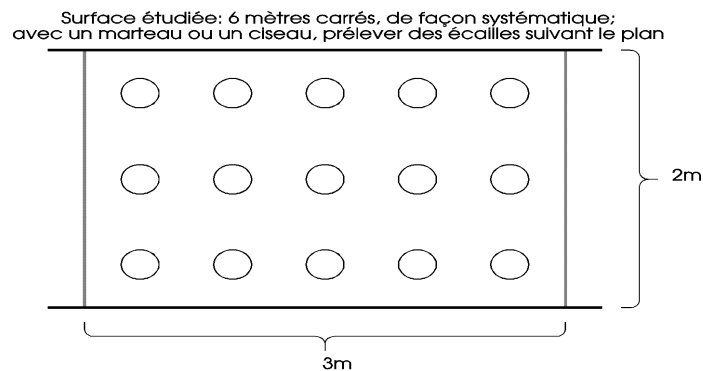


Figure 3 - Méthode d'échantillonnage par écaille

ii. Échantillonnage par cannelure (*Channel sample*)

Prélèvement d'une cannelure à travers une veine, un lit minéralisé, le long d'une tranchée, etc. Le géologue utilise généralement un marteau et un ciseau et dans certains cas un marteau pneumatique pour faire un rainurage d'environ 1 1/2" à 4" de largeur par 1" de profondeur. L'ampleur de l'échantillon peut varier selon la difficulté du rainurage (dureté des matériaux), mais la largeur et la profondeur doivent être constantes. Dans certaines mines, les bords de la cannelure sont coupés avec une scie à diamant pour assurer une largeur uniforme.

Méthode: Nettoyer la surface à échantillonner. Étendre par terre un canevas très propre pour recueillir les fragments.

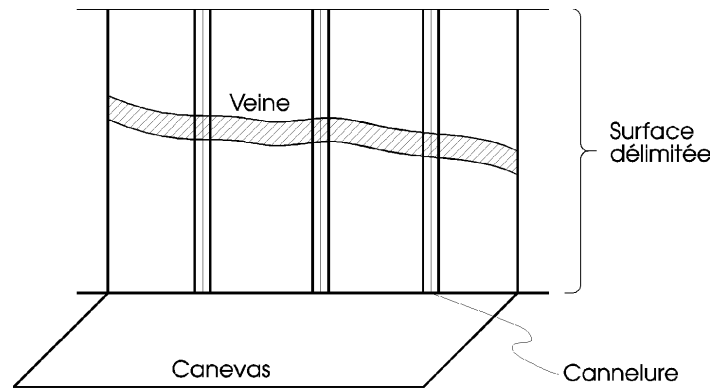


Figure 3.2 - Échantillonnage par cannelure

Dans du minerai homogène: cannelures espacées.

Dans du minerai riche mais irrégulier: cannelures rapprochées.

Un intervalle régulier entre les cannelures permet d'éliminer un facteur (variation spatiale) dans les calculs. Un même échantillon est généralement limité à environ 5' de cannelure.

Cas particuliers:

a) cannelure dans le toit irrégulier d'une galerie ou d'un champ d'abattage

Dans le calepin de notes, indiquer la section projetée perpendiculairement à la veine. Dans une telle section, il faut tenter d'obtenir une quantité équivalente d'échantillon pour chaque pied de longueur projetée.

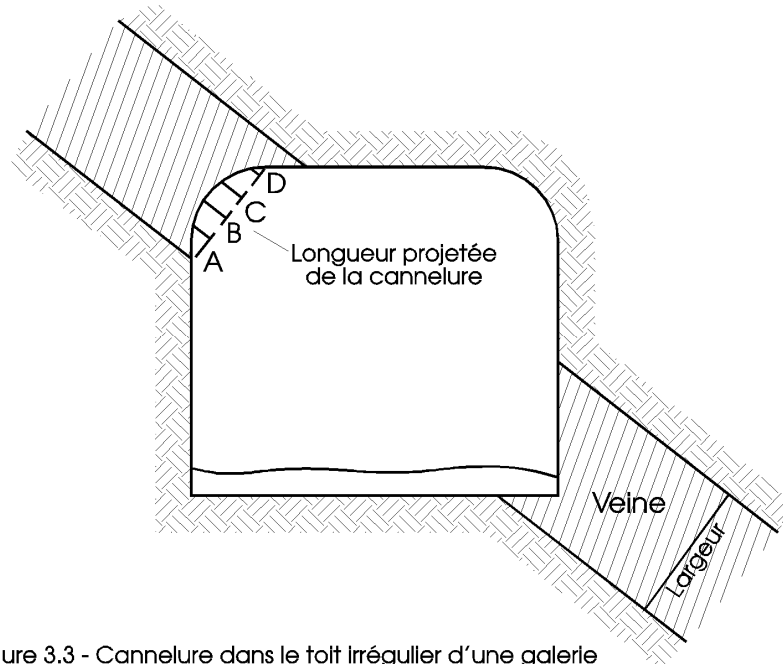


Figure 3.3 - Cannelure dans le toit irrégulier d'une galerie

b) cannelure dans des couches rubanées

Dans des couches rubanées larges, la limite des échantillons de cannelure peut coïncider à la limite des bancs de roches différentes pour éviter la cause d'erreur reliée aux variations de dureté ou de friabilité des roches.

ex. 5 types de roches = 5 éch. dans la cannelure.

