|  |  |
| --- | --- |
| **Nom** | **Matricule** |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Objectifs:**

* Comprendre le concept de teneur de coupure optimale développé par Taylor et Lane afin de calculer des teneurs de coupure selon différentes conditions d'opération.
* Comprendre l’effet sur la t.c. de modifications aux paramètres d’exploitation de la mine.
* Comprendre l’importance d’une estimation précise et sans biais conditionnel pour déterminer correctement la valeur d’une exploitation.

**Étude des teneurs de coupure pour un gisement de cuivre**

Un gisement de cuivre contenant 700Mt de matériau minéralisé est exploité à ciel ouvert et présente les données suivantes:

Capacités annuelles:

minage: 24Mt/an (M)

traitement 12Mt/an (H)

fonderie: 0.22 Mt/an (K)

Coûts:

minage: 1.30$/t (m)

traitement: 3$/t minerai (h)

coût de mise en marché (fonderie et autres): 500$/t Cu (k)

coûts fixes: 20M$/an (f)

prix du cuivre: 1700$/t Cu (p)

taux de récupération au concentrateur: 0.90 (y)

Tous les calculs sont faits en supposant un coût d’opportunité nul (F=0) et un taux d’intérêt nul (i.e. on n’actualise pas les revenus). Les données des forages disponibles ont permis de calculer les variogrammes, de déterminer la variance théorique des teneurs de blocs 10m x 10m x 5m (densité=3t/m3) et d'effectuer le krigeage (i.e. l’estimation) sur ces mêmes blocs (ces notions seront vues ou revues dans la partie géostatistique). La distribution des teneurs estimées par krigeage des blocs est considérée lognormale de moyenne 0.7% et de variance 1%2. Les estimés sont considérés comme étant sans biais conditionnel, ce qui autorise d’utiliser les équations de Taylor et Lane comme si les estimés étaient des vraies teneurs.

1. **(2.5pts)** La figure suivante montre les courbes de profit par tonne minéralisée obtenues selon les différents facteurs limitatifs (mine, traitement (conc) , marché)

**

(%)

1. **(0.5pts)** Utilisant le graphique, indiquez la t.c. d’équilibre (mine-traitement) et indiquez la t.c. optimale.
2. **(0.5pts)** Combien rapporte l’exploitation par tonne minéralisée si on l’exploite à la t.c. optimale?
3. **(0.5pts)** Quel profit dégagera l’exploitation annuellement?
4. **(1pts)** On dispose de X millions de dollars à investir. Décrivez qualitativement ce qui se passe pour la t.c. optimale et le profit par tonne minéralisée, par rapport à la situation actuelle, si :
	1. on augmente la capacité de la mine (M);
	2. on augmente la capacité de traitement(H)

2- **(1.5pts)** Les formules de récupération pour la loi lognormale sont les suivantes :

|  |
| --- |
| **Loi lognormale** |
|   |
|   |

où T(c) est le tonnage au-dessus de la t.c. c pour une loi lognormale de moyenne *m* et d’écart-type logarithmique . Q(c) est le tonnage de métal correspondant. La variance logarithmique  s’obtient de la relation suivante :

****

1. **(0.5pts)** *À la t.c. optimale actuelle, déterminez avec la fonction T(c) la proportion du matériau minéralisé qui est du minerai.*
2. **(0.5pts)** *Aurait-on pu calculer la proportion en a) plus simplement, si oui indiquez comment ?*
3. **(0.5pts)** *Calculez la teneur du minerai.(rappel : g(c) = Q(c)/T(c)).*

|  |
| --- |
|  |

3. **(2.5pts)** Le gouvernement décide de prélever une redevance de 2$/t minerai traité. Les figures suivantes décrivent les résultats obtenus en incluant cette redevance comme un frais variable supplémentaire de traitement.

|  |  |
| --- | --- |
| Tonnage (xc) en fonction de c | Teneur (gc) en fonction de c |
|  |  |
| Lane, sans redevance | Lane, avec redevance |
| (%) | (%) |
|  |  |

a) **(1.5pts)** Décrivez les changements, le cas échéant, pour :

i. teneur de coupure optimale (valeur et type)

ii. teneur du minerai exploité à la t.c. optimale

iii. durée de vie de la mine

b) **(1pts)** Calculer le profit obtenu par la mine et la redevance payée au gouvernement si la mine continue d’exploiter à la t.c. 0.4 au lieu d’adopter la nouvelle t.c. optimale de 0.46 ?

