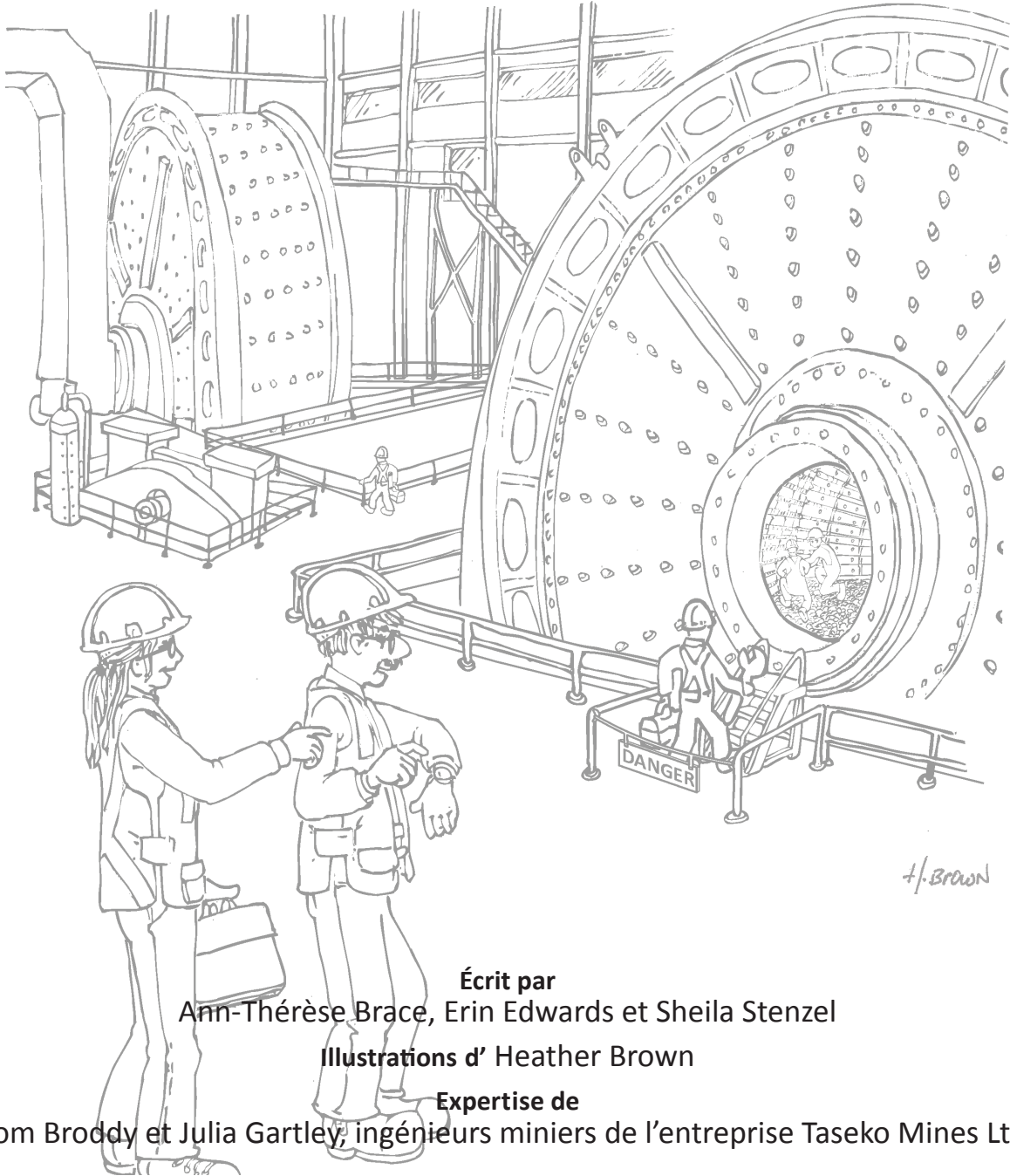


# Je suis un ingénieur minier





# Je suis un ingénieur minier



Écrit par  
Ann-Thérèse Brace, Erin Edwards et Sheila Stenzel

Illustrations d' Heather Brown

Expertise de  
Tom Broddy et Julia Gartley, ingénieurs miniers de l'entreprise Taseko Mines Ltd.

**Je suis un ingénieur minier** est une production de MineralsEd, grâce à la collaboration financière de l'Institut Canadien des Mines (ICM), branche de Vancouver.

Traduit en français par Richard Billette et vérifié par Lucie Vincent aidé de Claver Nguema.

© 2014 MineralsEd (Mineral Resources Education Program of BC)  
900-808 W. Hastings St., Vancouver, BC V6C 2X4 Canada  
Tel. (604) 682-5477 | Fax (604) 681-5305 | Website: [www.MineralsEd.ca](http://www.MineralsEd.ca)

# Préface

Les ingénieurs qui travaillent dans l'industrie minière sont des professionnels qualifiés experts dans la conception, la construction, l'entretien et l'amélioration des opérations minières. Ils ont des connaissances dans tous les autres champs de génie (civil, mécanique, et électrique) ainsi que la métallurgie et savent utiliser de nombreuses applications informatiques spécialisées. Les ingénieurs miniers sont des planificateurs, des experts en efficacité, et dans la résolution de problèmes de première ligne. Ils travaillent au sein de l'équipe des opérations pour s'assurer que la mine est productive et sécuritaire tant pour les travailleurs que pour l'environnement.

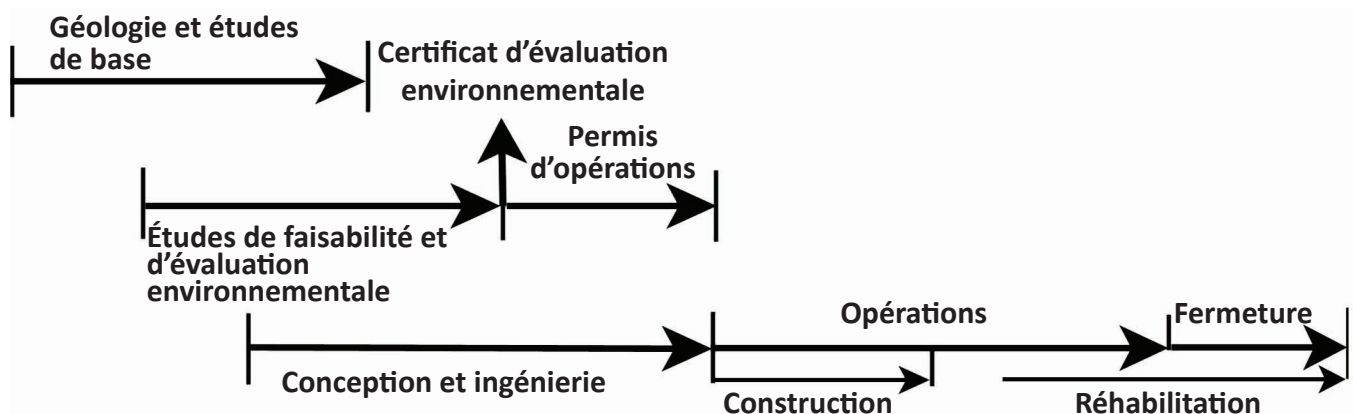
Ce document raconte le travail des ingénieurs miniers aux différents stades de développement de la mine, de l'étude, de faisabilité, de l'ingénierie, la construction, l'exploitation et finalement, la réhabilitation du terrain.

