

2013-05 : Assurance et contrôle de la qualité (QA/QC) en exploration minérale : synthèse et évaluation des usages

Une analyse géochimique fournie par le laboratoire est une estimation de la valeur véritable de la masse rocheuse échantillonnée. La qualité de cette estimation est affectée par plusieurs types d'erreur – erreur de justesse et erreur de précision – insérées aux étapes successives de la chaîne d'acquisition. Le contrôle de cette qualité, autrement dit de l'erreur potentielle globale associée à la valeur mesurée, ne peut être assuré que par l'insertion d'échantillons de contrôle utilisée de pair avec des méthodes de validation spécifiques. Elle revêt une importance majeure sinon critique puisqu'elle permet d'apprécier en bout de ligne la validité des interprétations, tant qualitatives (modèles géologiques) que quantitatives (estimation des ressources), dont découlent notamment l'évaluation du risque financier associé à une exploitation.

La pratique de programmes de contrôle et d'assurance de la qualité (QA/QC) est progressivement devenue chose commune depuis le début des années 2000 avec la formalisation de certaines exigences de la part des institutions (AMF, ICM), sous l'impulsion de l'affaire Bre-X. Toutefois, ces exigences demeurent d'ordre très général et portent exclusivement sur le résultat des programmes QA/QC, en laissant totalement libre leur nature, qui ne fait l'objet d'aucune standardisation et est établie au cas-par-cas selon l'expérience des pratiquants et les recommandations des spécialistes consultants.

Le mandat de cette étude est de dresser un portrait des pratiques actuelles en matières de QA/QC, d'évaluer leur homogénéité et la démarcation éventuelle de tendances convergentes ou divergentes, d'investiguer la constance de leur qualité ainsi que les aspects bien contrôlés versus les lacunes persistantes, et enfin de proposer le besoin échéant certaines améliorations des usages.

Cet exercice démontre que l'erreur de justesse des systèmes de mesure est toujours bien contrôlée, avec l'insertion systématique d'échantillons blancs et de standards dès les stades précoces de l'exploration. Les taux d'insertion pratiqués sont par contre très hétérogènes et ne sont pas indexés sur des caractéristiques du terrain ou du signal analysé. Ces échantillons de contrôle ont essentiellement pour vocation la surveillance du bon déroulement des procédures au laboratoire, et leurs taux dénotent donc un degré de confiance envers le laboratoire. Par contre, l'erreur de précision relève de la nature intrinsèque hétérogène du signal géologique et peut demeurer forte en dépit du bon déroulement des procédures au laboratoire. De manière assez préoccupante, un défaut majeur de contrôle de cette erreur de précision est mis en évidence puisqu'une proportion considérable des protocoles investigués ne mentionnent pas l'usage de duplicatas, et ce même à des stades avancés d'exploration. Par ailleurs, lorsque des duplicatas sont insérés, les méthodes d'interprétation employées ne constituent généralement pas une détermination rigoureuse de l'erreur associée aux données. Ces résultats stipulent que, dans la plupart des cas, les pratiquants n'ont, de fait, aucun contrôle sur l'erreur de précision associée à leurs données.

Pourtant, si un contrôle appliqué de la justesse est nécessaire, il ne peut être suffisant : on mesurera alors avec fine justesse des valeurs erronées en amont par une imprécision non-contrôlée aux différentes étapes de préparation des échantillons.

Cette erreur de précision a été calculée dans plusieurs gîtes afin 1) d'évaluer son ampleur et la nécessité de la contrôler et 2) de documenter ses variations en fonction du contexte métallogénique. Il en ressort que l'erreur relative totale est très fortement conditionnée par la substance et le style gîtologique : elle est colossale pour des gîtes d'or filoniens (>80% dans plusieurs cas), moyenne (20 à 35%) pour des gîtes aurifères hydrothermaux magmatiques et faible (<12%) pour des gîtes aurifères volcanogènes, en remplacement, et pour des gîtes zincifères et cuprifères. En conclusion, la problématique est majeure mais concerne essentiellement les gîtes aurifères non-volcanogènes, ce qui en constitue la très large majorité. Ces conclusions sont corroborées par l'analyse des systèmes de mesures par la méthode Gage R&R, qui évalue leur adéquation vis-à-vis de la variabilité naturelle du signal recherché. Enfin, il est démontré que l'essentiel de l'erreur de précision est dans tous les cas insérée très tôt, au stade de l'échantillonnage primaire, tandis que les étapes situées en aval dans la chaîne d'acquisition de données (séparation du rejet, séparation de la pulpe, analyse sensu stricto) ne constituent que des sources secondaires d'erreur. En moyenne, cette erreur primaire constitue pour Au 82,6% de l'erreur totale, 87% pour Ag et 70% pour Cu. Une stratégie efficace de réduction de l'erreur sera donc focalisée sur l'échantillonnage primaire.