Ces échantillons seront pondérés par un facteur de longueur pour l'évaluation de l'ensemble. La méthode par cannelure est plus précise que la méthode par écaille, mais aussi plus dispendieuse.

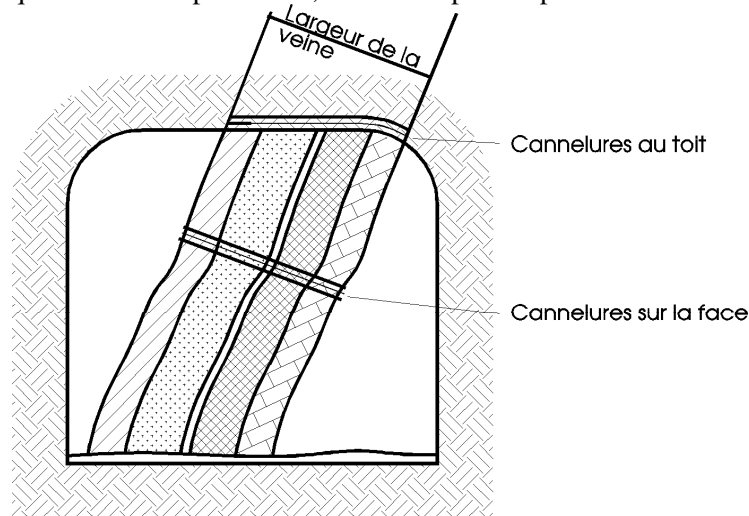


Figure 3.4 - Cannelures dans des couches rubanées
5 types de roches = 5 échantillons dans la cannelure

iii. Échantillons de forage

La carotte de forage sert d'échantillon pour déterminer la teneur du minerai, mais aussi apporte des informations géologiques importantes au géologue de mine. Les carottes de plus gros diamètre fournissent de meilleures informations et plus de matériel pour l'analyse.

A- Deux types d'échantillons dans les carottes

a) Écailles (très peu utilisé)

Les écailles ou fragments de carottes seront prélevées surtout aux endroits où la minéralisation n'est pas apparente, au cas où une minéralisation aphanitique, comme la chalcosine dans des schistes noirs, passerait inaperçue.

b) Demi-carottes (courant)

En faisant son journal de sondage (*logging*), le géologue indique les intervalles à échantillonner en faisant une trace le long de la carotte. Les carottes sont fendues en deux parties (ou sciées). Le géologue décrit soigneusement l'échantillon, notant les changements lithologiques et les changements de teneur. L'échantillon peut représenter de 1 à 3 mètres de demi-carotte dans une minéralisation uniforme. Chaque échantillon est placé dans un sac accompagné d'une étiquette portant un numéro (ex. N° 0901) et indiquant les analyses désirées. Une partie de la même étiquette est placée dans la boîte de carotte et une autre demeure dans le livret d'étiquettes.

Erreurs possibles

Changement de grosseur de carottes

Si les carottes changent de grosseur, il faut échantillonner séparément puisque l'échantillon de plus petite dimension sera sous-estimé dans l'évaluation globale.

Ex. 1 m de Bx (44 mm) à 4.4% Zn
1 m de Ax (28 mm) à 9.6% Zn

La teneur moyenne est

$$\frac{\sum t_i S_i}{\sum S_i} = 7\%$$

t_i = teneur

S_i = longueur

Mais si les 2 m. sont envoyés dans le même sac au laboratoire, l'analyste donnera un résultat de 5.9%, car le facteur de pondération S_i représente dans ce cas $L \times \pi R^2$ pour les différentes parties.

Mauvais recouvrement

Le long des zones de cisaillement ou de roches friables qui coïncident localement avec les zones minéralisées, le recouvrement des carottes peut être mauvais et l'évaluation faussée.

iv. Forage de production

a) Foreuses à percussion

L'échantillonnage peut aussi être fait par la cueillette d'une quantité représentative de fragments provenant des foreuses à percussion.

Erreurs: Certains fragments dont les densités varient peuvent atteindre la surface avec des retards relatifs, d'autres peuvent provenir des murs, d'autres peuvent se perdre ou s'accumuler dans les fissures et remonter à la surface à contretemps.

Exemple : Récupérateur de cuttings (BRGM)

Cet appareil peut être construit sur le chantier. Il comprend:

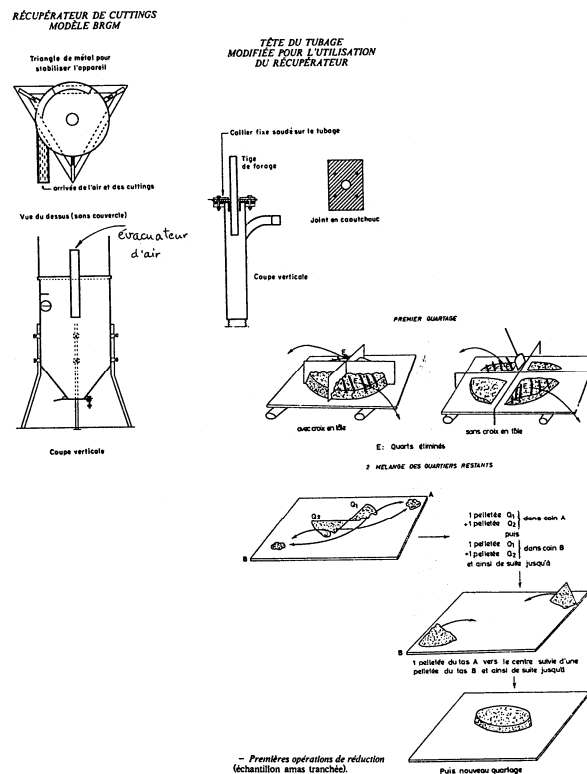
- un collier adapteur fixé au tubage de la foreuse,
- un récupérateur dont le volume est environ 10 fois celui de l'échantillon,
- un tuyau flexible transparent reliant la tête du tubage au récupérateur.

