



Lignes directrices de l'ICM sur les pratiques exemplaires en matière d'exploration minérale

Préparées par le
Comité permanent de l'ICM sur les définitions des ressources et des
réserves minérales

Adoptées par le conseil de l'ICM le 23 novembre 2018

Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole

Suite 1040, 3500 boulevard de Maisonneuve Ouest

Westmount, Québec H3Z 3C1 CANADA

Tél.: (514) 939-2710

mrmr.cim.org | www.cim.org

Table des matières

1. Introduction	2
2. Gestion et exécution des projets d'exploration	2
2.1. Gestion de projet	2
2.1.1. Planification et conception de programme d'exploration	3
2.1.1.1. Résultats antérieurs d'exploration	3
2.1.1.2. Légende	4
2.1.1.3. Ensembles de données	4
2.1.1.4. Système de coordonnées	4
2.1.2. Territoire et accès	5
2.1.3. Permis	5
2.1.4. Responsabilité sociale des entreprises (RSE)	5
2.2. Registres et documentation	6
2.3. Levés géologiques	6
2.4. Levés géophysiques	7
2.5. Levés géochimiques	7
2.6. Programmes de forage	9
2.6.1. Planification des trous de forage	9
2.6.2. Échantillons de forage conservés	9
2.6.3. Procédures de description de sondage	10
2.6.4. Intervalles d'échantillons	10
2.6.5. Mesures de la densité apparente	11
2.6.6. Journaux de sondage	11
2.6.7. Sections de forage	12
2.7. Préparation, analyse, sécurité et AQ/CQ des échantillons	12
2.7.1. Préparation des échantillons	12
2.7.2. Analyse des échantillons	13
2.7.3. Sécurité des échantillons	14
2.7.4. Assurance et contrôle de la qualité analytique	14
2.8. Communication des résultats des programmes d'exploration minérale	15
3. Remerciements	16
4. Références	17

1. Introduction

Les lignes directrices de l'ICM sur les pratiques exemplaires en matière d'exploration minérale (lignes directrices sur l'exploration) ont été élaborées dans l'optique d'aider les géoscientifiques et les ingénieurs à mener, invariablement, des travaux de haute qualité en vue de préserver la confiance du public. Les lignes directrices sur l'exploration visent à aider les géoscientifiques professionnels et les praticiens en exploration à planifier, superviser et exécuter leurs programmes d'exploration. Au Canada on compte généralement deux types de communication publique relatives aux ressources : la « divulgation », telle que définie par le Règlement 43-101 (norme canadienne 43-101), concerne la communication d'informations techniques au public et aux acteurs du marché pour respecter les lois sur les valeurs mobilières dans laquelle doit être impliquée une personne qualifiée (PQ), et la communication d'informations relatives à l'exploration à l'intention des agences gouvernementales pour soutenir les obligations en vertu de lois telles que les lois sur les mines de chaque province et territoire. Les lignes directrices sur l'exploration sont également importantes lorsque les résultats ne sont pas communiqués au public, mais sont prévus pour une utilisation interne par la société.

Si ce document a une vocation informative pour les travaux menés ou supervisés par des géoscientifiques au Canada, nombre des pratiques décrites dans ce document peuvent être adaptées aux activités d'exploration minérale d'autres pays.

Les lignes directrices sur l'exploration n'ont pas pour but d'interférer avec le concept d'exploration, ni d'empêcher l'application de nouvelles approches qui pourraient impliquer le développement de nouveaux volets fondamentaux dans le succès de programmes d'exploration minérale. Elles ne donnent pas de solutions normatives à des problèmes spécifiques, mais incluent plutôt des lignes directrices générales pour la pratique professionnelle actuelle ainsi que pour démontrer et défendre les mérites des nouvelles méthodes. Ces lignes directrices n'empêchent en aucun cas les particuliers et les sociétés de développer des lignes directrices plus détaillées spécifiques à leurs besoins.

La version initiale des lignes directrices sur l'exploration a été élaborée par le comité dédié aux pratiques exemplaires en matière d'exploration de l'institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), et adoptée par le conseil de l'ICM le 20 août 2000.

Le 9 janvier 2018, le conseil de l'ICM a créé le comité permanent de l'ICM sur les définitions des ressources et des réserves minérales (RRM) dont la mission consiste, entre autres, à mettre à jour les lignes directrices sur les pratiques exemplaires en matière d'exploration. Le mandat du comité a été approuvé par le conseil de l'ICM le 2 mars 2018.

Les nouvelles lignes directrices sur l'exploration ont été adoptées par le conseil de l'ICM le 23 novembre 2018.

2. Gestion et exécution des projets d'exploration

2.1. Gestion de projet

Pour les sociétés canadiennes, ainsi que pour les détenteurs de titres miniers et propriétés minières au Canada, tous travaux d'exploration doivent être conçus et menés sous la supervision d'au moins un ou une géoscientifique. Le ou la géoscientifique sera responsable de la planification, l'exécution et l'interprétation de l'activité d'exploration menée sous sa supervision, ainsi que de la mise en œuvre de programmes d'assurance qualité et de communication.

Le ou la géoscientifique doit comprendre les responsabilités ainsi que les aspects logistiques, administratifs et de gestion et de suivi du projet. Ceci concerne par exemple les prévisions budgétaires ; la planification ; la gestion des camps, incluant la gestion de la chaîne

d'approvisionnement et des entrepreneurs ; la réglementation en matière de santé et de sécurité ; la sécurité ; ainsi que les réglementations gouvernant la santé et la sécurité, le transport et la manipulation de produits dangereux, l'utilisation du territoire, le harcèlement, les droits des Autochtones ainsi que les mesures de lutte contre la corruption.

2.1.1. Planification et conception de programme d'exploration

Le ou la géoscientifique doit s'assurer que le programme d'exploration repose sur une bonne compréhension de la géologie à l'échelle régionale et de la propriété, de la substance minérale ciblée ainsi que du type et du style de minéralisation connue ou recherchée sur la propriété en question. Cette compréhension doit s'accompagner de données de terrain pertinentes et doit inclure une évaluation approfondie des informations publiées, privées et propres aux entreprises disponibles. Le ou la géoscientifique doit concevoir le programme d'exploration et sélectionner les méthodes ainsi que les outils d'exploration qui permettent de tester de façon adéquate le modèle et l'interprétation géologique.