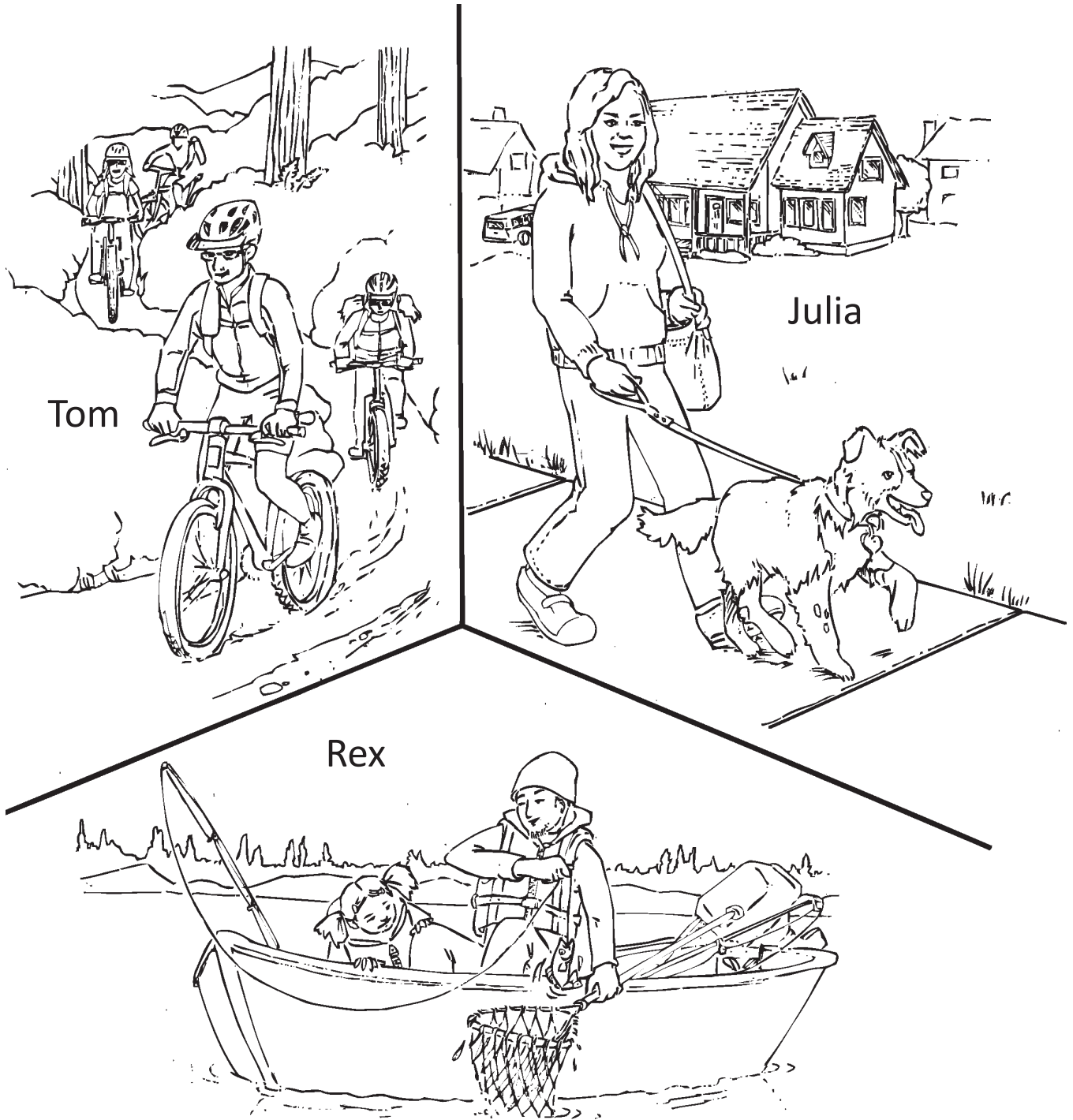
Les ingénieurs miniers sont parmi les premiers professionnels consultés quand un gisement a été découvert. Ils appliquent leur savoir-faire afin de déterminer s'il est possible d'exploiter le gisement en toute sécurité et faire un profit. Si l'étude économique prévoit une rentabilité, alors les ingénieurs miniers commencent à développer les plans du site de la mine et travaillent avec d'autres ingénieurs et des gens de métiers pour construire la vaste et complexe infrastructure que constitue une mine moderne. Durant les opérations, ils surveillent la façon dont la mine se développe au fil du temps, étudient les détails techniques pour rendre le processus efficace, ainsi que le traitement et la gestion des rejets industriels.

Les ingénieurs miniers représentés dans notre récit, englobent de nombreux types d'experts techniques. Dans une véritable mine, la personne qui a planifié la mine et géré l'exploitation est un ingénieur des mines (d'exploitation minière). La personne qui gère et optimise les opérations de l'usine serait l'ingénieur de traitement des minerais. Dans la raffinerie du métal de la mine, la personne qui assure la récupération maximale serait un ingénieur métallurgiste. Et le responsable de la conception et de la gestion des rejets de roche et des résidus du moulin serait un ingénieur en environnement.

Les ingénieurs miniers sont essentiels à la production de ressources minérales que nous utilisons chaque jour. Cette production doit être obtenue de façon sûre et efficace pour minimiser l'impact sur notre environnement naturel.