Mode de fonctionnement:

- Les cuttings et l'air arrivent dans le récupérateur dans la partie supérieure du cylindre.
- Une plaque interne semi-circulaire ralentit le cyclone d'air et de cuttings et permet la sédimentation des matériaux au fond du récupérateur
- L'évacuation de l'air (sec ou humide) se fait par une cheminée en forme de tube partant en dessous du niveau d'entrée du cyclone d'air.

Figure 3.8

Récupérateur de cuttings et quartage



Illustrations de Chaussier, p. 213 et 251

b) Prélèvement sur les trous de mine

Pour les minerais de métaux de base, il est préférable de prélever des échantillons sur les boues sortant des trous de mine forés à front de taille.

Avantages:

- Retarde au minimum l'avancement de la galerie
- Donne des échantillons de poids faible à granulométrie fine qui dispensent de l'utilisation du concasseur. Ex. Sur une section de 3.5 à 5 m², on fait 25 à 40 trous d'une volée de 1.5 m de profondeur. L'ensemble des *cuttings* donne 150 à 200 kg d'échantillon, soit environ 1% du poids total.

Méthode:

i- Position de l'entonnoir:

- Fixer l'entonnoir à 50 cm du plancher à l'aide de deux barres de fer enfoncées dans deux trous forés.
- Comblent les irrégularités du front de la galerie, derrière l'entonnoir, avec des roches et des planches et plâtrer la partie supérieure pour en assurer l'étanchéité.
- La largeur de l'entonnoir doit permettre de récupérer les eaux qui ruissellent sur le front de taille.

ii- Position du bac de récupération:

- Laver le front de taille avant de placer le bac de récupération.
- On peut alors forer sans se préoccuper de l'échantillonnage.
- Il n'est pas nécessaire d'échantillonner tous les trous, il suffit alors de retirer le bac pendant le forage des trous non échantillonnés.

Restrictions:

- Cas de minéralisation friable

Lorsque le mur est friable, l'échantillonnage avec l'entonnoir est faussé. Il faut alors utiliser un capteur avec le bac de récupération.

- Cas de minéralisation répartie inégalement

Si la minéralisation n'occupe qu'un peu plus de la moitié du front, on procède comme précédemment, mais on limite l'échantillonnage des boues à la partie minéralisée.

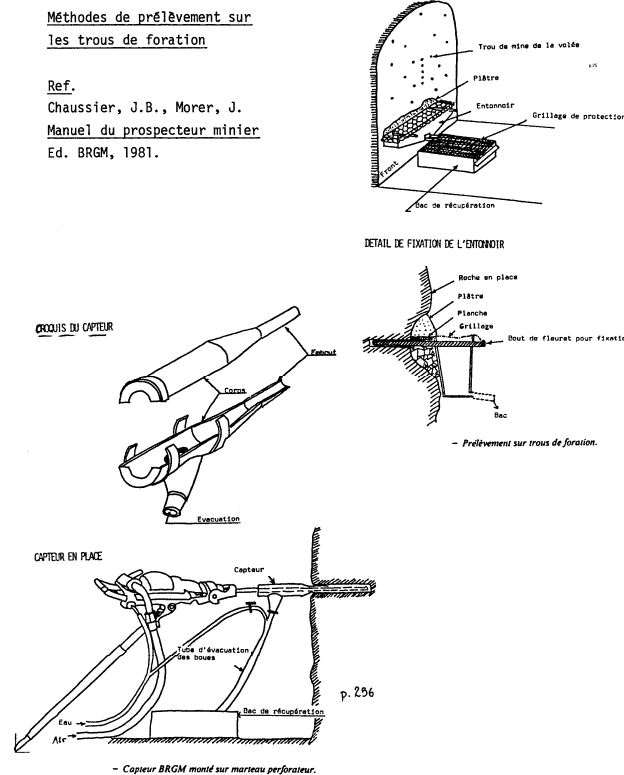
Si la minéralisation est mince, on peut faire quatre trous spéciaux transversaux décollés de 25 cm à partir d'un côté de la minéralisation.

Si les épontes sont bien délimitées, on peut échantillonner par rainurage (cannelures).

- Cas de minéralisation rubanée, à caractère directionnel

- ⇒ La minéralisation mince est traitée comme précédemment.
- ⇒ Si la minéralisation occupe tout le front de taille: opérer des trous spéciaux divergents à partir du centre de la galerie. Si la minéralisation dépasse la galerie, l'échantillon peut aussi dépasser.

Figure 3.7



Traitement des boues

Les boues recueillies sont décantées, séchées au four (brûleur de mazout, infrarouge) soumises à un quartage pour diminuer le volume de l'échantillon tout en conservant sa représentativité. Elles sont finalement envoyées au laboratoire pour être pulvérisées et analysées.

v. Échantillonnage systématique de la production

L'échantillonnage peut s'effectuer au chargement, à la pelletée ou au wagonnet.