Lors de la planification, de l'exécution et de la supervision des travaux d'exploration, le ou la géoscientifique doit s'assurer que les pratiques d'exploration sont fondées sur des critères généralement acceptés dans l'industrie ou que l'on peut justifier raisonnablement sur la base de principes scientifiques.

Le ou la géoscientifique doit revoir régulièrement les hypothèses géologiques sur lesquelles sont fondées les travaux d'exploration, et doit mettre à jour ces hypothèses à mesure que de nouvelles observations ou données de terrain deviennent disponibles. Le ou la géoscientifique doit fonder son évaluation de façon systématique et approfondie sur toute nouvelle information recueillie à partir du programme d'exploration, décrire et consigner l'interprétation, et évoquer toute incohérence apparente dans les données.

Il faut bien se rappeler que le ou la géoscientifique est responsable de sa pratique professionnelle, responsabilité qui ne peut pas être déléguée.

2.1.1.1. Résultats antérieurs d'exploration

Une des premières étapes dans la conception d'un programme d'exploration consiste à compiler et à évaluer les travaux antérieurs menés sur la propriété : la cartographie géologique, les résultats d'échantillonnage, les levés géophysiques et géochimiques ou les programmes de forage. Le ou la géoscientifique peut utiliser des informations du domaine public, notamment des levés géologiques gouvernementaux de et travaux statutaires provinciaux, ou encore des informations provenant de base de données interne d'une société ou d'autres sources. Avant de les utiliser, le ou la géoscientifique doit valider la précision et vérifier la pertinence des informations puisées dans des travaux antérieurs. La vérification des données est un concept essentiel et diffère de la validation des données.

La validation des données dans un format analogique ou une base de données numérique inclut toutes les vérifications effectuées pour s'assurer qu'il n'y a aucune erreur ou disparité dans les données (par exemple, des échantillons qui se recoupent, une erreur de caractérisation des données, une erreur de système d'unités de mesure, etc.). Il s'agit d'un travail important, mais qui n'inclut pas la vérification des données sous-jacentes.

La vérification des données est liée à l'intégrité et l'exactitude des données pour représenter des résultats qui sont raisonnables. Toutes les données qui seront incluses dans une base de

données doivent être vérifiées. Ceci comprend les données antérieures ou « héritées » de tout type, à savoir des données géochimiques, géophysiques, de forage, d'échantillonnage, métallurgiques, etc. de détenteurs ou d'organismes gouvernementaux précédents. Ces informations pourraient se révéler précieuses pour le projet et leur intégrité doit être vérifiée afin de confirmer leur degré de qualité avant d'être incluses dans la base de données du projet. En d'autres termes, le détenteur ou opérateur actuel doit vérifier les données antérieures afin d'accepter la responsabilité de leur utilisation. En fonction de l'étape d'exploration, ceci pourrait inclure un échantillonnage indépendant d'indices de surface ou d'importantes anomalies dans le sol, le ré-échantillonnage de tranchées ou de trous de forage, le forage d'un sondage jumeau à un ancien, etc. Ces activités de vérification doivent être minutieusement décrites et consignées.

2.1.1.2. Légende

Il convient de préparer un standard de légende géologique, qui englobe toutes les unités lithologiques principales et inclut une liste des symboles géologiques, et de l'appliquer invariablement aux programmes d'exploration et de forage menés sur la propriété dont il est question.

2.1.1.3. Ensembles de données

Un seul ensemble de données géoscientifiques ne suffit souvent pas à comprendre le potentiel d'une propriété d'exploration. Un ensemble de données peut être perçu comme une couche d'informations ; chaque couche doit être intégrée pour pouvoir mener une analyse complète, se forger une opinion et étayer les conclusions. Plusieurs types de levés sont généralement compilés lors de l'évaluation du potentiel d'exploration d'une propriété et de la sélection de cibles d'exploration.

2.1.1.4. Système de coordonnées

Un programme d'exploration requiert un système de coordonnées spatiales cohérent dès le départ afin de localiser toutes les informations relatives à l'exploration sur une propriété. Les grilles classiques de système de coordonnées utilisées correspondent à des grilles locales alignées sur une caractéristique spécifique d'une propriété ou astronomique ou des grilles universelles liés à la projection Transverse de Mercator (nord UTM). Dans de nombreux cas, les grilles de systèmes de coordonnées au Canada intègrent le système international d'unités (SI) ; cependant, les grilles de systèmes historiques de coordonnées qui intègrent le système de mesure impérial restent également valables.

Dans les cas où les levés effectués par les anciens propriétaires reposaient sur une grille dans un système de coordonnées qui diffère du système actuel de coordonnées, les informations relatives à la localisation pour le levé doivent être converties et transposées dans le système de coordonnées de quadrillage actuel avant que les travaux physiques ne commencent. Pour obtenir les résultats les plus fiables, il convient de déterminer les coordonnées de quadrillage sur des points communs ou des stations d'arpentage qui sont physiquement présents sur la propriété pour chaque système de coordonnées de quadrillage ; parmi les exemples de ce genre de points communs, on pourrait citer les tubages de trous de forage ou des éléments géographiques spécifiques. La transposition d'autres emplacements enregistrés d'anciennes grilles vers les nouveaux peut ensuite se faire arithmétiquement.

Concernant les propriétés en phase de découverte, des marqueurs permanents doivent être établis en tant que points de référence pour le système de coordonnées de quadrillage de la

propriété, par exemple en gravant des points de référence et des signes (une croix ou un X) dans les traits permanents tels qu'un affleurement rocheux. Lors de la création de marqueurs permanents, il est important de décrire les méthodes et les procédures visant à les marquer et les localiser de façon détaillée et précise.

2.1.2. Territoire et accès

Le ou la géoscientifique doit confirmer auprès de ses superviseurs ou de son client que les droits d'accès au territoire et à la propriété en question ont été obtenus avant de commencer les travaux. L'accès comprend les autorisations obtenues auprès des communautés autochtones et locales, des propriétaires terriens et des titulaires de droits de surface, ainsi que les ententes avec ces derniers. Le ou la géoscientifique doit confirmer l'emplacement des limites de la propriété, particulièrement afin de localiser correctement les activités d'exploration telles que le forage.

