

## Résumés des projets du Cycle C.F.S.G. 2010 / 2011

### **ANTON PERDANA** *INDONESIE*

#### RECONCILIATION DES TENEURS ESTIMEES EN CUIVRE ET EN OR DANS LA MINE DE GRASBERG EXPLOITEE A CIEL OUVERT.

Le gisement d'or et de cuivre de Grasberg, de type porphyry-copper, se situe en Indonésie (province de Papouasie, nouvelle Guinée). La géologie présente un dyke presque vertical (KALI), aux teneurs faibles, qui s'ouvre vers le sud-est. Autour du dyke, un complexe de roches éruptives (Grasberg Igneous Complex), aux teneurs plus fortes, s'organise en forme de fer-à-cheval.

Dans ce projet, nous disposons des teneurs mesurées le long de 2600 sondages et dans près de 370,000 trous de tirs, sur des supports de localisation, de taille et de précision différentes. Les deux variables présentent des structures spatiales semblables. Elles font apparaître une anisotropie dont les paramètres varient lorsqu'on subdivise le gisement en quatre quadrants. Cette analyse structurale fine effectuée sur les données de sondages, combinée avec un voisinage adapté conduit à une estimation très réaliste. En particulier, elle fournit une estimation des ressources en place plus conforme aux teneurs effectivement constatées dans les polygones de production.

Dans la seconde partie de ce projet, un modèle a été imaginé pour décrire la structure spatiale conjointe des informations collectées le long des sondages et dans les trous de tirs. Ce modèle devrait permettre de réaliser une estimation par cokrigeage en utilisant de manière optimale les différentes informations.

### **ARANIBAR MARTINEZ Lizbeth** *PEROU*

#### ANALYSE GÉOSTATISTIQUE D'UN GISEMENT POLYMETALLIQUE (DEPARTEMENT DE JUNIN, PEROU)

Le gisement étudié se trouve à proximité d'autres gisements en exploitation. Les minéralisations d'intérêt économique se trouvent dans des roches carbonatées et des formations intrusives. Elles ont été reconnues par des sondages inclinés. Une étude exploratoire détaillée montre que ces formations présentent des teneurs comparables et des corrélations similaires, ce qui suggère de ne pas subdiviser la zone d'étude. Seules trois substances présentent des teneurs significatives et sont étudiées : l'argent, le plomb et le zinc (les autres ont généralement des teneurs inférieures au seuil de détection).

Les histogrammes présentant une longue queue de distribution, l'étude qualitative de la structure spatiale (directions des axes d'anisotropie notamment) est faite sur les logarithmes des données, dont la distribution se rapproche d'une gaussienne. La direction de plus grande variabilité coïncide avec la direction du pendage des failles traversant la zone d'étude.

Les variogrammes des données en échelle naturelle sont modélisés par rapport à ces directions d'anisotropie. Un modèle numérique du gisement est alors obtenu par krigeage. Un certain nombre de pistes sont proposées pour la poursuite de l'étude.

### **ERTUNÇ Güneş** *TURQUIE*

#### COMPARAISON DE TROIS METHODES POUR L'ESTIMATION GLOBALE DE RESERVES : KRIGEAGE ORDINAIRE, KRIGEAGE CONTRAINT A LA CORRESPONDANCE DE LA COVARIANCE ET SIMULATIONS CONDITIONNELLES

Le but de cette étude est de comparer le krigeage de blocs, le krigeage contraint à la correspondance de la covariance et les simulations conditionnelles pour l'estimation des ressources récupérables. Les trois méthodes sont décrites puis appliquées à un cas d'étude. Les variables étudiées sont la qualité de la lignite (valeur calorifique) et l'épaisseur de la couche de lignite. Le gisement en question se situe en Anatolie centrale, en Turquie. 170 forages qui intersectent la couche de lignite sont disponibles pour l'estimation. 180 panneaux de taille 200m par 200m sont estimés. Des estimateurs des réserves globales, leurs variances ainsi que les courbes de qualité-tonnage, qui

décrivent la qualité moyenne et le tonnage récupérables à différents niveaux de coupures sur l'ensemble du gisement, sont construits pour chacune des trois méthodes. Les résultats sont analysés et discutés.