- Une pelletée mise de côté à toutes les n pelletées

minerais:	homogène:	n = 50 pelletées
	moyen:	n = 10 pelletées
	hétérogène:	n = 3 pelletées

Pour une section de galerie de 4 m^2 , le poids de roche par mètre d'avancement serait d'environ 10 à 15 tonnes (selon la densité), ce qui représenterait pour un minerai moyen (n=10) 1 à 1,5 t (1000 à 1500 kg).

- Les wagonnets sélectionnés (généralement $n < 10$) sont sortis et vidés sur l'aire réservée à l'échantillonnage. La méthode ne gêne pas le travail d'exploitation. Les risques d'erreurs: le matériel d'un tir se répand au sol sans se mélanger de façon homogène de sorte que la différence de teneur d'un minerai peut être appréciable d'un wagonnet à

l'autre. Un wagonnet donné représente une certaine partie externe de la volée. La taille des fragments varie beaucoup en fonction de la position dans la volée. Des analyses sur 16 wagonnets d'une volée ont montré des variations de 2 à 3 fois la moyenne en plus ou en moins pour le plomb (.46% Pb) et 87% en plus et 35% en moins pour le zinc (5% Zn) (Chaussier, p. 254).

vi. Échantillonnage de convoyeur

Plusieurs instruments ont été conçus pour échantillonner le minerai présent sur une courroie. Il s'agit d'une méthode permettant un échantillonnage très représentatif. Le problème est que la provenance exacte de l'échantillon est très difficile, voir impossible, à établir. Peut être utile pour connaître les teneurs sur de très gros volumes de roches ou pour connaître la teneur à l'entrée du moulin pour des fins de contrôle de teneur.

vii. Échantillonnage en vrac (grab sample)

Échantillon pris au hasard, par exemple dans les bennes, ou aux points de soutirage. Cette méthode d'échantillonnage présente de forts risques de biais en raison de la ségrégation des particules (les fragments les plus fins se retrouvent préférentiellement au fond de la benne).

Si l'on doit utiliser cette méthode, il faudrait effectuer une analyse préliminaire afin d'établir la relation entre la taille des fragments et leur teneur. Cette relation pourra être utilisée pour tenter de corriger les teneurs obtenues en fonction de la granulométrie de l'échantillon sélectionné. Éventuellement, il sera nécessaire de refaire cette calibration en fonction du type de roche et des zones exploitées dans une même mine.

viii. Analyseurs en continu

Il existe plusieurs types d'appareils servant à mesurer en continu la teneur du minerai entrant au concentrateur. Ces appareils utilisent des propriétés physiques de la roche pour fournir une teneur (ex. sondes gamma-gamma, électromagnétiques, etc.). Selon P. Gy, ces sondes sont habituellement assez imprécises et, surtout, risquent de présenter des biais importants. En effet, la contribution du minerai à l'intensité du signal mesuré peut dépendre fortement de la position du minerai relativement à la sonde. Ainsi, sur un convoyeur, le matériau en surface pourrait contribuer davantage que le matériau en profondeur (ou l'inverse). De même, le signal mesuré pourrait dépendre de la granulométrie des particules et de la présence de d'autres minéraux non-économiques mais offrant une réponse à la sonde. De constantes re-calibration des sondes sont nécessaires.

Diverses causes d'erreur

Les causes d'erreur sont nombreuses dans le processus d'échantillonnage ce qui explique la très abondante littérature sur le sujet et l'évolution rapide des méthodes statistiques dans ce domaine. On reconnaît principalement :

- i. Biais de l'échantillonneur : tendance plus ou moins consciente à choisir une portion donnée du lot échantillonné; impossibilité de prendre de trop gros fragments.
- ii. Biais lié aux appareils utilisés pour prélever l'échantillon (ex. tube d'échantillonnage trop étroit par rapport à la taille des fragments, pelle trop petite, convoyeur échantillonné par un outil impropre).
- iii. Biais lié aux propriétés mécaniques de la roche : écailles et cannelures de grosseur différentes selon la dureté, parois des forages qui s'effritent.

- iv. Biais lié au phénomène de ségrégation des particules et à la densité de celles-ci: remontée différée des particules dans les forages, entraînement des fines par l'air ou l'eau, particules fines entraînées vers le bas dans une pile de minerais, etc.
- iv. Autres biais.
- minéraux solubles dans l'eau (gypse)
 - non-disponibilité de certaines roches (ex. les roches tendres sont érodées et peu présentes sur les affleurements)

Rôle de l'ingénieur géologue

Chaque type de minéralisation et chaque environnement minier constitue un cas particulier où la précision de l'échantillonnage dépend du sens pratique et de l'esprit critique du géologue. Celui-ci doit s'assurer que les échantillons sont les plus représentatifs possibles. Il doit tenir compte des contraintes budgétaires et des contraintes de production puisqu'il faut que l'échantillonnage ne ralentisse pas la production.

Remarque : L'échantillon le plus près de l'échantillon parfait est la carotte obtenue au forage au diamant. L'ingénieur géologue utilise ces échantillons au moment de l'exploration, de la définition et de la mise en valeur pour prédire les ressources et réserves du gisement. Les « estimés » ainsi construits peuvent, dans certains cas, être comparés aux teneurs réellement obtenues lors de la production.