2.1.3. Permis

Le ou la géoscientifique doit confirmer auprès de ses superviseurs ou de son client que le projet possède tous les permis et autorisations nécessaires avant de commencer les travaux. De nombreuses activités d'exploration soumises à l'utilisation d'eau provenant des eaux de surface ou des eaux souterraines, ou qui nécessitent des séjours prolongés sur des terres non développées, requièrent une notification et l'attribution de permis. Le ou la géoscientifique doit parfaitement connaître les exigences en matière de permis pour pouvoir travailler dans une zone donnée avant que ne commencent les activités. L'obtention de permis requiert souvent une consultation communautaire qui ne saurait être envisagée comme la seule possibilité de rencontrer les communautés affectées et leurs membres.

2.1.4. Responsabilité sociale des entreprises (RSE)

Le ou la géoscientifique d'exploration est souvent la première personne dans un projet à rencontrer la communauté locale. Avant la première visite dans la zone d'exploration, il convient d'envisager l'approche à adopter pour la consultation communautaire. Un ou une géoscientifique sans expérience personnelle dans le domaine doit demander conseil aux experts en consultation communautaire. Les propriétaires fonciers, la direction de la société, l'équipe d'exploration et les experts en consultation communautaire doivent identifier, s'accorder et consigner la personne qui a la responsabilité de chacun des éléments des relations communautaires.

Le principe fondamental de l'engagement communautaire consiste à lancer dès que possible le processus de consultation dans le projet ou même bien avant que le projet ne démarre. Ce procédé vise à créer des liens et établir la confiance par le biais d'une entente. Les rencontres et les événements dès le début du projet sont souvent des composantes fondamentales vers la réussite. Le ou la géoscientifique doit être prêt(e) à participer à des réunions et des événements dans des lieux choisis par les communautés. Ceci démontre le respect de la société envers les membres de la communauté et sa volonté à les rencontrer sans s'attendre qu'ils se déplacent eux-même.

Des conseils supplémentaires pour l'exécution des programmes d'exploration sont fournis par le corpus électronique e3 Plus de la *Prospectors and Developers Association of Canada* (PDAC, l'association canadienne des prospecteurs et entrepreneurs).

2.2. Registres et documentation

Le stockage d'informations géologiques, géophysiques et géochimiques dans un format numérique standard sur un support fiable vous permet d'efficacement compiler et analyser des données sur des ordinateurs. Des registres en version imprimée constituent une sauvegarde et un complément de valeur. Des conseils en matière de normalisation des formats de données numériques ont été dispensés par la PDAC (2017). Vous trouverez des exemples supplémentaires de normalisation des formats de données numériques dans les lignes directrices de l'*Australian Government Geoscience Information Committee* (GGIC, le comité dédié aux informations en sciences de la Terre du gouvernement australien, 2017).

2.3. Levés géologiques

Les programmes de cartographie géologique documentent et consignent les informations sur des unités lithologiques importantes, des altérations, des caractéristiques structurales et des types de minéralisation présents sur la propriété d'exploration ou ses environs, ainsi que la nature et l'emplacement d'importantes caractéristiques physiographiques. Ces informations sont généralement compilées sur une carte géologique, dont l'échelle dépend des objectifs définis à l'étape de la conception du programme. Les informations sont recueillies et consignées sur papier et/ou sous format numérique. À l'échelle locale et régionale, les cartes montrent les principaux types de lithologies, de structure et d'altération, ainsi que toute minéralisation ayant une importance économique potentielle. Les cartes géologiques détaillées affichent les caractéristiques lithologiques et structurales d'une petite zone telle qu'une tranchée d'exploration ou un affleurement individuel.

Les échantillons recueillis pendant un programme de cartographie géologique servent à :

- déterminer de manière précise la lithologie ;
- déterminer le contenu en minéraux ou en métaux des éléments géologiques présentant un intérêt ;
- déterminer la composition chimique d'une unité rocheuse ou d'un type d'altération donné.

Les emplacements des échantillons doivent être consignés sur une carte géologique ou séparément, par exemple sous la forme d'un carnet de notes de terrain. Les sites de tous les échantillons de terrain doivent être clairement marqués de manière à pouvoir se rendre de nouveau sur le site d'échantillonnage le moment venu.

Le projet doit conserver une série d'échantillons témoins qui montrent des caractéristiques représentatives des roches hôtes, des styles d'altération et des types de minéralisation trouvés sur la propriété à des fins de référence et de formation. La préparation de cette série d'échantillons garantit que les informations de la cartographie géologique sont recueillies de manière cohérente par tous les membres de l'équipe d'exploration.

Toute collecte de données doit inclure une documentation liée au type d'équipement et à la méthodologie, aux méthodes de calibration, à la fréquence et aux dates. Il convient également de conserver les registres des photos (numériques) pertinentes avec les photos, en spécifiant la date, l'échelle et les emplacements.

Les informations provenant d'autres sources doivent être vérifiées et le processus de vérification des données, dont l'enregistrement et le suivi des sources de données, doit être rigoureusement documenté.

Vous trouverez des conseils plus détaillés concernant les procédures de préparation de cartes

géologiques, de collecte et d'organisation des échantillons de terrain dans des ouvrages ou des manuels de cartographie géologique utilisés par des commissions géologiques gouvernementales ou par les départements de sciences de la Terre des universités et facultés. Ils sont généralement disponibles sous forme d'ateliers offerts par les associations de l'industrie, ou à partir des sources du domaine public.

2.4. Levés géophysiques

Les méthodes géophysiques d'exploration détectent les gîtes minéraux en mesurant les propriétés physiques qui diffèrent considérablement entre un gîte minéral et les formations lithologiques encaissantes. D'un point de vue historique, les méthodes géophysiques d'exploration reposent sur les propriétés physiques de la densité (gravité), la susceptibilité magnétique, la conductivité, la chargeabilité, la résistivité, la radioactivité et la vitesse sismique. Dans de nombreux cas, le gîte ou la zone minéralisée recherchés ont une ou des propriété(s) physique(s) qui permettent une détection directe. Dans d'autres cas, les gîtes minéraux peuvent être détectés du simple fait des propriétés physiques d'un minéral non économique associé ou par association avec un type spécifique de roche ou d'altération.

Les levés géophysiques procurent souvent des informations essentielles qui viennent supporter la cartographie régionale et le modèle d'exploration minérale. Une courte discussion sur les propriétés physiques et chimiques de la minéralisation recherchée, des minéraux associés à la minéralisation, des méthodes géophysiques utilisées ainsi que des signatures caractéristiques pour des types spécifiques de gîtes minéraux est présentée dans la publication de Ford et al. (2007).