## Étapes chronologiques du développement des ressources minérales

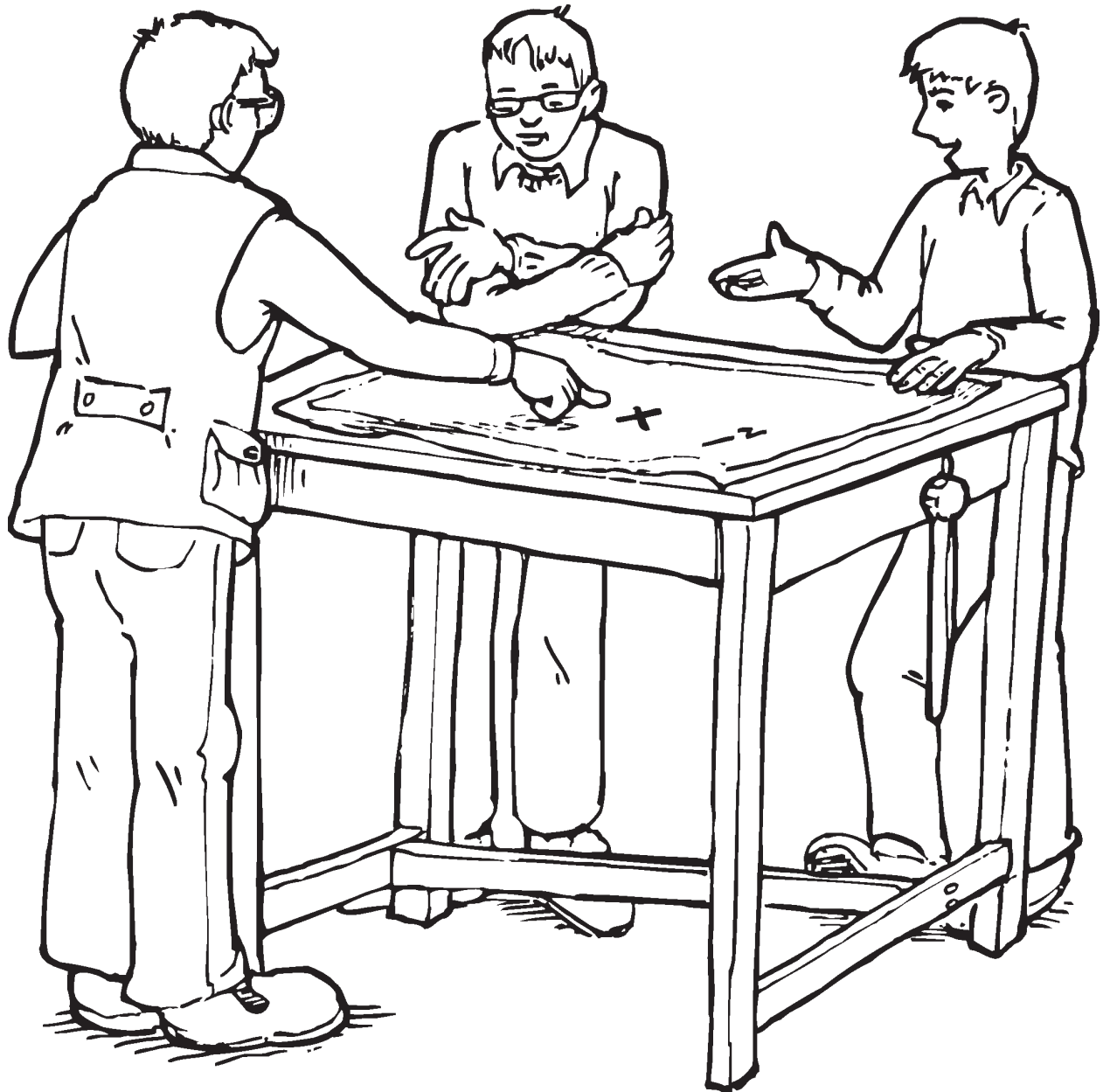




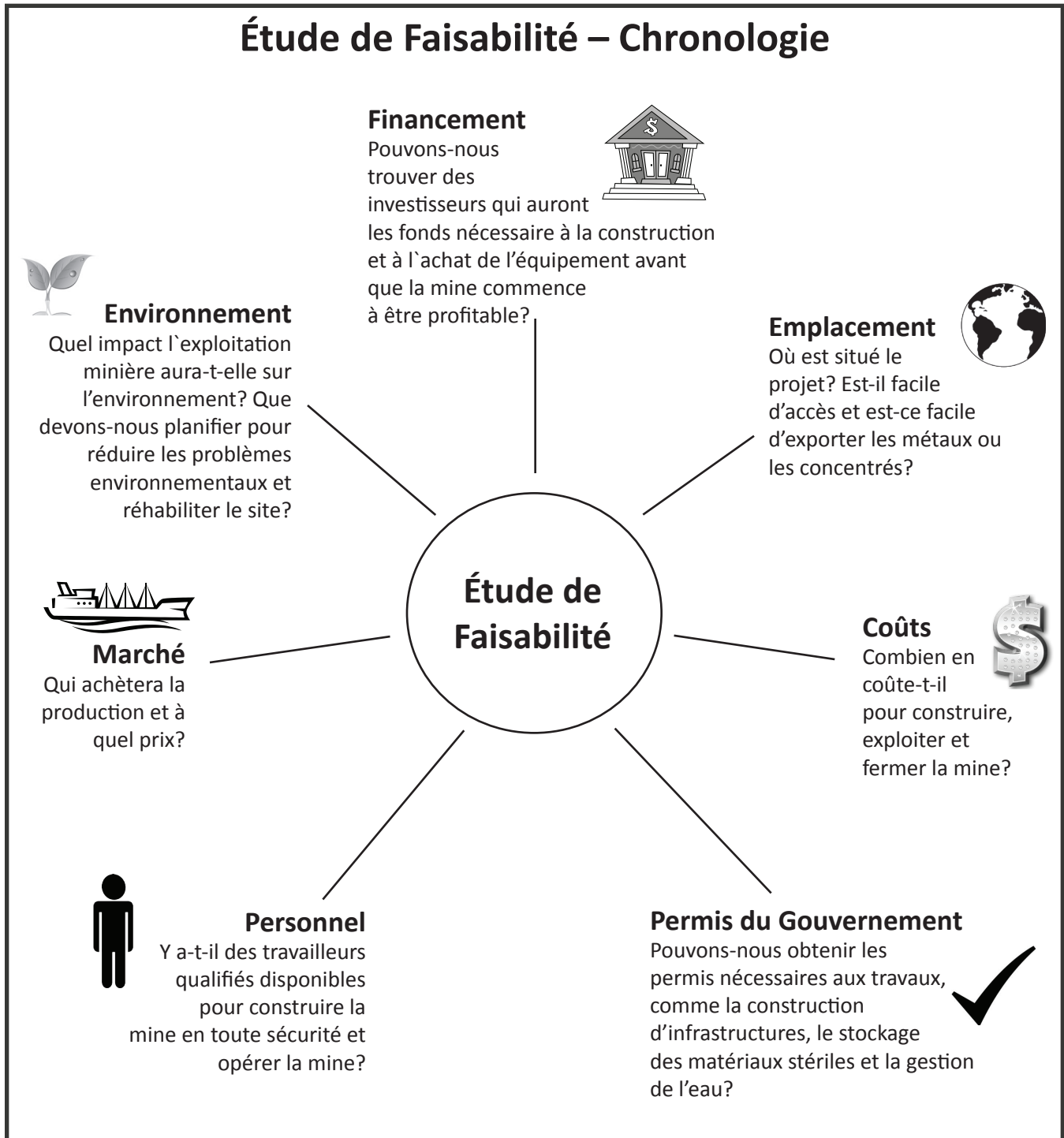
Nous sommes tous des ingénieurs miniers. Nous planifions, concevons et exploitons des mines qui produisent les ressources minérales que nous utilisons tous les jours, comme le cuivre pour le câblage, le fer pour l'acier et les agrégats pour le béton.

## Partie 1 - Étude de faisabilité

Les ingénieurs miniers sont impliqués dans toutes les étapes de développement de la mine.



Fred et George sont des géologues qui ont trouvé un gisement de cuivre. L'entreprise pour laquelle ils travaillent avait déjà embauché des spécialistes de l'environnement pour diriger leurs études environnementales de base. Ils nous ont maintenant engagés pour savoir si le gisement serait rentable.



Notre première tâche est de réaliser une étude de faisabilité. Une étude de faisabilité est très complexe. Les ingénieurs miniers examinent tous les coûts et les facteurs qui déterminent la rentabilité de la mine et si toutes les personnes concernées bénéficieront du projet. Il faudra plusieurs années pour compléter cette étude.

## Partie 1 - Étude de faisabilité

Julia et Tom doivent calculer tous les coûts de construction et d'exploitation d'une mine.

### Valeur du gisement

Réserves minérales prouvées	500,000,000 tonnes
Teneur en cuivre %	0.3%
Minerai produit annuellement	27,375,000 tonnes
Durée de vie de la mine	18 ans
Récupération moyenne du cuivre en %	85%
Cuivre récupéré (calculée)	1,275,000 tonnes
Prix moyen du cuivre	\$3.00/lb (\$6,600/tonne)
<b>Valeur totale des minéraux</b>	<b>\$8,415,000,000</b>

### Coûts de construction

Construction de la mine: Roches stériles en surface	\$50,000,000
Bâtiments pour la mine (bureaux, entrepôts, laboratoires, etc.) et équipement lourd	\$150,000,000
Moulin	\$600,000,000
Ligne électriques	\$100,000,000
Digue à résidus	\$80,000,000
<b>Total des coûts de construction</b>	<b>\$980,000,000</b>

### Coûts d'exploitation et d'entretien (18 ans)

Mine (ciel ouvert ou souterraine)	\$1,500,000,000
Traitement des minéraux	\$2,000,000,000
Masse salariale et administration	\$200,000,000
Transport vers les acheteurs	\$600,000,000
<b>Coût total d'exploitation</b>	<b>\$4,300,000,000</b>

### Coût total de fermeture et de réhabilitation du site

Démolition des bâtiments et des routes, renouvellement du site de roches stériles, l'ensemencement et la réhabilitation de l'ensemble du site (routes, site de roches stériles, les digues à résidus, et les bassins à résidus), les forages et installation du puits de surveillance	<b>\$40,000,000</b>
<b>Coût total</b>	<b>\$5,320,000,000</b>