Remarque : valeurs anormalement élevées. Puisque l'échantillon reçoit une importante extrapolation pour arriver à représenter un ensemble, il doit conserver une certaine homogénéité. S'il s'écarte trop de l'ensemble des teneurs, on peut suspecter un événement assez fortuit (ex. une pépite d'or d'une certaine taille). C'est la pratique habituelle dans les mines de modifier les teneurs anormalement élevées de certains échantillons. On peut :

- écarter carrément ces échantillons
- réévaluer ces échantillons à la valeur prise par des échantillons voisins
- ramener systématiquement à une valeur limite, ex. 1 oz Au/t
- faire une correction se basant sur la distribution statistique des teneurs
- reprendre un échantillon ou reprendre l'analyse

D'un point de vue statistique chacune de ces approches est incorrecte et introduit un biais vers une sous-estimation de la teneur du gisement (conservateur). Comme dans la majorité des cas les teneurs obtenues à la production sont inférieures aux teneurs prédites (biais conditionnel (voir partie géostatistique)), cette pratique peut permettre de rapprocher les estimés des valeurs de la production. C'est sans doute en partie ce qui explique la popularité (cas où une 2^e erreur vient en corriger partiellement une 1^{ère}).

Contrôle de qualité et assurance de qualité (QA/QC)

Dans la foulée du scandale BRE-X, la plupart des pays importants au plan minier ont adopté des règles plus strictes concernant la divulgation de ressources et réserves. Le tableau suivant présente les principales réglementations :

Pays	Règlementation
Canada	Règlement NI 43-101
Australie	JORC-Code
Afrique du Sud	SAMREC
Royaume-Uni	IMM
Etats-Unis	SME

Une des causes importantes à l'origine du scandale BRE-X a été l'altération des échantillons de carottes par l'ajout frauduleux de poussière d'or. Afin d'éviter qu'une telle situation ne se représente sans être détectée, toutes les réglementations indiquées au tableau précédent incluent des recommandations particulières quant au contrôle et à l'assurance de qualité. Pour le cas particulier de NI 43-101, le QA/QC constitue un des chapitres importants du rapport technique.

Ce chapitre doit décrire toutes les procédures utilisées visant à assurer l'intégrité et la qualité des échantillons récoltés (e.g. entreposage, méthode d'échantillonnage, système de protection des accès (alarmes), ...) de même que les outils de contrôle utilisés pour détecter tout problème éventuel.

Quelques définitions

le rejet : partie de la roche envoyée pour analyse qui n'est pas utilisée par le laboratoire (habituellement retournée à la mine)

la pulpe : partie de la roche qui est pulvérisée.

On distingue 4 types de contrôles différents :

- i. **Analyse par un tiers** (umpire assaying): le rejet (ou la pulpe) est envoyé à un 2^e laboratoire pour une analyse indépendante. Permet de détecter un problème potentiel de précision ou de justesse du laboratoire.
- ii. **Duplicatas** : le même laboratoire refait l'analyse à partir du rejet (idéalement à l'aveugle). Permet d'évaluer la précision des analyses. L'analyse par un tiers peut être vue comme un duplicata « externe ».
- iii. **Blanc** : une roche stérile est introduite dans les envois au laboratoire pour analyse. Permet de détecter une contamination du laboratoire.
- iv. **Référence (standard)** : Des échantillons de référence (standards) ayant une teneur connue (\pm un écart-type connu) sont disponibles chez certains fournisseurs (e.g. Rocklab). On les introduit entre deux échantillons de la mine. Permet de statuer sur la justesse (accuracy) des analyses.

Exemples de QA/QC trouvés dans les rapports techniques :

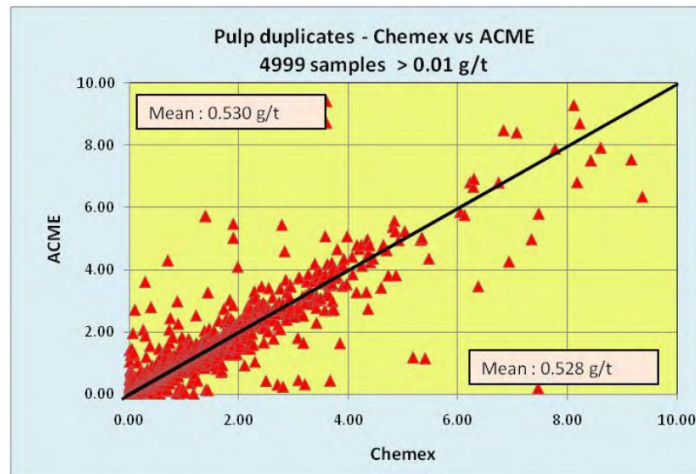
A- Exemple d'Osisko

Préparation de l'échantillon :

- la demi-carotte est préparée et déposée dans un sac (aucun détail fourni)
- l'échantillon est broyé à 1.7 mm => on prélève 250 g
- le 250 g est pulvérisé à 75 microns => on prélève 50 g pour l'analyse

Contrôles effectués :