Les levés géophysiques peuvent être menés à la surface du sol ou au-dessus à l'aide d'un avion. On peut également effectuer des levés géophysiques à l'intérieur des cavités excavées des trous de forage d'exploration. Ces levés peuvent être menés par des employés d'une société d'exploitation ou d'exploration minières, ou encore par des sociétés qui offrent ces services sous contrat. Une discussion détaillée prenant en compte, entre autres, les spécifications des levés, les procédures d'acquisition des données, la qualité des données, les méthodes de traitement des données, les méthodes de présentation des données, les formats de stockage des données ainsi que les considérations pour des levés géophysiques, sort du cadre de ces lignes directrices sur l'exploration.

Lors de l'élaboration et de la conception d'un levé géophysique, le ou la géoscientifique doit bien comprendre les caractéristiques du type de minéralisation que le programme cherche ainsi que son emplacement et son orientation possibles. Cette compréhension doit gouverner le choix d'une méthode de levé géophysique et la conception des spécifications du levé. Un ou une géophysicien(ne) qualifié(e) doit planifier, superviser et interpréter le levé géophysique. Un exemple de la conception, de l'assurance de la qualité et de la diffusion des données pour un levé aéromagnétique est présenté dans Coyle et al. (2014).

Pour toute collecte de données spécifiques aux données géophysiques, géochimiques et de forage, une documentation relative au type d'équipement et à la méthodologie, à la méthode et à la fréquence de calibration ainsi qu'aux dates doit être mise à disposition. Dans le cas de levés géophysiques, la documentation doit inclure tous les éléments tels que l'espacement, la taille, le volume, le poids, etc., à savoir tout paramètre qui pourrait influencer ou changer les résultats lorsqu'il varie.

2.5. Levés géochimiques

Depuis des décennies, les levés géochimiques contribuent à la recherche de nouveaux gîtes minéraux. Ces levés permettent de chercher de nombreux types de gîtes dans une variété de terrains

glaciaires et non glaciaires, dans le pergélisol ainsi que dans des terrains en zones tropicales, subtropicales et arides. Les levés peuvent être pratiqués à l'échelle régionale lorsque l'objectif consiste à évaluer la susceptibilité dans de vastes zones d'héberger un gisement minéral cible, ou à l'échelle de la propriété pour trouver une minéralisation potentiellement intéressante sur le plan économique. Les levés peuvent prélever des échantillons de sédiments lacustres, de sédiments de ruisseau, des sols, des morts-terrains issus de l'altération de la roche hôte, de végétation, des nappes phréatiques, de l'eau de surface, d'un minéral individuel, ainsi que du socle rocheux altéré ou non altéré. L'objectif de ces levés est de trouver des concentrations d'un ou plusieurs éléments suffisamment supérieurs aux valeurs de fond locales ou régionales que l'on considère anormales.

Les levés à l'échelle régionale peuvent être menés par des sociétés minières ou leurs sous-traitants, ou par les commissions géologiques des gouvernements. Si les résultats des levés géochimiques à l'échelle régionale menés par les sociétés minières ne sont pas accessibles au domaine public dans toutes les provinces, les résultats des levés à l'échelle régionale effectués par une commission géologique gouvernementale sont à la disposition du public et contiennent généralement une description détaillée des procédures de terrain, des protocoles de préparation des échantillons, des méthodes analytiques utilisées, des protocoles d'assurance/contrôle de la qualité (AQ/CQ) employés et des résultats, ainsi que des procédures de traitement et de gestion des données.

Les levés géochimiques à l'échelle de la propriété sont menés dans l'objectif de contribuer à la découverte d'un gisement minéral. La personne effectuant le levé doit bien comprendre le modèle de gisement minéral cible et sa taille anticipée pour concevoir et exécuter le levé géochimique à l'échelle de la propriété. Le levé doit être guidé par un fond de plan topographique de bonne qualité et à jour exposant toutes les informations telles que les principales caractéristiques culturelles, les zones perturbées, ainsi qu'une compilation de tous les résultats géologiques et géophysiques disponibles.

Il est important de bien comprendre les diverses options de méthodologie de levés, notamment leurs limites, pour choisir un support d'échantillonnage adapté, l'espacement des échantillons, le protocole de préparation ainsi que la méthode analytique. À cette étape préliminaire, une approche utile consiste à mener un levé d'orientation sur une zone de minéralisation connue dans une région et dans des conditions semblables à celles prévues dans la zone de levé cible. L'objectif d'un levé d'orientation est de mettre à l'essai les différents supports et méthodologies afin d'identifier quel ensemble de paramètres de levé offre la plus forte probabilité de détecter le type de minéralisation recherchée dans les conditions présentes dans la zone de recherche proposée.

Pour un levé géochimique à l'échelle de la propriété, une campagne réussie consistera à collecter un matériel échantillonnable approprié et consistant, à déterminer précisément la profondeur et l'emplacement des échantillons, à préparer des notes de terrain de qualité, à systématiquement mettre en application les protocoles de préparation des échantillons, ainsi qu'à mettre en œuvre un programme AQ/CQ. La conception et l'exécution d'un programme d'AQ/CQ pour des levés géochimiques à l'échelle de la propriété rencontrent souvent des difficultés telles que trouver la source d'un milieu convenable pour une utilisation en tant qu'échantillon blanc ou matériel de référence certifiés et collecte de duplicatas de terrain. La conception du programme doit inclure des discussions avec un(e) géochimiste qualifié(e) afin de prévoir, superviser et interpréter les levés géochimiques.

Un levé géochimique pouvant générer de grandes quantités d'informations, le ou la géoscientifique doit concevoir des systèmes de gestion de données appropriés pour collecter, stocker et évaluer les résultats de ces levés. Le programme d'exploration doit également inclure la préparation et le

maintien de toutes les métadonnées en relation avec les échantillons de terrain, ainsi que des copies de tous les certificats analytiques. Ces registres doivent inclure une documentation relative au type d'équipement et à la méthodologie, à la méthode et la fréquence de calibration, aux normes utilisées ainsi qu'aux dates d'analyses.