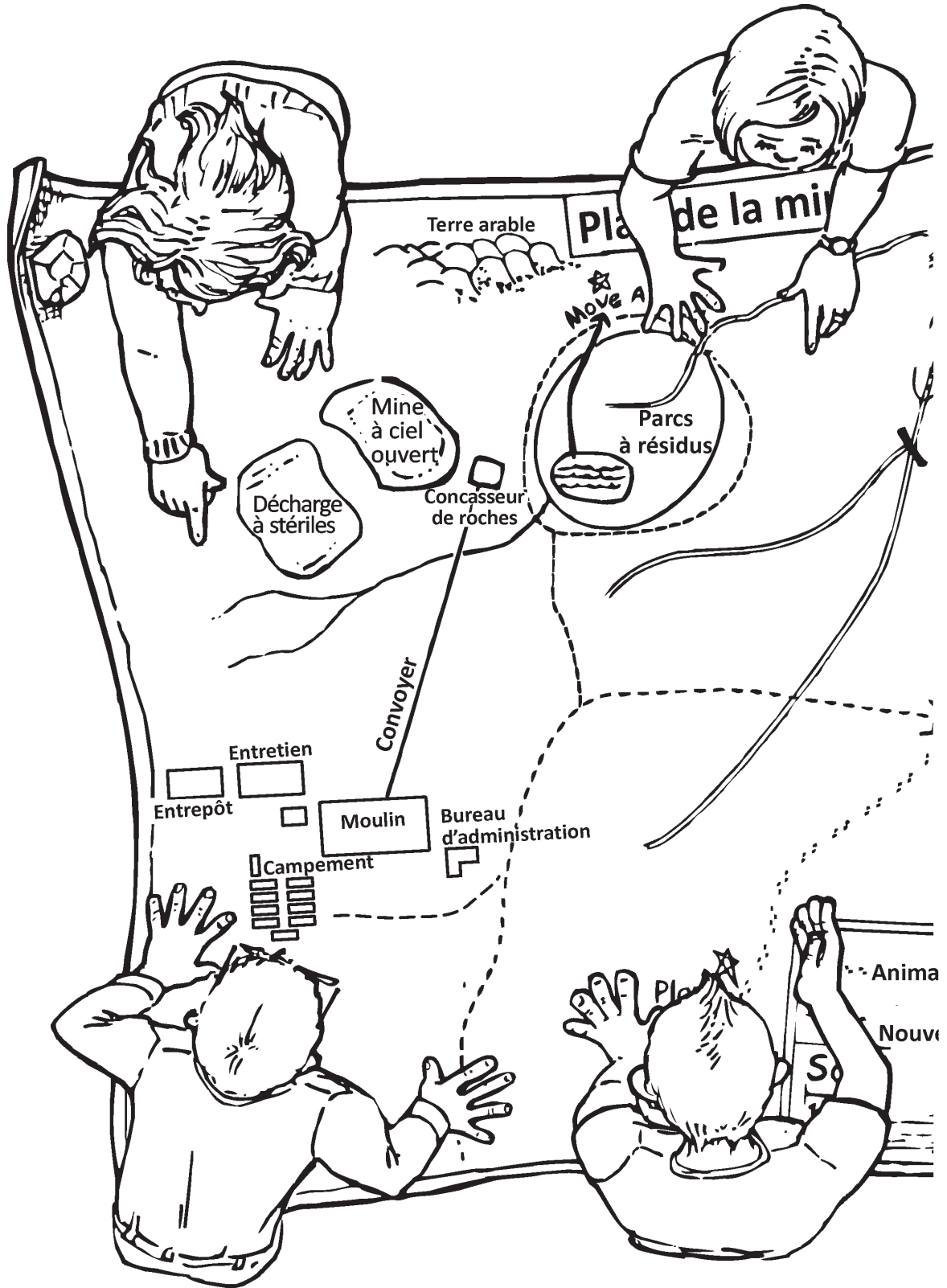
### Faites le calcul.

Est-ce que la mine est rentable? Est-elle rentable si la valeur du cuivre est de seulement \$2.00/livre?



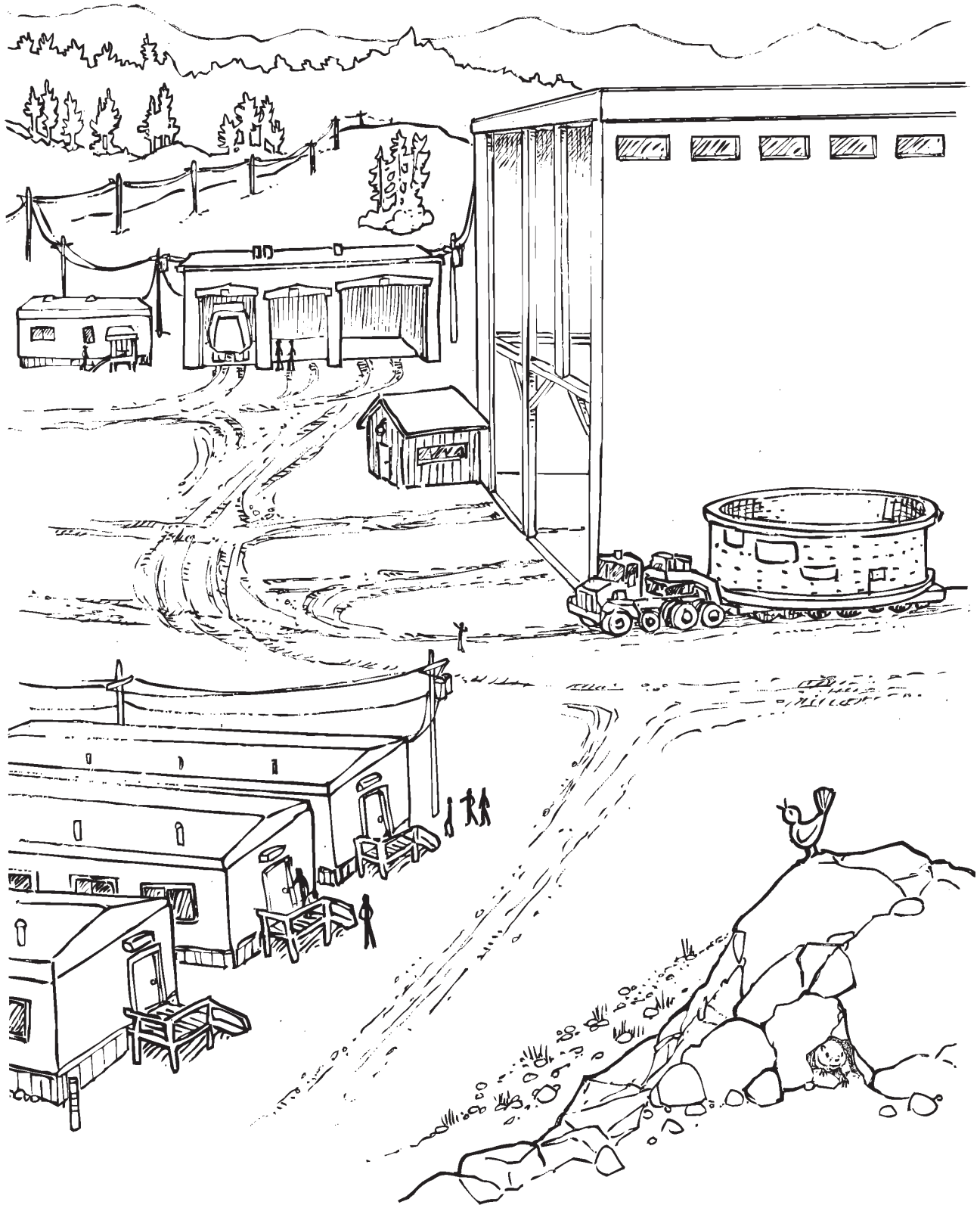
## Partie 2 – Conception, ingénierie et construction

Construire une mine prend de 2 à 5 ans.