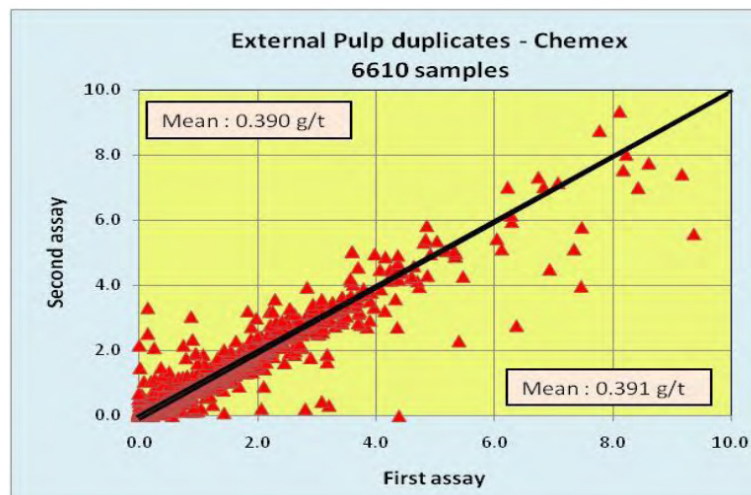
1- Analyses d'un tiers : (~1 par 25 échantillons)



Positif : on n'a pas de biais du laboratoire. La corrélation est forte ($r=0.92$). Il n'y a pas d'évidences de problème particulier. Pour certaines analyses, l'écart est grand, mais ceci est considéré normal.

Négatif : la pulpe a été testée mais pas le rejet.

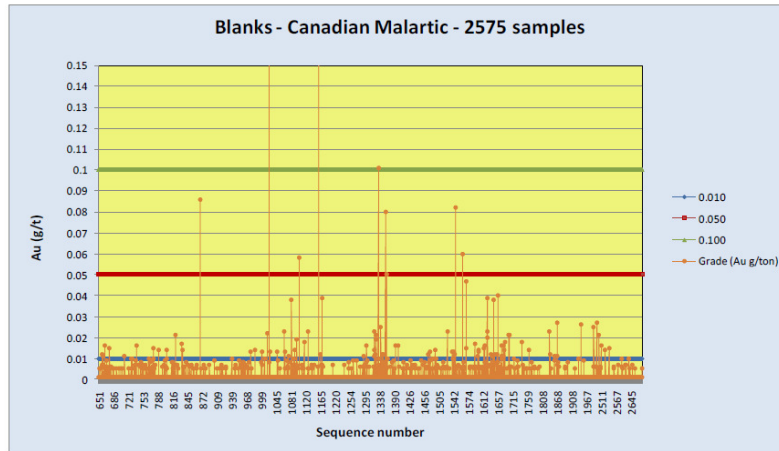
2- Duplicatas : (~1 par 20 échantillons)



Positif : on n'a pas de biais. La corrélation est forte ($r=0.96$). Il n'y a pas d'évidences de problème particulier. Pour certaines analyses, l'écart est grand, mais ceci est considéré normal. Les duplicatas sont effectués à l'aveugle.

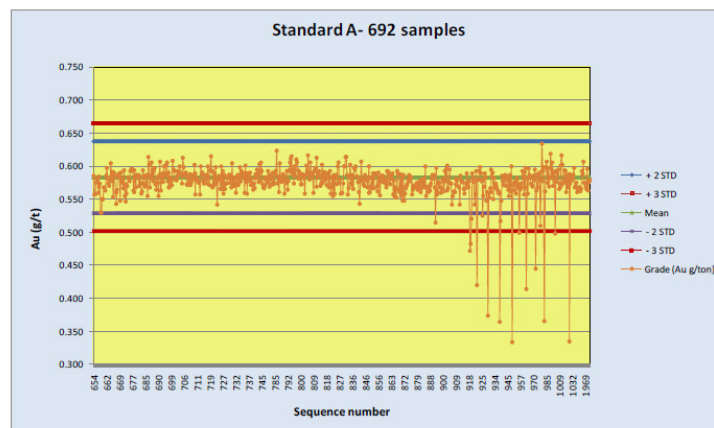
Négatif : la pulpe a été testée mais pas le rejet.

3- Blancs : (~1 par 40 échantillons)



Positif : il n'y a pas d'indication de contamination. Test pour toute la procédure de préparation.
Négatif : on ne sait pas si le laboratoire pouvait identifier dès le départ qu'il s'agissait d'un blanc.

4- Échantillons de référence (~1 par 20 échantillons)



Positif : pas de biais systématique, valeur moyenne près de la valeur de référence. Test pour toute la procédure de préparation.

Négatif : on a une fréquence trop grande de trop faibles teneurs vers la fin. On ne sait pas si le laboratoire pouvait détecter qu'il s'agissait d'un échantillon de référence. L'écart-type fourni par le laboratoire est-il fiable?

Globalement, il n'y a aucun problème majeur évident avec le laboratoire.

Que dit la théorie de Gy?

Les informations permettant de calculer la précision théorique ne sont pas toutes fournies.

Toutefois, supposons que l'or est essentiellement dans la pyrite sous forme d'inclusions. Le minéral d'intérêt est alors la pyrite dont la concentration varie de 1% à 5% selon le rapport. On suppose aussi que la concentration d'or dans la pyrite est assez constante pour pouvoir négliger ce facteur de variation. La demi-carotte de calibre NQ sur 3m fait environ 8kg. La procédure décrite précédemment possède deux sous-échantillonnages :

- 1- 250 g à 0.17 cm => $s_r = 3\%$ (pour 1% de pyrite)
- 2- 50 g à 75 microns => $s_r = 0.06\%$ (pour 1% de pyrite).

