**A- Exercices sur la théorie de Lane**

On vous présente une série de courbes obtenues en appliquant la théorie de Lane avec divers paramètres :

|  |  |
| --- | --- |
| A | B |
| C | D |
| E | F |
| G | H |

1- Quels cas montrent une exploitation utilisant la pleine capacité de la mine?

2- Quels cas montrent une exploitation utilisant la pleine capacité du concentrateur?

3- Quels cas montrent un marché saturé (pleine capacité du marché)?

4- Quels cas montrent une exploitation à l’équilibre mine-concentrateur?

5- Quels cas montrent une exploitation à l’équilibre mine-marché?

6- Quels cas montrent une exploitation à l’équilibre concentrateur-marché?

7- Quels cas montrent une exploitation opérant à la t.c. limite de la mine?

8- Quels cas montrent une exploitation la t.c. limite du concentrateur?

9- Quels cas montrent une exploitation la t.c. limite du marché?

10- Quels cas montrent une exploitation déficitaire?

11- Quel cas montre l’exploitation la plus rentable (par t. minéralisée) ?

## B- Exemple de calcul de teneur de coupure optimale

Une mine de Cu présente les caractéristiques suivantes :

y: taux de récupération du concentrateur : 0.9

p: prix d’une tonne de métal : 3000$/t Cu

k: coût de mise en marché d’une tonne de métal : 200$/t Cu

m: frais variables de minage d’une tonne de matériau minéralisé : 17$/t

h: frais variables de traitement d’une tonne de minerai : 10$/t minerai

f: frais fixes : 12M$/an

F: coûts d’opportunité : 0$

M: capacité de minage (matériau minéralisé) : 3Mt

H: capacité de traitement (minerai sélectionné) : 2Mt

K: capacité du marché (métal) : infinie.

De plus, la distribution des teneurs de Cu est lognormale, la moyenne de la distribution est 1.3% et la variance est 3%2.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

1- Calculez les t.c. limites (mine, concentrateur, marché)

2- Calculez les t.c. d’équilibre

3- Déterminez la t.c. optimale

4- Quelle est la valeur de la mine par tonne minéralisée à la teneur de coupure optimale?

5- La mine opère plutôt à la t.c. 0.9% Cu. Quelle perte encourt-elle par rapport à une exploitation optimale (par tonne minéralisée) ?

**C- Exemple détaillé de calcul de fonctions de récupération**

*Données* : Gisement de Cu, teneur distribuée suivant une loi lognormale moyenne=0.9% et variance 2%2. La t.c. est à 0.6%.

Calculer T(c), Q(c), m(c)=Q(c)/T(c) et P(c)=T(c){m(c)-c} à c=0.6%. Calculer P(c) en dollars si le prix du Cu est à 6000$/t Cu.

Formules pour la loi lognormale :

, , *m(c)=Q(c)/T(c), P(c)=T(c)(m(c)-c)*

où est l’écart-type logarithmique et est donné par : 

On calcule : 

 (selon Table N(0,1))





*P(c)=0.42(1.76-0.6)=0.487%*

Ainsi à 6000$/t Cu,

1 tonne de roche minéralisé contient 0.42 t de minerai, et 0.739% t de métal Cu dont la valeur brute représente 0.00739\*6000$= 44.34$.

Le profit conventionnel est 0.487%\*6000$=29.22$ (aussi 44.34$ - 0.42\*0.6%\*6000$)

**Corrigé**

A1- BCEGH, A2-ACFGH, A3-DEF, A4-CGH, A5-E, A6-F, A7-B, A8-A, A9-D, A10-G, A11-A

B1- c1=0.397%, c2=0.635%, c3=0.397%

B2- c12=0.505%, c13 et c23 n’existent pas car la capacité du marché est infinie.

B3- c12=0.505%

B4- g(0.505)=1.80% => v1=v2=2.64$/t. minéralisée

B5- la mine est le facteur limitatif. x(0.9%)= 0.444; g(0.9%)=2.365% => v1=1.02$/t. minéralisée=> perte de 1.62$/t. minéralisée (4.86M$/an)

## D- Théorie de Taylor et Lane (exemples)

**1- Effet de l’information**

Paramètres utilisés : y=0.9;p=1800;k=0;h=10;m=5;f=20;F=0;M=5;H=3;K=0.2;lognormale de moyenne 1.5

|  |  |
| --- | --- |
| Estimateur sans biais conditionnel avec variance = 1.6%2 | Estimateur sans biais conditionnel avec variance = 1.8%2 |
|  |  |

Qu’est-ce qui a changé en augmentant la quantité d’informations ?

**2- Augmenter la capacité de traitement H**

Paramètres utilisés : y=0.9;p=1800;k=0;h=10;m=5;f=20;F=0;M=5;K=0.2;lognormale de moyenne 1.5 et variance 1.6%2

|  |  |
| --- | --- |
| Avec H=3 | Avec H=3.5 |
|  |  |

Qu’est-ce qui a changé?**3- Effet du temps**.

Au fil de l’exploitation, comme on sélectionne les blocs riches préférentiellement, la mine résiduelle s’appauvrit.

Paramètres utilisés : y=0.9;p=1800;k=0;h=10;m=5;f=20;F=0;M=5;K=0.2;lognormale de variance 1.6%2

|  |  |
| --- | --- |
| Au début, moy=1.5 | Après un certain temps, moy=1.3 |
|  |  |
| Après un certain temps moy=1.0 |  |
|  |  |

Qu’observe-t-on?