**MACHADO MARQUES Diego**  
*BRESIL*

**SIMULATION PAR LA METHODE DES PLURIGAUSSIENNES DE LA GEOMETRIE D'UN GISEMENT DE LATERITES NICKELIFERES.**

L'industrie minière utilise souvent les simulations pour prévoir les fluctuations des teneurs. Mais dans certains cas ces simulations sont insuffisantes pour une étude de risque, la récupération du minerai pouvant être guidée par des facteurs autres que les teneurs.

Les profils d'altération des latérites sont très complexes. Le jeu de données utilisé dans cette étude est divisé en cinq zones d'altération, dont la séquence théorique est localement modifiée par la présence de lentilles de différents matériaux piégés dans les domaines géologiques majeurs.

Plutôt qu'utiliser des modèles déterministes de la géométrie du gisement, cette étude utilise la méthode des Plurigaussiennes pour générer un ensemble de scénarios équiprobables de la géométrie. Ceux-ci pourront être ensuite utilisés pour déterminer l'incertitude sur plusieurs modèles de production (étude de risque non effectuée ici).

**MÜLLER Edgar Mario**  
*BRESIL*

**SIMULATION DE ZONES MINERALISEES PAR LA METHODE DES PLURIGAUSSIENNES DANS UN GISEMENT DE CUIVRE**

Le but de cette étude est d'évaluer l'apport des simulations de zones minéralisées non stratifiées d'un gisement de cuivre par la méthode des plurigaussiennes originellement dédiée aux dépôts sédimentaires.

La première étape a consisté à analyser les différentes campagnes de reconnaissance du gisement de façon à choisir un jeu de données homogènes afin de ne pas mélanger des informations de qualité et de représentativité différentes.

A partir des forages retenus, trois ensembles ont été définis à partir des teneurs en cuivre : teneurs élevées (brèches), teneurs faibles (disséminés) et teneurs quasi nulles (stériles).

Deux scénarios ont été évalués : cadre mono-gaussien et pluri-gaussien. Les simulations ont ensuite été comparées à la représentation du gisement réalisée de façon traditionnelle, méthode basée à la fois sur une interprétation de la géologie et des critères liés à l'exploitation.

Les résultats sont prometteurs, il reste à les confronter à l'exploitation.

**RODRIGUEZ SERNA Richard**  
*PEROU*

**ESTIMATION DES ELEMENTS CONTAMINANTS (ARSENIC, BISMUTH) DANS LE SKARN A CUIVRE-ZINC D'ANTAMINA (PEROU)**

Le skarn à Cuivre-Zinc d'Antamina comporte des endoskarn et exoskarn bien définis, hôtes des éléments économiques de la mine. Ces domaines définis par les minéraux d'altération sont utilisés pour l'estimation du Cuivre et du Zinc.

Parallèlement, la production des métaux est affectée par la présence de contaminants tels que l'Arsenic et le Bismuth. Cette étude propose d'estimer les teneurs en éléments contaminants dans une partie de la mine d'Antamina. Les domaines minéralogiques utilisés pour l'estimation du Cuivre et du Zinc sont utilisés dans l'espoir d'aider à l'estimation de l'Arsenic et du Bismuth. Malheureusement, alors qu'on sait que ces éléments varient en sens inverse, aucune corrélation, même négative, n'est trouvée entre eux, qu'on utilise ou non les domaines minéralogiques. Un effet proportionnel très visible est pris en compte pour l'estimation. Dans certains domaines, une subdivision géographique apparaît, qui laisse penser que les domaines utilisés ne sont pas adaptés à l'estimation des contaminants. Des études géologiques complémentaires sont recommandées avant d'effectuer une nouvelle estimation des contaminants. Enfin, il est souhaitable de disposer pour cette nouvelle estimation des teneurs en Cuivre et Zinc qui n'avaient pas été fournies pour cette étude.