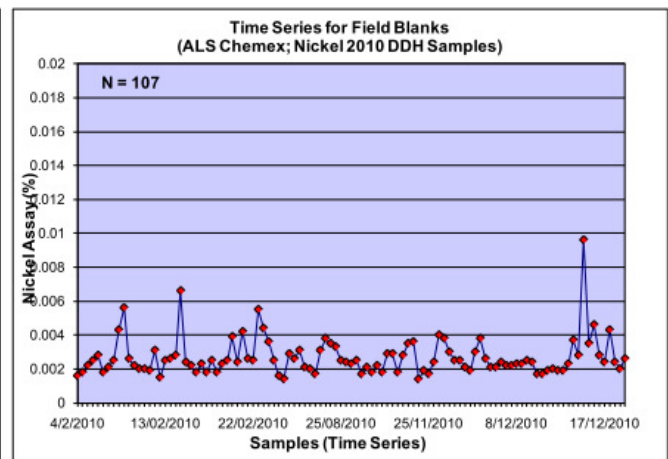
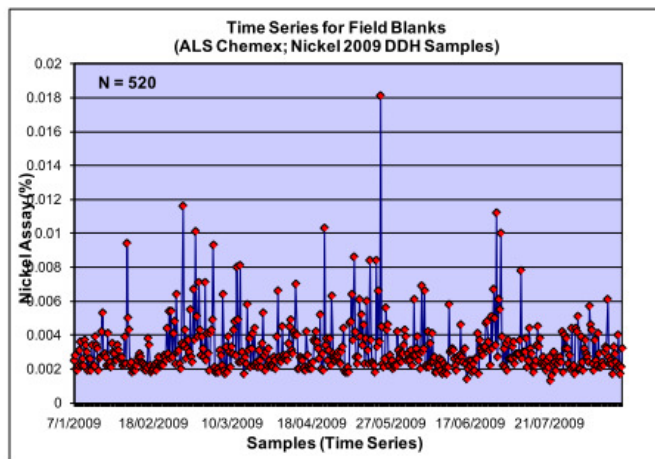
Clairement, la 2^e étape est beaucoup plus précise que la première. Pour l'ensemble, une erreur de 3% sur la teneur en or semble acceptable a priori.

Note : En pratique, l'erreur relative sur la teneur sera plus grande car il y a aussi de l'or natif présent. Quand l'or natif est présent, la teneur sera normalement plus forte. Comme on n'a peu de précision dans ce cas, la mine préfère jouer conservateur en coupant les teneurs à 10 ppm.

B- Exemple de Royal Nickel, mine Dumont (source : rapport technique juillet 2013)

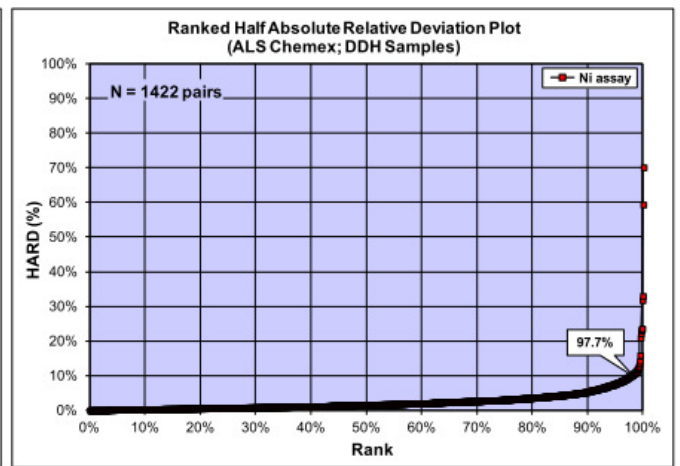
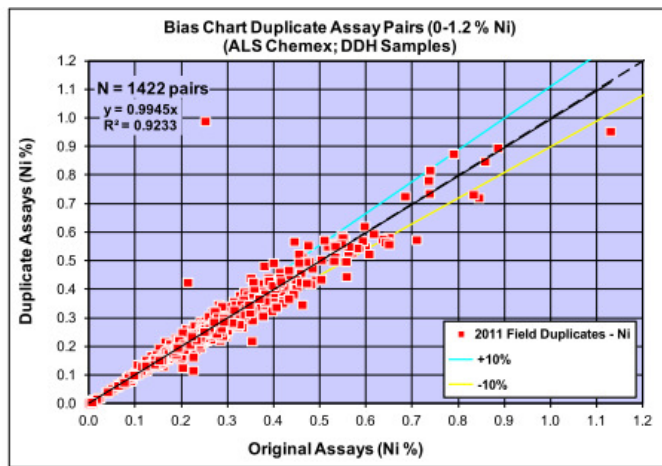
- Les accès à la carothèque sont protégés par système d'alarme zoné.
- Les laboratoires sont certifiés ISO 9001 :2000.
- Les sacs d'échantillons sont scellés dès l'échantillon recueilli.
- Un blanc/25 échantillons. Le blanc est un sable avec ~0-80 ppm Ni. On peut croire qu'un sable sera facilement repéré au laboratoire.
- La procédure de préparation d'échantillon au laboratoire est la suivante : concassage de la roche reçue à 2 mm (70% passant) sélection de 100 g => pulvérisation à 106 μ m, analyse.
- Des duplicatas (1/25) sont envoyés. Il s'agit de quarts de carottes (donc assez facilement identifiables comme duplicatas).
- Quatre échantillons de matériel de référence certifié (EMRC ou « standard ») différents ont été utilisés.