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | teneur de coupure | valeur par tonne minéralisée($) | profit annuel($) | tonnage annuel de minerai extrait(Mt) | redevance payée pour l’année(M$) |
| À l’ancienne t.c. optimale  | 0.4 | 2.82-1=1.82le 1$ soustrait est 2$ x 0.5 t de minerai par tonne de matériau minéralisé |  |  |  |
| À la nouvelle t.c. optimale | 0.46 | 1.84 |  |  |  |

|  |
| --- |
|  |

4-**(2pts)** Le variogramme a permis d’établir que la variance des teneurs réelles des blocs est égale à 1.3%2 (on suppose que la moyenne sera de 0.7% comme pour les estimés et la distribution est lognormale). La différence entre les variances réelles et celle des valeurs krigées (1.3%2 vs 1%2) est due à l’information incomplète causant des erreurs d’estimation. Si l’on augmentait la quantité d’informations disponibles (e.g. par des forages supplémentaires), on pourrait fournir des estimations (par krigeage) plus précises. Corollairement, la variance des valeurs estimées augmenterait.

|  |  |
| --- | --- |
| Avec variance des estimés = 1%2 | Avec variance des estimés =1.2%2 |
|  |  |

|  |
| --- |
| *a)* **(1pts)** *Quel est le profit supplémentaire par tonne minéralisée que procurerait de l’information additionnelle permettant d’augmenter la variance des valeurs krigées de 1%*2 *à 1.2%*2*?* *b)* **(1pts)** *Sur la durée de vie de la mine, 700 Mt de matériau minéralisé seront développées. Combien est-on prêt à investir pour acquérir cette information supplémentaire?* |
|  |

5- **(3.5pts)** Toujours dans le contexte de la question 1. Un consultant estime chaque bloc par le seul forage central. Il obtient des estimations présentant une variance de 1.8%2 (moyenne=0.7% et distribution lognormale).

|  |  |
| --- | --- |
| Avec variance de 1%2 (question 1) | Avec variance de 1.8%2 |
|  |  |

*a)* **(0.5pts)** *Quelle est la teneur de coupure optimale et la valeur par tonne minéralisée* ***prévue*** *par la théorie de Lane et Taylor si l’on utilise ces estimés pour la sélection des blocs?*

Un échantillonnage intensif d’un certain nombre de blocs a permis d’établir l’équation de régression suivante entre les estimations fournies par le consultant et les vraies teneurs des blocs :

 où Zv est la teneur vraie et Zv\* est la teneur estimée par le consultant.

*b*) **(1pts)** *Basé sur la régression l’estimateur utilisé par le consultant présente-t-il un biais conditionnel? Justifiez.*

*c)* **(0.5pts)** *Quel élément de l’énoncé permettait de suspecter dès le départ que cet estimateur était conditionnellement biaisé ?*

d) **(1.5pts)** Utilisez l’équation de régression pour calculer la teneur moyenne réelle du minerai (gc) puis la valeur ($) par tonne minéralisée qui seraient **réellement obtenues** lors de l’exploitation si l’on sélectionnait les blocs à partir des teneurs estimées par le consultant. Comparez avec le résultat de la question 1 et de la question 5a. Conclusion ?

**Aide :**

* le tonnage et la teneur du minerai prévus avec la variance de 1.8%2 sont respectivement de xc=0.5 et gc=1.25%;
* corrigez la teneur gc à l’aide de l’équation de régression et utilisez la teneur corrigée dans le calcul de la valeur /t minéralisée; ceci donne le profit réellement obtenu;
* utilisez la formule de calcul de valeur par tonne minéralisée qui correspond à la situation de l’exploitation (i.e. équation de la mine, du concentrateur ou du marché).

*Rappel : Les 3 fonctions pour le calcul de la valeur sont :*

v1= (p-k)xcgcy-xch-m-(f+F)/M (mine)

v2= (p-k)xcgcy-xch-m-(f+F)xc/H (traitement)

v3= (p-k)xcgcy-xch-m-(f+F)xcgc y/K (marché)

Réponses

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Question 1  | Question 5a (prévu) | Question 5d (réel) |
| Valeur par tonne minéralisée  | 2.82 |  |  |

Discutez ces résultats :

|  |
| --- |
|  |

Fin du TP