Une discussion détaillée prenant en compte, entre autres, les procédures sur le terrain, des protocoles de préparation des échantillons, des méthodes d'analyses des échantillons, des protocoles d'AQ/CQ, ainsi que des procédures de gestion des bases de données pour des levés géochimiques à l'échelle de la propriété pour chaque type de gisement sort du cadre de ces lignes directrices sur l'exploration. Des exemples de méthodes de levés géochimiques utilisées pour des types de gisements spécifiques au Canada ont été présentés dans la publication Franklin et al. (1991).

2.6. Programmes de forage

2.6.1. Planification des trous de forage

La méthode de forage doit être adaptée aux lithologies et substances minérales recherchées, aux objectifs du programme et aux conditions locales de forage. Le diamètre spécifique du trou de forage doit permettre la collecte d'échantillons représentatifs à des fins de description géologique, de caractérisation géotechnique, d'analyse et de documentation stockée. L'emplacement en surface des trous de forage doit être déterminé à l'aide de méthodes affichant des niveaux de précision adaptés à l'étape de développement de la propriété. Les grilles de coordonnées mesurées par chaînage ou par des systèmes portatifs de positionnement GPS pourraient être suffisantes pour des projets à l'étape d'exploration. À l'étape suivant la découverte et de délimitation du gîte ou du gisement, l'emplacement du collet de forage doit être déterminé à l'aide de méthodes de levés plus précises.

On préconise au ou à la géoscientifique et/ou aux géologues sous leur supervision de préparer une section transversale des trous de forage montrant au minimum l'emplacement prévu de la cible pour chaque trou foré. Les sections (coupes) transversales doivent être mises à jour régulièrement à mesure qu'avance le programme de forage.

Les mesures de déviation des trous de forage doivent être récoltées avec des levés de fond de trou à des intervalles réguliers, à l'aide de techniques et d'une instrumentation adaptées à la dimension, angle et longueur du trou, ainsi qu'à la nature magnétique des roches hôtes. À l'étape suivant la découverte, une étude d'orientation qui compare la précision de la déviation des trous de forage en fonction de l'espacement entre les mesures de déviation peut être utile pour déterminer l'espacement optimal entre les mesures de déviation en fond de trou.

2.6.2. Échantillons de forage conservés

Le programme doit conserver et archiver une fraction représentative des échantillons de trous de forage pour référence ultérieure. Dans des propriétés à l'étape de l'exploration, la conservation d'échantillons de trous de forage et de matériel inutilisé restant et issu du programme d'analyse est généralement inclus dans la routine d'un programme de forage. À chaque fois qu'il ou elle omet de conserver les échantillons, le ou la géoscientifique doit consigner la raison pour laquelle il ou elle ne les a pas conservés. Lorsqu'il ou elle envisage les exigences de stockage à long terme de cet échantillon, le ou la géoscientifique doit bien comprendre ses responsabilités envers cet échantillon, lesquelles varieront en fonction des provinces ; le statut minier local peut rendre obligatoire la préservation, l'élimination ou la destruction des carottes ou des déblais de forage. Dans les provinces qui ne réglementent pas la

conservation et le stockage de ces échantillons, le ou la géoscientifique doit envisager toute utilisation future de l'échantillon.

Dans le cadre des programmes de forage pour des propriétés à l'étape de la découverte, le ou la géoscientifique doit envisager les futures exigences en termes d'essais et d'études métallurgiques, géotechniques et environnementaux lors de la mise en œuvre de procédures de conservation et de stockage d'échantillons de trous de forage et des fractions d'échantillons restant. L'utilisation d'étiquettes métalliques est recommandée pour l'identification du trou de forage, de la boîte de carottes et de l'intervalle contenu. Une étiquette doit être attachée par un moyen résistant aux intempéries à l'extérieur de chaque boîte de carottes et à un emplacement cohérent à l'intérieur de cette dernière. Il s'avère souvent que les choix adéquats pris à cette étape puissent engendrer d'importantes économies en termes de temps et d'argent, et se révéler extrêmement bénéfiques à long terme.

À des fins de formation et pour référence, le projet doit conserver une série d'échantillons de carottes de forage ou d'échantillons en éclat qui présentent les caractéristiques représentatives des roches hôtes, des signatures de l'altération et des styles de minéralisation pertinents à la propriété. Cette collection aidera à garantir que les informations relatives aux descriptions de sondage sont collectées de manière cohérente par tous les membres de l'équipe d'exploration.

2.6.3. Procédures de description de sondage

La description de carottes de sondage ou de déblais de forage doit être effectuée par un personnel qualifié et compétent possédant une formation adéquate et une expérience suffisante. Les journaux de sondages nécessitent une description des lithologies, des types et des intensités d'altération, des types et des intensités de minéralisation, du type, de la quantité et de la distribution de minéraux ou matériaux ayant un potentiel économique, des types et des intensités de structures, des données hyperspectrales ainsi que des informations géotechniques. Dans le cadre du processus de description de sondage, il faudra aussi prendre des photographies de la carotte avant son échantillonnage et les stocker pour référence ultérieure.

Les angles d'intersection de structures géologiques données, mesurées en fonction de l'axe de la carotte de forage ou perpendiculairement à celle-ci, sont également consignés dans le cadre du programme de description de sondage. Pour les gîtes et gisements qui sont à contrôles structuraux, les carottes orientées offrent une meilleure description spatiale des structures et améliorent les valeurs prédictives de modèles basés sur des mesures structurales.

2.6.4. Intervalles d'échantillons

Les journaux de sondage doivent consigner les emplacements et les longueurs des échantillons prélevés pour analyse. Dans le cas du carottage, l'emplacement des échantillons prélevés doivent être marqués dans les boîtes de carottes par le ou la géoscientifique qui effectue la description de sondage. Les longueurs des intervalles de carottes de forage prélevées pour analyse peuvent varier afin d'échantillonner une caractéristique géologique spécifique, telle qu'une veine ou un intervalle altéré, ou peuvent avoir une longueur constante. L'emplacement et la longueur des échantillons géologiques pour du forage à circulation inverse et d'autres trous de forage de type rotatif sont généralement à une longueur constante. La sélection d'intervalles d'échantillons respectant les contacts géologiques ont l'avantage d'offrir une estimation du potentiel économique de matériaux ou de métaux dans une caractéristique géologique spécifique qui est intersectée. Si l'on utilise des échantillons à longueur constante, la longueur de l'échantillon doit être choisie de manière à égaler la nature anticipée de la minéralisation cible recherchée. Dans

le cas de propriétés à l'étape de la découverte et de la délimitation du gisement, le ou la géoscientifique doit envisager les répercussions de la stratégie de collecte des échantillons et des longueurs d'échantillons, car ces informations constitueront un élément critique et fondamental dans la préparation des estimations des ressources minérales.