Blancs :



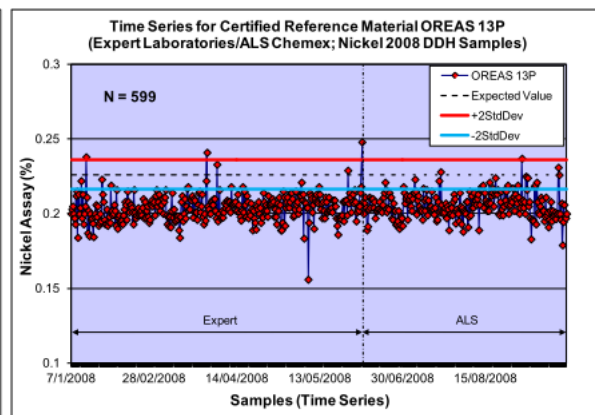
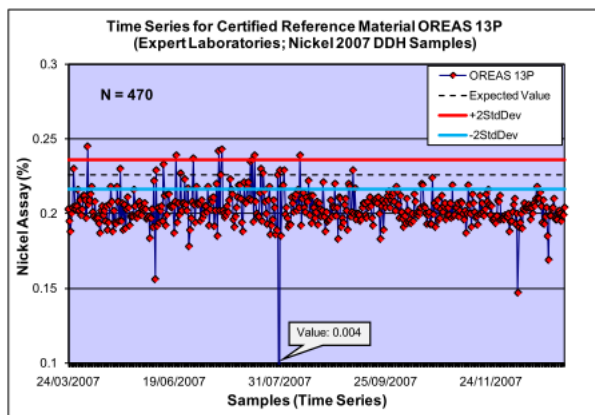
- Rien d'anormal à signaler

Duplicatas :

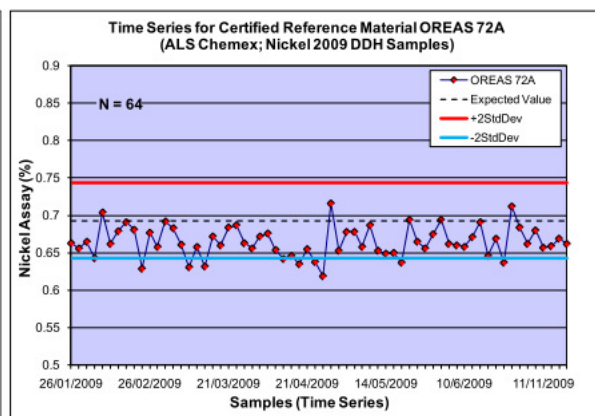
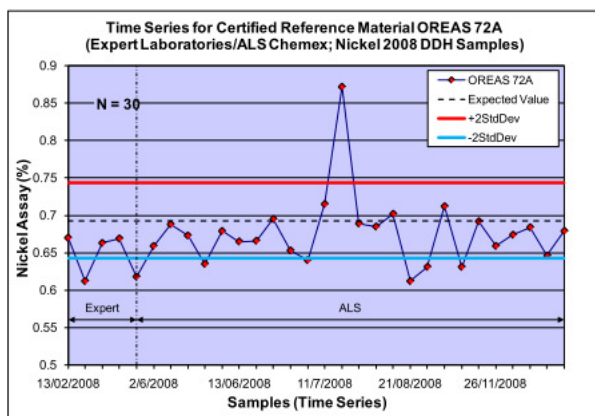


- Rien d'anormal à signaler (sauf que l'on a >>>2.3% de points à gauche qui sont en dehors du 10% relatif pour le demi-écart. Le problème vient du tracé des droites à + ou - 10% à gauche qui ne coïncident pas avec le 10% indiqué en ordonné à droite).

Échantillons de référence à teneur connue :



- Problème de biais important pour les deux laboratoires.



- Problème de biais

Outils statistiques pour le QC

Selon Abzalov (2011)¹, la statistique la plus utile en contrôle de qualité des duplicatas est le coefficient de variation $CV=s/m$ où s est l'écart-type expérimental de la paire de duplicatas et m est la moyenne des duplicatas. On a, pour le cas d'une paire de duplicatas :

$$s = \frac{1}{\sqrt{2}} |z_1 - z_2|$$

Ce qui entraîne :

$$CV = \frac{\sqrt{2} |z_1 - z_2|}{z_1 + z_2}$$

où z_1 et z_2 représentent les teneurs des deux duplicatas.

Certains auteurs utilisent le « HARD » (half absolute relative deviation) défini comme :

$$HARD = \frac{|z_1 - z_2|}{z_1 + z_2} = \frac{CV}{\sqrt{2}}$$

ou le AMPD (absolute mean percentage difference)

$$AMPD = \frac{2|z_1 - z_2|}{z_1 + z_2} 100\% = \sqrt{2} CV\%$$

On voit que toutes ces quantités sont équivalentes, alors aussi bien utiliser le CV directement.

¹ Marat Abzalov (2011). Sampling Errors and Control of Assay Data Quality in Exploration and Mining Geology, Applications and Experiences of Quality Control, Prof. Ognyan Ivanov (Ed.), ISBN: 978-953-307-236-4, InTech, DOI: 10.5772/14965. Available from: <http://www.intechopen.com/books/applications-and-experiences-of-quality-control/sampling-errors-and-control-of-assay-data-quality-in-exploration-and-mining-geology>