**4- Les coûts de traitement (h) augmentent**

Paramètres utilisés : y=0.9;p=1800;k=0;m=5;f=20;F=0;M=5;H=3;K=0.2;lognormale de moyenne 1.5 et variance 1.6%2

|  |  |
| --- | --- |
| Avec h=10 | Avec h=13 |
|  |  |

Qu’est-ce qui a changé?

**5- Fonctions de récupération**

Voici les fonctions de récupération d’une mine dont la distribution est lognormale de moyenne 1.5 et de variance 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tonnage/T0 | Métal/T0 | Teneur |
|  |  |  |

La capacité de la mine M est 5 Mt de matériau minéralisé. La capacité de traitement H est de 2Mt minerai. Les autres paramètres sont : y=0.9;p=1800;k=0;m=5;h=10;f=30;F=0;K=20.

Calculer la t.c. limite de la mine (c1), celle du traitement (c2) et la t.c. d’équilibre mine-traitement.

a) Quelle est la t.c. optimale?

b) Quelle est la teneur du minerai correspondant à cette t.c. optimale?

c) Quelle est la valeur par tonne minéralisée?**Réponses D :**

1- La t.c. d’équilibre (aussi t.c. optimale) a diminué légèrement de 0.95% à 0.92%; la valeur par t. minéralisée a augmentée de 5.36 $/t à 5.56$. C’est le montant que l’on serait prêt à payer pour une meilleure information.

2- La t.c. d’équilibre a baissé à 0.78%; la valeur optimale par t. minéralisée a augmenté à 5.76$/t

3- La t.c. optimale diminue avec la moyenne. Lorsque la moyenne vaut 1.1, la t.c. optimale est la t.c. limite de la mine (teneur « breakeven »). Pour revenir en zone profitable, il faudrait accroître la capacité de la mine.

4- La t.c. optimale étant à l’équilibre, elle ne change pas. Seule la valeur est modifiée passant de 5.36 à 3.56 $/t minéralisée

5- a) On calcule c1=10/[0.9(1800)]=0.0062 ou 0.62%. On calcule c2=[10+30/2]/[0.9(1800)]=0.0154 ou 1.54%. Des figures, on trouve xc=H/M=0.4 => la t.c. d’équilibre est 1.33%. Comme elle est comprise entre les deux teneurs limites, c’est la t.c. optimale.

b) on lit approximativement 2.65%

c) v=(0.4\*2.65\*0.9)/100\*1800 – 5 -10\*0.4 – 30/5 = 2.17 $/t

## E- Exemple d’application de la théorie de Lane

Soit le graphe suivant montrant les trois fonctions profit/tonne minéralisée en fonction de la teneur de coupure lorsque la mine, le concentrateur ou le marché sont limitatifs.



1- Identifiez et donnez les valeurs de toutes les teneurs de coupure limite et d’équilibre sur ce graphe.

2- Quelle est la teneur de coupure optimale?

3- Quel profit par tonne minéralisée espère-t-on obtenir à la t.c. optimale?

4- Combien la mine perd-t-elle d’argent (par tonne minéralisée) si elle exploite le gisement à la t.c. 0.4 plutôt qu’à la t.c. optimale?

5- Après un échantillonnage supplémentaire, on se rend compte que la moyenne du gisement est moy=0.75 au lieu de moy=0.7.

a) En termes qualitatifs, comment ceci affecte-t-il les teneurs limites mine, concentrateur et marché ?

b) Comment ceci affecte-t-il la teneur d’équilibre mine-concentrateur ?

6- Un investissement permet d’accroître la capacité de traitement de H=15Mt à H=17Mt. La t.c. optimale augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?

7- Un investissement permet d’accroître la capacité de minage de M=24 à M=26. Impact sur la t.c.?

**E- Corrigé:**

1- t.c. limites mine: c1= 0.28%, concentrateur c2=0.40%, marché c3=0.3%

t.c. d’équilibre mine-concentrateur c12=0.29% concentrateur marché c23=0.69%

2- c12=0.29%

3- vmine(0.29)=vconc(0.29)= 2.91$/t minéralisée

4- à t.c.=0.4%, le profit maximum possible est donné par la courbe “mine”. On lit: v(0.4)=2.83$/t

5-a) les teneurs limites ne dépendent pas de la distribution des teneurs, donc aucune influence;

b) Comme la distribution se déplace vers la droite, on fournira la même quantité de minerai au concentrateur (équilibre) en augmentant la t.c.; donc t.c. équilibre augmente. c12=0.33% au lieu de 0.29%, voir figure :



6- Comme l’optimum est à l’équilibre, augmenter H implique augmenter xc, ce qui implique diminuer c. Aussi, la courbe concentrateur sera déplacée vers le haut, la t.c. optimale va diminuer jusqu’à ce qu’elle atteigne la t.c. limite de la mine. t.c. optimale = t.c. limite mine = 0.28% (voir figure)



7- Comme l’optimum est à l’équilibre, augmenter M implique diminuer xc, ce qui implique augmenter c. La courbe mine sera translatée vers le haut, la t.c. d’équilibre va augmenter. La t.c. optimale sera cette t.c. d’équilibre jusqu’à ce que cette dernière dépasse la t.c. limite du concentrateur. Ici la t.c. optimale est = t.c. équilibre=0.33%