Pour les propriétés à l'étape de la découverte et de la délimitation, le ou la géoscientifique doit concevoir les protocoles de sélection des échantillons de manière à s'assurer que l'intervalle minéralisé anticipé soit échantillonné par une série continue et complète d'échantillons, ainsi que de prévoir un nombre suffisant d'échantillons de matériel non minéralisé de part et d'autre des intervalles minéralisés. De manière générale, les échantillons individuels ne doivent pas empiéter sur les différentes lithologies ou englober des sections ayant des styles ou des concentrations de minéralisation considérablement différents.

2.6.5. Mesures de la densité apparente

Pour les propriétés à l'étape de la découverte ou de la délimitation, la collecte d'informations sur la masse volumique ou densité apparente au début du programme d'exploration pour le matériel minéralisé, mais aussi pour le matériel non minéralisé adjacent, permettra de gagner beaucoup de temps. Les mesures de densité apparente doivent être complétées sur des échantillons représentatifs distribués à des intervalles appropriés, réalisées à l'aide d'une méthode adaptée aux échantillons et consignées. Le choix des méthodes permettant de déterminer la densité apparente d'un gisement particulier est de la responsabilité du ou de la géoscientifique et dépendra des caractéristiques physiques de la minéralisation et du support d'échantillonnage disponible. Il convient de mettre en œuvre des procédures d'AQ/CQ adaptées pour surveiller et corriger les lectures anormales et maintenir un ensemble de données de haute qualité. Lipton and Horton (2014) présentent d'autres conseils sur la collecte et la préparation des échantillons, ainsi que sur la mesure de la densité apparente.

2.6.6. Journaux de sondage

Le format du journal de sondage, qu'il soit en version imprimée ou électronique, et le niveau de détail du journal doivent être adaptés au type de forage, aux conditions géologiques du site ainsi qu'à la nature de la minéralisation. Les journaux de sondage doivent être suffisamment détaillés pour :

- le type de forage mené ;
- l'objectif ou la cible d'un trou de forage particulier ;
- le milieu géologique ;
- le type de minéralisation ;
- et les conditions géotechniques.

Les carottes ou les prélèvements d'échantillons doivent être consignés dans les journaux de sondage. Toutes les informations recueillies dans les descriptions de trous de forage doivent contenir une légende géologique standard qui correspond aux informations géologiques propres à la propriété. Toute information géophysique par sonde en forage ou autres données relatives au trou de forage doivent également être conservées dans le journal de forage.

Le choix d'un logiciel de journal de sondage et de description géologique doit garantir que toutes les informations pertinentes relatives à l'exploration sont capturées de manière cohérente, fonctionnelle et sûre, et adaptées à une utilisation dans les étapes ultérieures de l'évaluation de la propriété. Les résultats de programmes de forage peuvent être enregistrés et stockés sous un format physique ou dans un tableur électronique pour des propriétés en phase préliminaire

d'exploration.

Pour les propriétés à l'étape de la découverte ou de la délimitation, il est préférable de stocker les données des trous de forage dans une base de données relationnelle qui offre un contrôle et une sécurité adaptés plutôt que dans des tableurs électroniques. On ne peut pas protéger les tableurs électroniques aussi bien que les bases de données, aussi ils sont plus enclins aux erreurs pendant la manipulation des données. Étant donné le coût du travail sur le terrain, du forage et de l'analyse en laboratoire, le coût lié au stockage approprié des données est justifié pour assurer l'intégrité et l'utilisation efficace des données du projet. Le ou la géoscientifique doit créer un protocole de gestion des bases de données qui inclut un programme de vérification des données pour confirmer que des informations précises et dépourvues d'erreurs sont saisies dans la base de données dédiée aux trous de forage. Les procédures et les paramètres utilisés pour préparer et exécuter les programmes de forage doivent être consignés dans un ensemble de procédures d'exploitation standards pour s'assurer que les programmes sont exécutés et que les informations sont collectées systématiquement. Pour toutes les collectes de données, il faut disposer d'une documentation liée au type d'équipement et à la méthodologie, à l'emplacement, aux dates et au personnel impliqué dans le programme.

2.6.7. Sections de forage

Le personnel du projet doit élaborer des sections transversales, des vues en plan et des projections longitudinales dans un format physique ou numérique, qui décrit la géologie de base, les données de forage ainsi que leur corrélation avec la géologie de surface et des forages à proximité. Il convient de le mettre à jour à mesure que les forages sont complétés. À la fin de chaque phase de forage, il convient de préparer une archive, qui consiste en une copie de la base de données finalisée des trous de forage accompagnée d'un ensemble complet de sections et de vues en plan, sur papier ou sous format numérique, puis de la conserver pour référence ultérieure.

2.7. Préparation, analyse, sécurité et AQ/CQ des échantillons

Tous les programmes d'échantillonnage doivent être menés avec soin et diligence à l'aide de pratiques d'échantillonnage scientifiquement éprouvées, conçues et testées de manière à s'assurer que les résultats sont représentatifs et fiables. Un ou une géoscientifique doit superviser la collecte d'échantillons et s'assurer qu'une chaîne de contrôle des échantillons est créée et consignée.

Le ou la géoscientifique supervisant la préparation des échantillons pour analyse doit assurer que tout travail effectué par les employés, les entrepreneurs ou les consultants est mené par un personnel formé et compétent, et que les programmes d'AQ/CQ ainsi que les procédures de sécurité soient suivis d'un travail d'analyse des résultats. Lorsque plusieurs personnes effectuent des tâches similaires ou lorsque les données ont été collectées sur une longue période, le ou la géoscientifique doit utiliser un système de vérifications et de contrôles qui assure la qualité et la cohérence des données produites.

2.7.1. Préparation des échantillons

Les procédures de préparation d'échantillons utilisés dans chacun des programmes d'exploration minérale doivent être adaptées aux objectifs du programme. Lorsque le volume des échantillons individuels de terrain est réduit avant l'expédition vers un laboratoire pour une analyse, des procédures de séparation non biaisées visant à obtenir des sous-échantillons représentatifs doivent être testées, vérifiées puis appliquées.