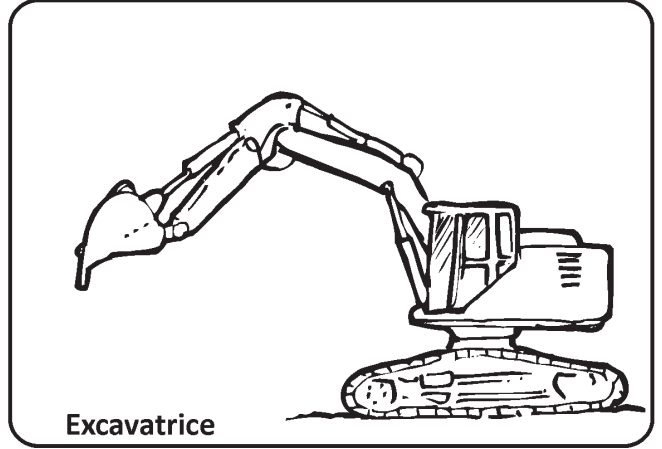
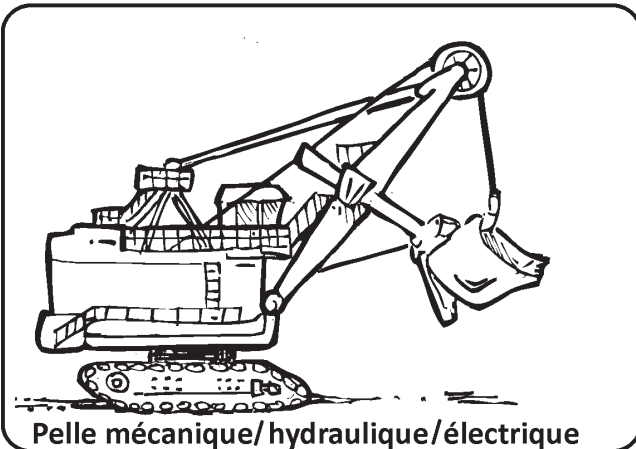
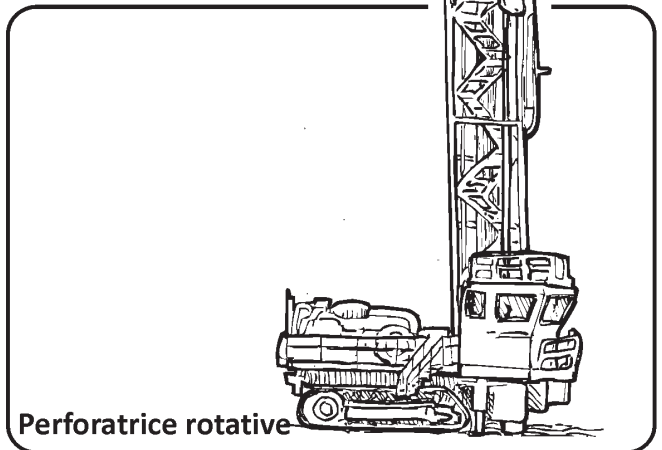
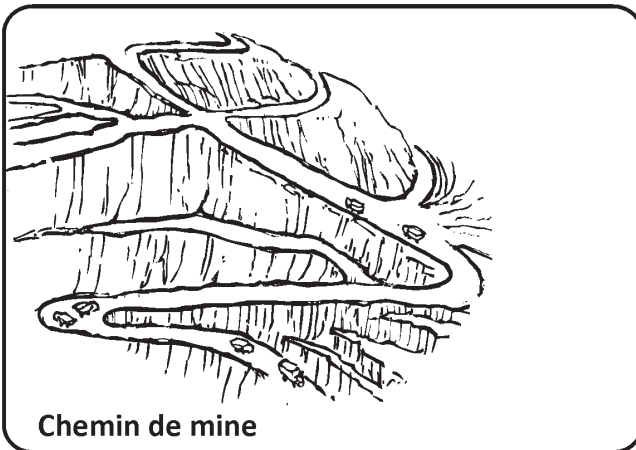
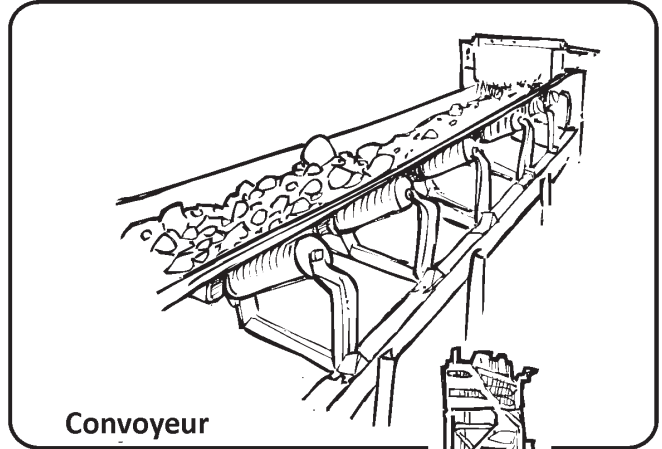
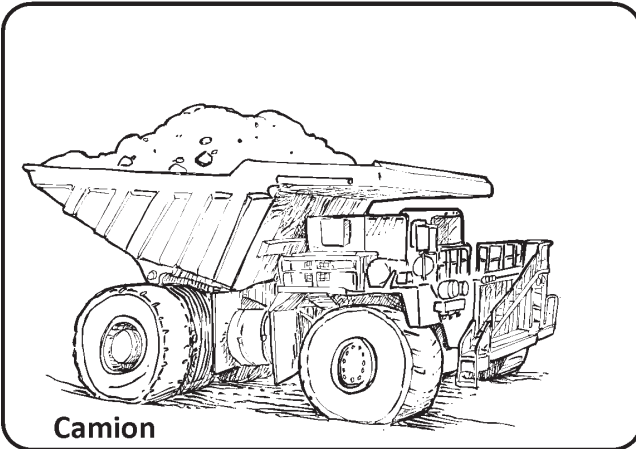
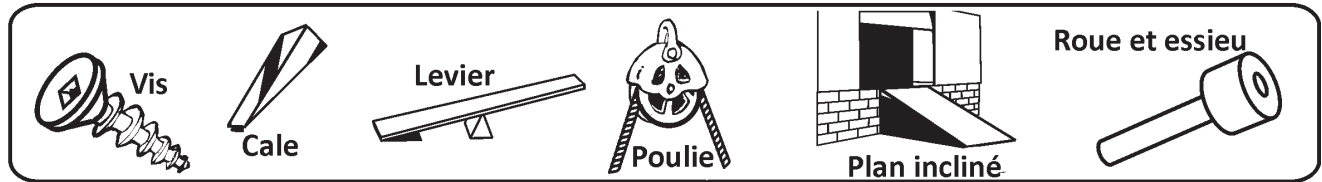
Les ingénieurs miniers exécutent la conception et la supervision de la construction de la mine dès le début du projet. Julia a donné nos plans à une équipe pour commencer la construction.

## Partie 2 – Conception, ingénierie et construction



Lorsque la mine est en cours de construction, presque tous les travailleurs vivent dans un campement. Il y a 800 travailleurs ici! Le bureau et l'atelier d'usinage sont terminés. Le commencement de la mine à ciel ouvert est en cours et une importante pièce d'équipement du moulin est arrivée aujourd'hui!

## Partie 2 – Conception, ingénierie et construction



La construction du site de la mine nécessite des centaines de travailleurs et plusieurs pièces d'équipement, y compris de la machinerie simple et complexe.

Identifie la ou les machine(s) simple(s) qui composent l'équipement minier.