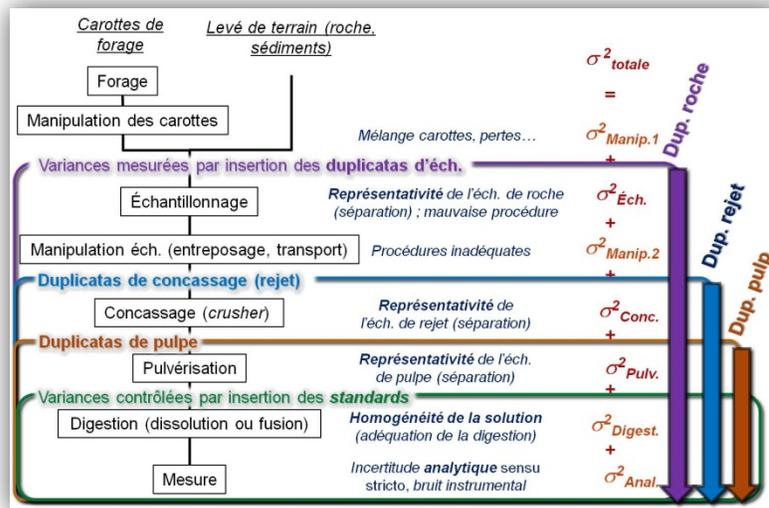


Figure 1. Sources, propagation et contrôle de l'erreur de précision dans la chaîne d'acquisition de données. Les flèches de couleur indiquent les sources d'imprécision (caractérisées par les variances, c.-à-d. sigma au carré) spécifiquement contrôlées par les différents types de duplicatas.

Des méthodes sont décrites permettant l'estimation de l'erreur de précision associée aux systèmes de mesure, il est recommandé de généraliser leur usage. Par ailleurs il est recommandé de poursuivre des travaux plus approfondis afin 1) de mieux documenter la problématique de la précision des analyses en compilant davantage de cas réels issus de contextes métallogéniques variés, et 2) de développer une méthode robuste de calcul de l'erreur. Pour finir, il apparaît primordial de sensibiliser les pratiquants sur l'impact des problèmes de précision et l'importance de bien les caractériser, par l'insertion systématique de duplicatas à toutes les étapes de séparation.

Projet 2013-05 : Fiche sommaire

Objectifs	<ul style="list-style-type: none">• Faire une synthèse des connaissances actuelles dans le domaine de l'assurance et du contrôle de qualité (QA-QC) par une revue exhaustive de la littérature spécialisée et des recommandations des consultants.• Dresser un portrait des usages de QA-QC courants des praticiens en exploration minérale : revue des protocoles internes.• Synthèse et analyse : évaluer l'efficacité des usages, leur homogénéité, les tendances convergentes vs divergentes, les variantes en fonction des contextes métallogénique et d'exploration, les aspects bien contrôlés vs lacunes.• Proposer des améliorations, évaluer la nécessité de normer ces usages.
Résultats et Innovations	<ul style="list-style-type: none">• Inventaire relativement exhaustif des pratiques actuelles dressé : revue des protocoles de compagnies et des documents de formations données par les consultants.• Observation d'une convergence dans les pratiques à travers un très bon contrôle généralisé de l'erreur de justesse par l'insertion systématique de <i>blancs</i> et de <i>standards</i> dès les stades précoces d'exploration, et pour tous contextes métallogéniques.• Constatation, de divergences majeures et, d'une façon générale, d'une lacune importante identifiée en ce qui concerne l'erreur de précision : celle-ci demeure non estimée dans de nombreux cas, son contrôle est très hétérogène et globalement faible. Cette lacune réside 1) dans un usage non-généralisé d'insertion de <i>duplicatas</i> et 2) dans l'usage de méthodes insatisfaisantes pour le calcul de l'erreur à partir des résultats de <i>duplicatas</i>.• Calcul de l'importance de l'erreur relative de précision par des méthodes rigoureuses dans plusieurs gîtes dont les résultats montrent qu'elle est très hétérogène et fortement conditionnée par le type de gîte, qu'elle peut atteindre 35% dans les gîtes aurifères hydrothermaux magmatiques, et qu'elle devient souvent critique dans les gîtes aurifères filoniens (> 80%).• Démonstration par calculs que cette erreur est systématiquement acquise très tôt dans la chaîne d'acquisition de données, ce qui oriente les stratégies de réduction de l'erreur.• Démonstration de la nécessité de sensibiliser les praticiens sur l'impact des problèmes de précision et l'importance de bien les caractériser, et détails des moyens de le faire.