Les procédures de préparation d'échantillons doivent être adaptées au matériel testé et aux éléments analysés. Des fractions représentatives de l'échantillon et suffisamment importantes pour être analysées ou testées doivent être conservées pour une certaine période de temps. La période sera déterminée par le ou la géoscientifique, la politique de la société ou les exigences réglementaires.

2.7.2. Analyse des échantillons

Les analyses et les tests effectués sur des échantillons doivent être menés par un laboratoire réputé et de préférence certifié ISO, possédant les qualifications nécessaires pour l'élément ou le matériel spécifique à analyser ou à tester. Le ou la géoscientifique est responsable de la sélection du laboratoire, du centre d'essai métallurgique ou de traitement des minéraux ainsi que des méthodes analytiques utilisées. Tous les résultats des analyses et des essais doivent être étayés par des certificats ou des rapports publiés par le laboratoire ou le centre d'essai et doivent être accompagnés d'une déclaration des méthodes utilisées.

Les méthodes sélectionnées pour l'analyse et la digestion des échantillons doivent être justifiées et adéquatement consignées. Si ces procédures ne sont pas standards pour les minéraux prospectifs sur la propriété, il convient de le préciser, en incluant une discussion quant aux raisons de cette utilisation et une preuve de leur efficacité.

De nouvelles méthodes et techniques de détermination de la qualité, de la concentration ou de la quantité de la minéralisation ou des matériaux présentant un intérêt sont perpétuellement développées. Le ou la géoscientifique doit être ouvert(e) à l'application de nouvelles techniques, mais doit être conscient(e) que ces approches entraînent des responsabilités supplémentaires. Le ou la géoscientifique s'appuyant sur les résultats analytiques obtenus à partir d'une nouvelle technique analytique doit être capable de démontrer la pertinence de la technique pour la tâche concernée et la fiabilité des informations.

L'utilisation d'analyseurs à fluorescence des rayons X (XRF, de l'anglais *X-ray fluorescence*) portables pour déterminer les concentrations élémentaires dans un échantillon est un exemple d'une nouvelle méthode qui trouve une application dans l'industrie de l'exploration (Waldie and McCartney, 2010). Les analyseurs XRF portables peuvent être utilisés pour évaluer rapidement la concentration de certains éléments dans les roches, les sols, les déblais de forage et les carottes. Ces unités portables permettent de transmettre rapidement les informations aux géologues de terrain, de les aider dans la reconnaissance de types nouveaux ou inattendus de minéralisation, et de prendre des décisions sur place pour étendre ou intercaler des trous de forage sur une propriété en phase d'exploration. Occasionnellement, les analyseurs XRF portables peuvent fournir des informations et faits matériels potentiellement importants sur la minéralisation d'une propriété. Cependant, le ou la géoscientifique doit clairement comprendre les avantages et les inconvénients de cette méthode, les conditions et procédures correctes d'utilisation de la méthode dans les programmes d'exploration minérale, et il ou elle doit transmettre ces informations avec les résultats analytiques aux utilisateurs des données. Un examen de la fiabilité et de la validité des données des analyseurs XRF portables a été présenté par Gazley and Fisher (2014).

Plus important encore, le ou la géoscientifique doit comprendre ses responsabilités dans la collecte et la diffusion des informations recueillies par toute nouvelle méthode analytique. De manière générale, au cas où des conseils spécifiques ne sont pas donnés sur le sujet, le ou la géoscientifique doit s'en remettre à des principes scientifiques et de conduite éprouvés tels que

l'intégrité des connaissances, l'objectivité et la transparence.

2.7.3. Sécurité des échantillons

La sécurité des échantillons, depuis leur collecte jusqu'à leur analyse, est essentielle au processus d'échantillonnage et d'analyse. Les procédures doivent inclure l'utilisation de sites sécurisés pour la description de sondage, l'échantillonnage, le stockage et la préparation des échantillons, ainsi que l'expédition rapide, sûre et directe des échantillons aux laboratoires. Le ou la géoscientifique doit mettre en œuvre des procédures de sécurité pratiques et fiables en fonction du type de gîte ou de gisement, du style de la minéralisation et des exigences logistiques du site du projet.

2.7.4. Assurance et contrôle de la qualité analytique

Durant le processus d'exploration minérale, le ou la géoscientifique doit s'assurer qu'un programme d'assurance de la qualité (AQ) est instauré, et que les mesures requises de contrôle de la qualité (CQ) sont mises en œuvre pour confirmer et consigner l'exactitude et la précision des résultats reçus d'un centre d'analyse. Les programmes d'AQ doivent être systématiques, s'appliquer à chaque campagne de forage/d'échantillonnage, et à tout type de données analytiques, dans toute la gamme de valeurs mesurées et pas seulement pour des résultats élevés ou inhabituels. Des discussions concernant les pratiques et procédures d'AQ/CQ ont été présentées dans les publications Long (1998), Abzalov (2011) et Roden and Smith (2014). Les vérifications des méthodes et des procédures utilisées par le principal laboratoire d'analyses doivent être menées de manière périodique.

Les programmes d'AQ/CQ doivent être planifiés et mis en œuvre en tant que partie intégrale d'un programme d'exploration et être adaptés au type d'échantillons et de minéralisation. Ces programmes doivent inclure l'envoi d'échantillons blancs externes, de matériel de référence certifiés et de doublons d'échantillons, ainsi que des prélèvements réguliers d'échantillons de contrôle par un laboratoire analytique tiers. Il faut inclure des échantillons témoins et des échantillons de matériel de référence dans la série d'échantillons suffisamment souvent pour garantir la confiance statistique envers les résultats.

La divulgation complète des résultats de l'AQ/CQ des programmes d'exploration en phase préliminaire, de découverte ou de délimitation est recommandée.

Concernant les résultats analytiques, un programme de vérification des données doit aussi être mis en place afin de confirmer l'exactitude des données saisies dans la base de données des analyses. Une gestion appropriée de la base de données et des protocoles de sauvegarde doit être mise en œuvre pour assurer que sont maintenues la qualité, l'intégrité et la sécurité de la base de données.

Les données d'analyses et de CQ peuvent être stockées dans une base de données relationnelle qui offre un contrôle et une sécurité correspondant à une pratique exemplaire ; néanmoins, ces données peuvent également être stockées dans un format de tableur électronique.