Réponses à la page 24

### Partie 3 - Opérations (traitement du minerai)

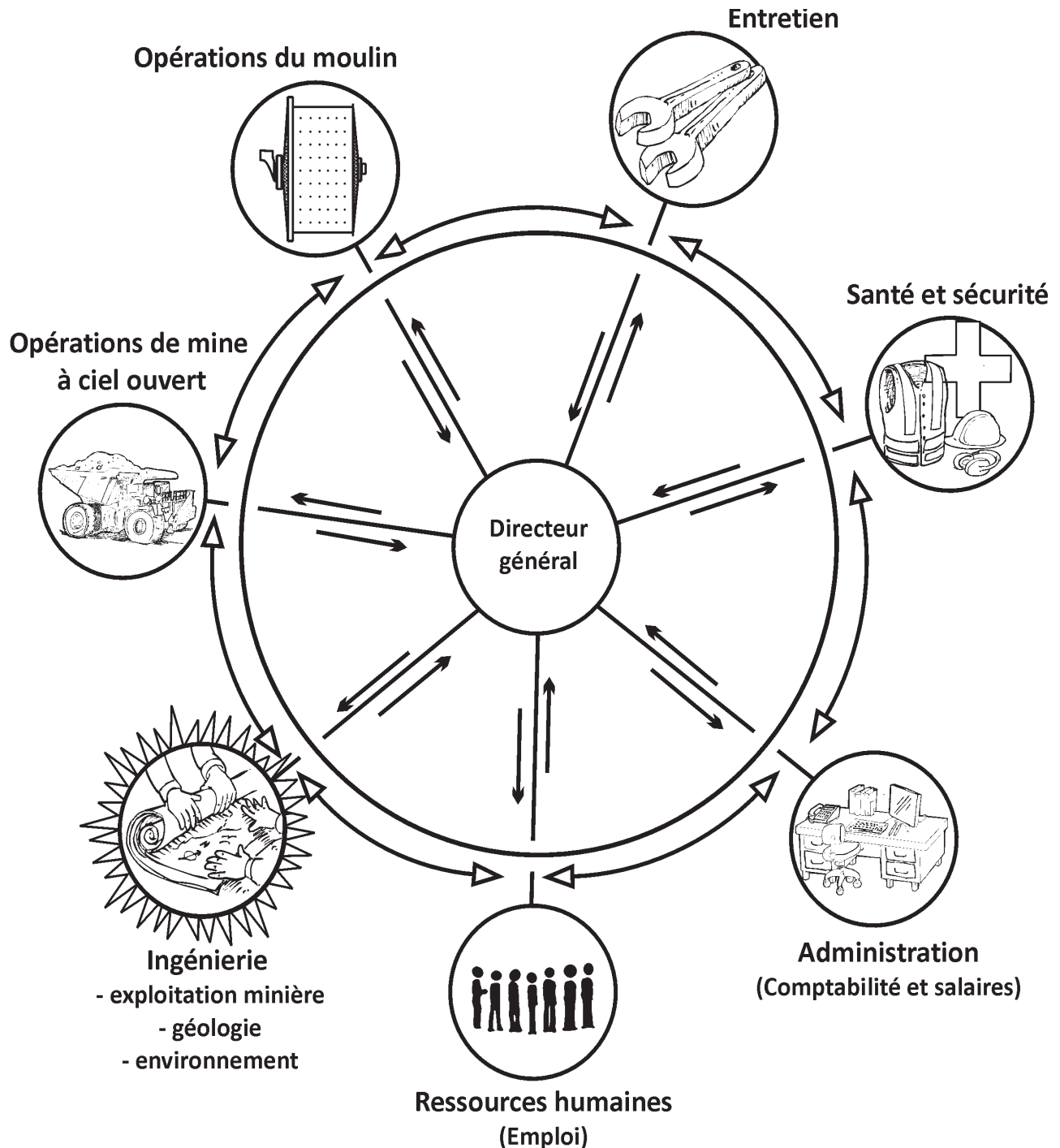
La mine est construite et l'usine de traitement, appelée le moulin, est en fonctionnement. Nous sommes en opération!



Une mine fonctionne 24 heures par jour, 7 jours par semaine, 365 jours par année. À 6h00, nous partons pour commencer notre travail. En route, nous discutons avec nos confrères des dernières nouvelles.

## Partie 3 - Opérations (traitement du minerai)

Nous faisons partie de l'équipe d'ingénierie de la mine. Nous collaborons avec de nombreuses autres personnes.



Notre travail est de s'assurer que la mine fonctionne en toute sécurité, efficacement et sans problème. Nous nous assurons d'utiliser efficacement la majorité des ressources nécessaires comme le carburant, le temps, l'électricité et l'eau. Notre devise est «Réduire, Réutiliser et Recycler».

## Partie 3 - Opérations (traitement du minerai)



Aujourd'hui, le premier arrêt de Tom est à la mine à ciel ouvert. Hier à 16h00 il y a eu un dynamitage. Le rapport de l'équipe de nuit indique que la production a augmenté. Un total de 85,000 tonnes de minerai ont été extraites et transportées vers le concasseur et 260,000 tonnes de roches stériles ont été transportées à la verse pour roches stériles.

### Mathématiques minières

Il y a 30 camions de transport qui travaillent à la mine en même temps. Chacun a une capacité de 250 tonnes.

Chaque camion a six pneus. Chaque pneu coûte \$50,000.

Dix des camions transportent le minerai vers le concasseur. Les autres transportent des roches stériles.

Chaque camion prend 40 minutes aller-retour pour transporter, décharger le camion et revenir à la mine.



1) Les conducteurs de camions ont un horaire de travail de 8 heures et s'arrêtent 1 heure pour le dîner et les pauses. Combien de voyages aller-retour chaque camion peut-il faire dans un horaire de 8 heures ?

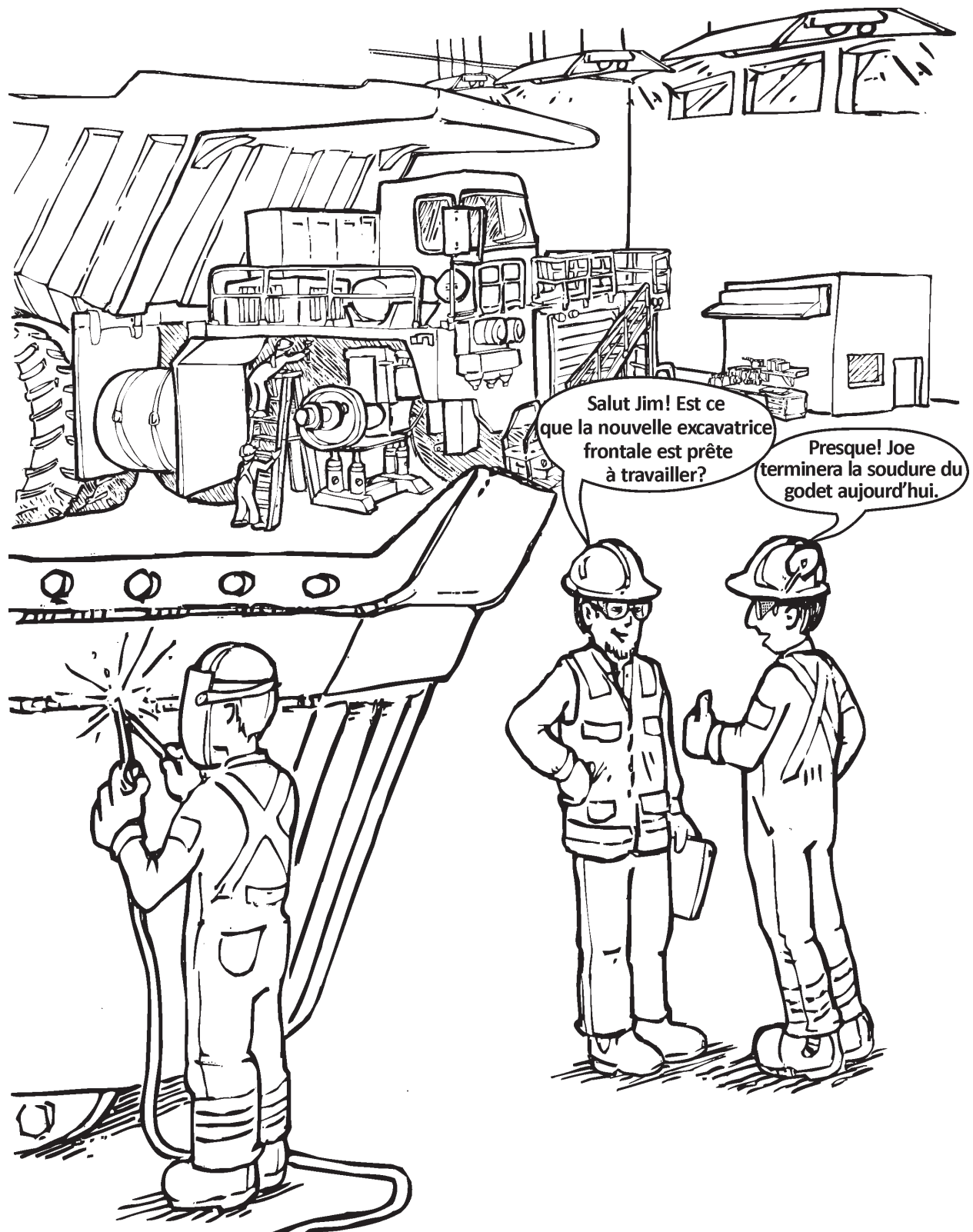
2) À la mine, il y a trois horaires de travail de 8 heures. S'il n'y a aucune panne, combien de tonnes de minerai seront transportées de la fosse au concasseur chaque jour?