**SAEZ RIVERA Fernando**  
*PEROU*

COMPARAISON ENTRE PLUSIEURS METHODES GEOSTATISTIQUES (KRIGEAGE ORDINAIRE, KRIGEAGE D'INDICATRICES, COKRIGEAGE, SIMULATIONS) POUR L'ESTIMATION DE LA TENEUR EN OR ET EN OR RECUPERABLE. GISEMENT EL TAPADO, PEROU.

El Tapado est un gisement d'or épithermal de haute sulfuration. La présente étude compare plusieurs méthodes d'estimation de la teneur en or: krigeage ordinaire avec plusieurs modèles de variogramme et krigeage d'indicatrices, également conduit de deux manières différentes.

La teneur en or récupérable par cyanuration est ensuite estimée, tout d'abord par cokrigeage, la teneur en or étant la variable auxiliaire, puis par simulations.

Ces diverses estimations seront ensuite utilisées par l'entreprise dans un but de réconciliation, ce qui permettra de trancher et de choisir la méthode d'estimation la plus judicieuse.

**UFI MA'RUFianty**  
*INDONESIE*

ETUDE GEOSTATISTIQUE DU PROJET DE NICKEL LATERITIQUE DE KAO RAHAI

L'étude, réalisée dans une partie du gisement de nickel latéritique, a pour but l'estimation du volume et de la teneur de la zone d'enrichissement. Elle s'appuie sur une estimation géostatistique 2D de la surface de base de cette zone, ainsi que sur une estimation 3D de la teneur en nickel. Les données proviennent de sondages carottés, à maille 50m, et échantillonnés tous les mètres. La surface de base montre un comportement non-stationnaire à grande distance, mais stationnaire à petite distance, au moins jusqu'à 450m. L'indication de deux modèles possibles a conduit à réaliser à la fois un krigeage ordinaire et un krigeage universel de cette surface 2D. Un krigeage ordinaire a été utilisé pour les teneurs 3D.

**VAN ZYL Johan**  
*AFRIQUE DU SUD*

ETUDE DE PARAMETRES POUR LA MISE EN ŒUVRE DU CONDITIONNEMENT UNIFORME

L'estimation des ressources récupérables à un support inférieur à la maille d'échantillonnage peut se faire par différentes techniques, telles que le krigeage d'indicatrices, le krigeage disjonctif et le conditionnement uniforme.

Le présent travail a porté sur le conditionnement uniforme, plus spécialement sur l'impact produit par la qualité de l'estimateur des teneurs de panneaux sur les résultats du conditionnement uniforme.

Il arrive fréquemment dans l'industrie minière que l'échantillonnage soit irrégulier. On procède dans ce cas à de multiples estimations de panneaux à partir de voisinages de krigeage différents. Les variances de krigeage peuvent être assez différentes. Il importe alors d'en voir les répercussions sur le conditionnement uniforme.

Ceci a été étudié par simulation. A partir d'une simulation, un jeu de données est créé pour kriger des panneaux puis effectuer un conditionnement uniforme. Les résultats sont comparés aux valeurs fournies par la simulation.

Dans l'exercice qui a été effectué, il s'avère que les résultats du conditionnement uniforme sont relativement peu affectés par la variance de krigeage des panneaux.

**WESLY RANDA**  
*INDONESIE*

COMPARAISON DE DIFFERENTES METHODES GEOSTATISTIQUE POUR L'ESTIMATION PONCTUELLE DU SULPHATE SULPHURE

L'objectif de l'étude est de cartographier la teneur en sulphate sulphure dans le gisement d'or de Ramba joring. En effet, le sulphate sulphure est une substance qui limite la récupérabilité de l'or et la connaissance de sa répartition spatiale est essentielle pour orienter l'exploitation.

Pour effectuer cette prédiction, plusieurs outils de la géostatistique sont comparés dans cette étude. Les modèles sont estimés sur un échantillon de calibration (80% des données) et cet échantillon est ensuite utilisé pour prédire le sulfate sulfuré aux sites des échantillons de validation. Les méthodes utilisées sont le krigeage simple, le cokrigeage et la prédiction par simulations conditionnelles. Ces méthodes sont comparées sur leur capacité à prédire la vraie valeur et la capacité à prédire l'erreur de prédiction.