La PDAC (Prospectors and Developers Association of Canada) a proposé en 2017 des conseils de normalisation concernant les formats de données numériques. Vous trouverez des exemples supplémentaires de normalisation des formats de données numériques dans les lignes directrices du GGIC de 2017 (Australian Government Geoscience Information Committee).

2.8. Communication des résultats des programmes d'exploration minérale

Les résultats d'un programme d'exploration minérale doivent être présentés de manière professionnelle dans un rapport détaillé. Ces rapports doivent être préparés après l'achèvement de chaque phase ou étape des travaux.

L'interprétation et l'évaluation des résultats à la fin de chaque phase de travail doivent déterminer si les objectifs du programme ont été atteints ou si des travaux supplémentaires se justifient. Tout projet de travaux supplémentaires doit identifier les cibles d'exploration, recommander un programme d'exploration et présenter un budget ainsi qu'un calendrier. Tout changement apporté aux hypothèses et objectifs de travail doit être consigné.

Au Canada, on compte généralement deux types de communications publiques, à savoir :

- 1) la « divulgation », telle que définie par le Règlement 43-101 (norme canadienne 43-101), qui concerne la communication d'informations techniques au public et aux acteurs sur le marché à des fins de lois sur les valeurs mobilières dans laquelle doit être impliquée une personne qualifiée (PQ). Les règles de divulgation n'englobent pas la présentation de rapports destinés au public déposés auprès du gouvernement ou d'une agence concernant les obligations en vertu des lois et des réglementations autres que les lois sur les valeurs mobilières.
- 2) la communication d'informations relatives à l'exploration pour les agences gouvernementales visant à soutenir des obligations en vertu de lois et réglementations (autres que les lois sur les valeurs mobilières), notamment des rapports de travaux statutaires à disposition du public requis par la loi provinciale sur les mines ou des rapports environnementaux requis par les processus d'attribution des permis provinciaux ou fédéraux. Dans ces cas précis, des professionnels qui ne sont pas des personnes qualifiées ou même considérés comme non professionnels dans certaines provinces (par exemple les prospecteurs) seront responsables de cette communication. Pour les détenteurs de titres miniers situés sur le territoire du Canada, le ou la géoscientifique doit bien comprendre les exigences prescrites en matière de communication prescrites par les lois sur les mines de chaque province et territoire.

Dans les cas où les résultats des programmes d'exploration sont préparés pour une utilisation interne par la société, les rapports doivent contenir, au minimum, des informations sur les points suivants :

- description et emplacement de la propriété ;
- accessibilité, climat, ressources locales, infrastructure et géographie physique ;
- description des travaux et résultats d'exploration antérieurs ;
- contexte géologique et minéralisation ;
- types de gîtes minéraux ;
- travaux d'exploration minérale ;
- résultats de forage ;
- préparation, analyses, sécurité et l'assurance/contrôle qualité des échantillons ;
- vérification des données ;
- études environnementales, permis et les conséquences sociales ou sur la collectivité ;
- interprétation des résultats ;
- conclusions et recommandations.

3. Remerciements

Les membres du sous-comité Reno Pressacco, Hendrik Falck et David Eden tiennent à remercier de nombreuses personnes et organisations pour leurs contributions, leur soutien et leur aide à la préparation de la nouvelle version des lignes directrices sur l'exploration.

4. Références

- Abzalov, M., 2011. *Sampling Errors and Control of Assay Data Quality in Exploration and Mining Geology*, dans «Applications and Experiences of Quality Control», professeur Ognyan Ivanov (Ed.).
- Australian Government Geoscience Information Committee*, 2017. «Australian Requirements for the Submission of Digital Exploration Data Version 4.4. Commonwealth, State and Territory Governments of Australia». Disponible sur http://www.australiaminerals.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/47092/National_Guidelines_Version_4.4_January_17.pdf, 44 p.
- Coyle, M., Dumont, R., Keating, P., Kiss, F., and Miles, W., 2014. «Geological Survey of Canada Aeromagnetic Surveys: Design, Quality Assurance, and Data Dissemination». Commission géologique du Canada, dossier public 7660, 2014, 48 p.
- Franklin, J.M., Duke, J.M., Shilts, W.W., Coker, W.B., Friske, P.W.B., Maurice, Y.T., Ballantyne, S.B., Dunn, C. E., Hall, G.E.M., and Garrett, R.G., 1991. «Exploration Geochemistry Workshop». Commission géologique du Canada, dossier public 2390, 1991, 440 p.
- Ford, K., Keating, P., and Thomas, M.D., 2007. *Overview of Geophysical Signatures Associated with Canadian Ore Deposits*, dans Goodfellow, W.D., ed., «Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods, Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division», publication spéciale n° 5, pp. 939-970.
- Gazley, M.F., and Fisher, L.A., 2014. *A Review of the Reliability and Validity of Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry (pXRF) Data*, dans «Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, The AusIMM Guide to Good Practice», deuxième édition, monographie 30, pp. 69-82.
- Lipton, I.T., and Horton, J.A., 2014. *Measurement of Bulk Density for Resource Estimation – Methods, Guidelines and Quality Control*, dans «Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, The AusIMM Guide to Good Practice», deuxième édition, monographie 30, pp. 97-108.
- Long, S.D., 1998. *Practical Quality Control Procedures in Mineral Inventory Estimation*, dans «Exploration Mining Geology», vol. 7, n° 1 et 2, pp. 117-127.
- Règlement 43-101 sur l'information concernant les projets miniers – 24 juin 2014.
- Prospectors and Developers Association of Canada*, 2014, e3 Plus – *Responsible Exploration*. Document non publié disponible sur le site Internet de la PDAC : <http://www.pdac.ca/priorities/responsible-exploration/e3-plus>.
- Prospectors and Developers Association of Canada*, 2017. *Exploration Assessment Data Digital Formats Proposal, Version 1.0*. Document non publié disponible sur le site Internet de la PDAC : http://www.pdac.ca/docs/default-source/priorities/geosciences/pdac-2017_exploration-assessment-data-digital-formats-proposal-final-web.pdf?sfvrsn=a048bc98_0.
- Roden, S., and Smith, T., 2014. *Sampling and Analysis Protocols and Their Role in Mineral Exploration and New Resource Development*, dans «Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, The AusIMM Guide to Good Practice», deuxième édition, monographie 30, pp. 53-60.

Waldie, C., and McCartney, I., 2010. *Exercising caution in the public reporting of data from handheld XRF analyzers*. Bulletin de l'ICM, vol. 5, n° 1.