3) Dans des conditions parfaites et sans panne majeure, combien de tonnes de minerai seront envoyées au broyeur, puis au moulin chaque année?

4) Durant la conception de la mine, les ingénieurs ont calculé des réserves de minerai à 500 millions de tonnes. En considérant votre calcul à la question 3, combien d'années seront nécessaires pour épuiser toutes les réserves?

5) Les pneus de camion s'usent après environ 6 mois d'utilisation et doivent être remplacés. Quel sera le coût de remplacement de tous les pneus pour l'ensemble de la flotte (30 camions) à chaque année?

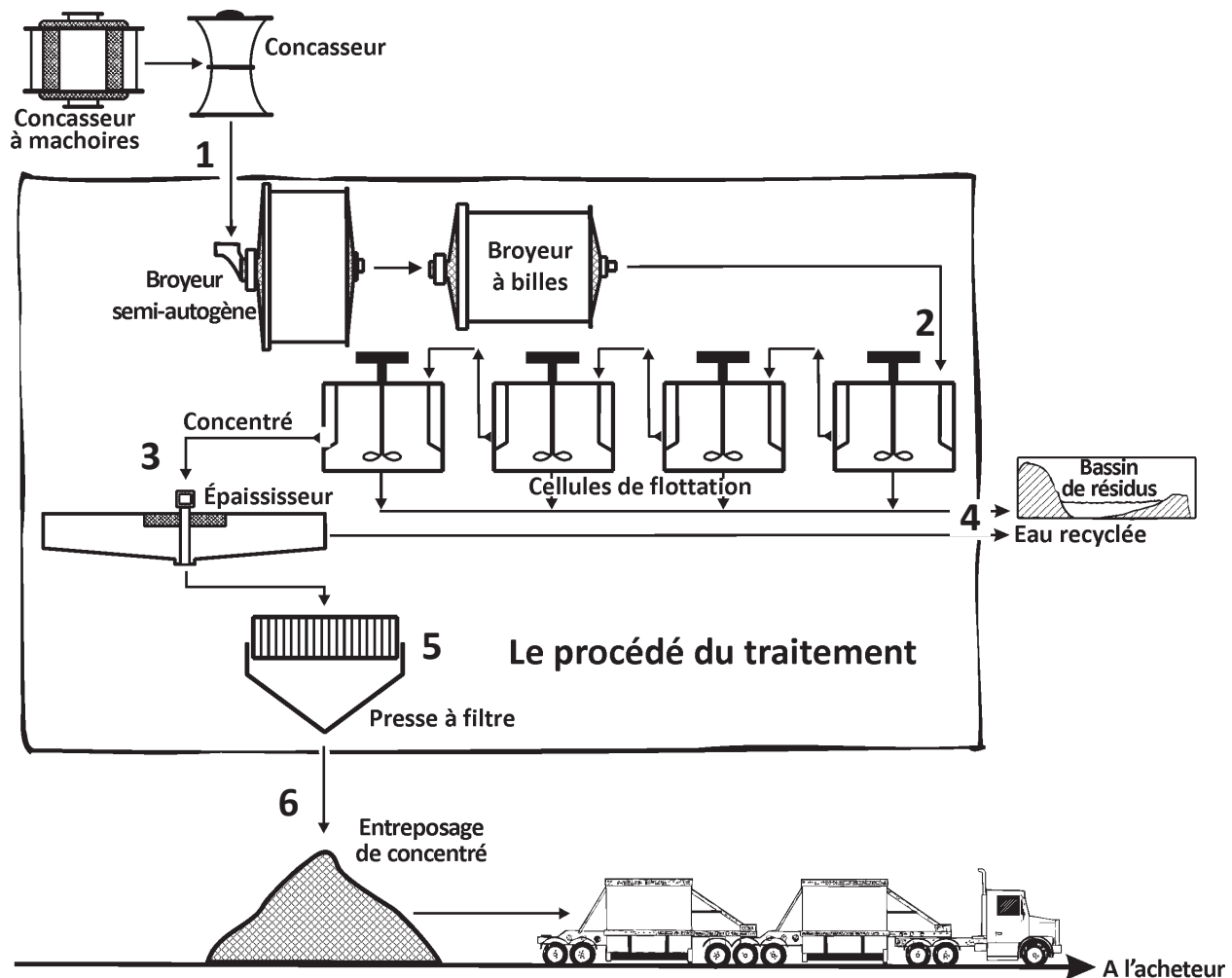
## Partie 3 - Opérations (entretien)



Une visite matinale à l'atelier d'entretien permet à Rex d'évaluer l'état de l'équipement de la mine. Lors de l'entretien de routine, quand l'équipement tombe en panne ou est hors service, la production minière ralentit. Nous avons besoin que tous les équipements soient en bon état de marche le plus rapidement possible.



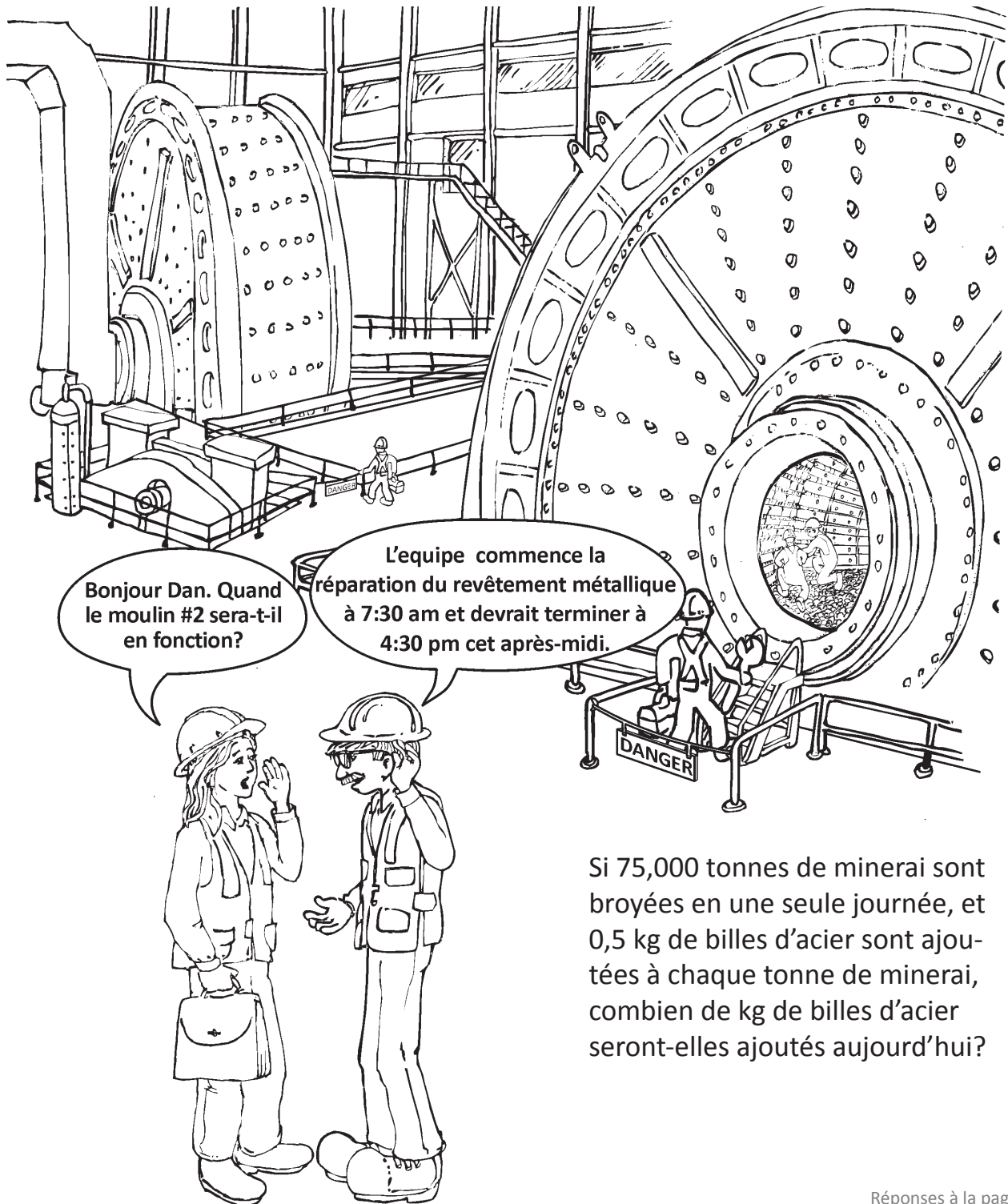
Le minerai extrait de la mine à ciel ouvert est traité dans un grand bâtiment appelé le moulin. C'est là où nous obtiendrons les minéraux de valeur.



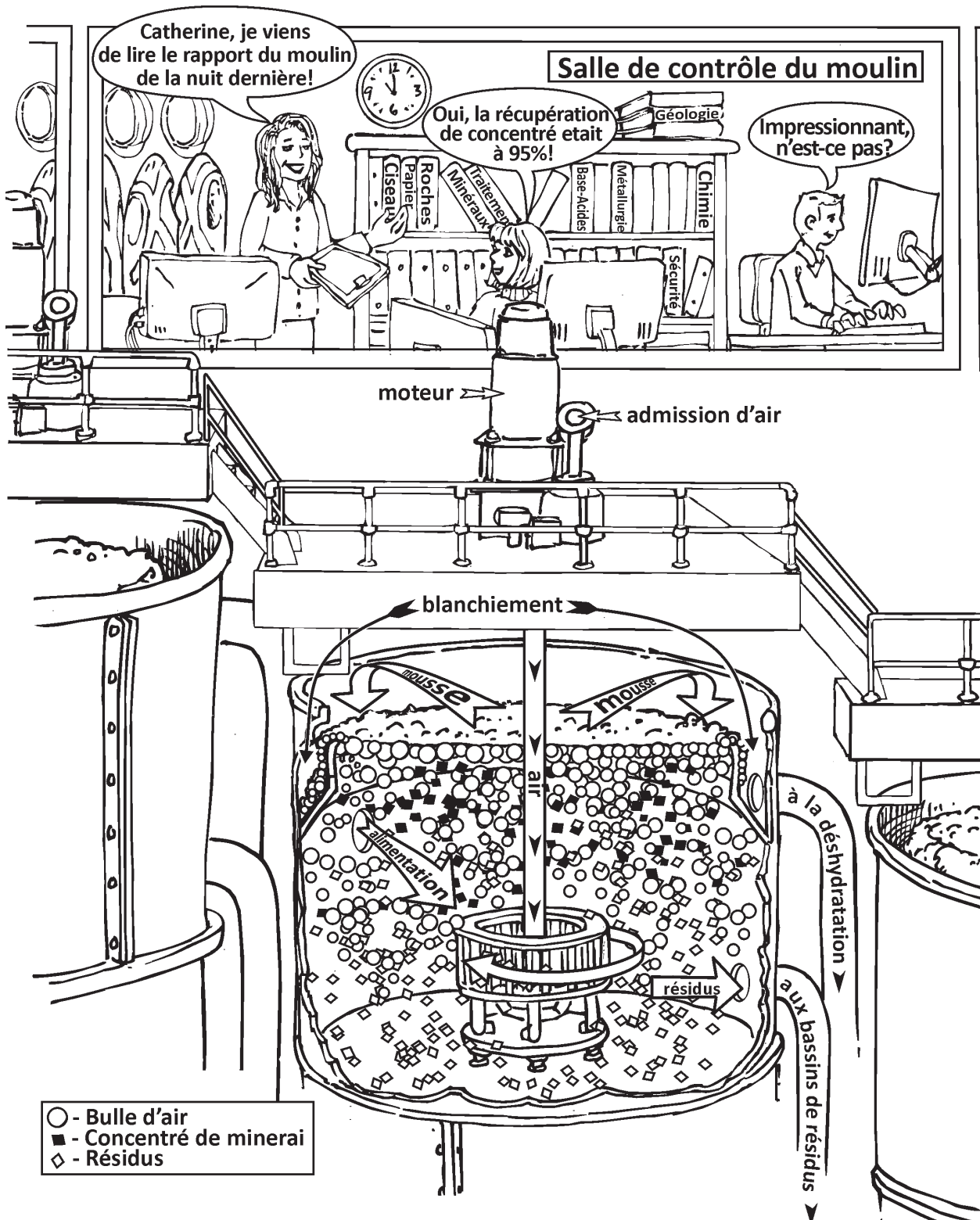
- 1) Des morceaux de roches contenant du minerai sont transportés du concasseur au moulin. Dans de grands tambours rotatifs, le minerai est mélangé avec de l'eau et de grosses billes d'acier ou tiges d'acier qui réduisent les roches en sable
- 2) Ce sable mélangé avec de l'eau est pompé dans des réservoirs (cellules de flottation) où des produits chimiques sont ajoutés pour faciliter la flottation du minerai et la séparation du sable sans valeur (résidu). Le minerai flottant est appelé concentré.
- 3) Le concentré est récupéré mécaniquement et pompé jusqu'à un épaisseur.
- 4) Le sable sans valeur, appelé résidu, est acheminé hors du bâtiment dans un parc à résidus.
- 5) De l'épaisseur, le concentré passe par une presse pour en faire sortir l'eau. Après un léger séchage, le concentré ressemblera à du sable noir lustré.
- 6) Le concentré est entreposé et prêt à être expédié à l'acheteur. L'ensemble du processus est contrôlé par des ordinateurs qui sont supervisés par les opérateurs de contrôle du moulin.

### Partie 3 - Opérations (moulin)

Plusieurs fois par jour, Julia vérifie les opérations du moulin pour s'assurer que tout se déroule bien. Les grands tambours rotatifs sont appelés broyeur semi-autogène et broyeur à billes. Des billes d'acier sont introduites dans ces grosses machines, culbutant avec le minerai, comme des vêtements dans une sècheuse. Chaque bille a la taille d'une balle de balle molle et pèse 10 kg. Les billes d'acier et le sable usent l'intérieur des tambours. Il faut alors régulièrement arrêter la rotation de ces tambours pour remplacer les plaques d'acier usées.

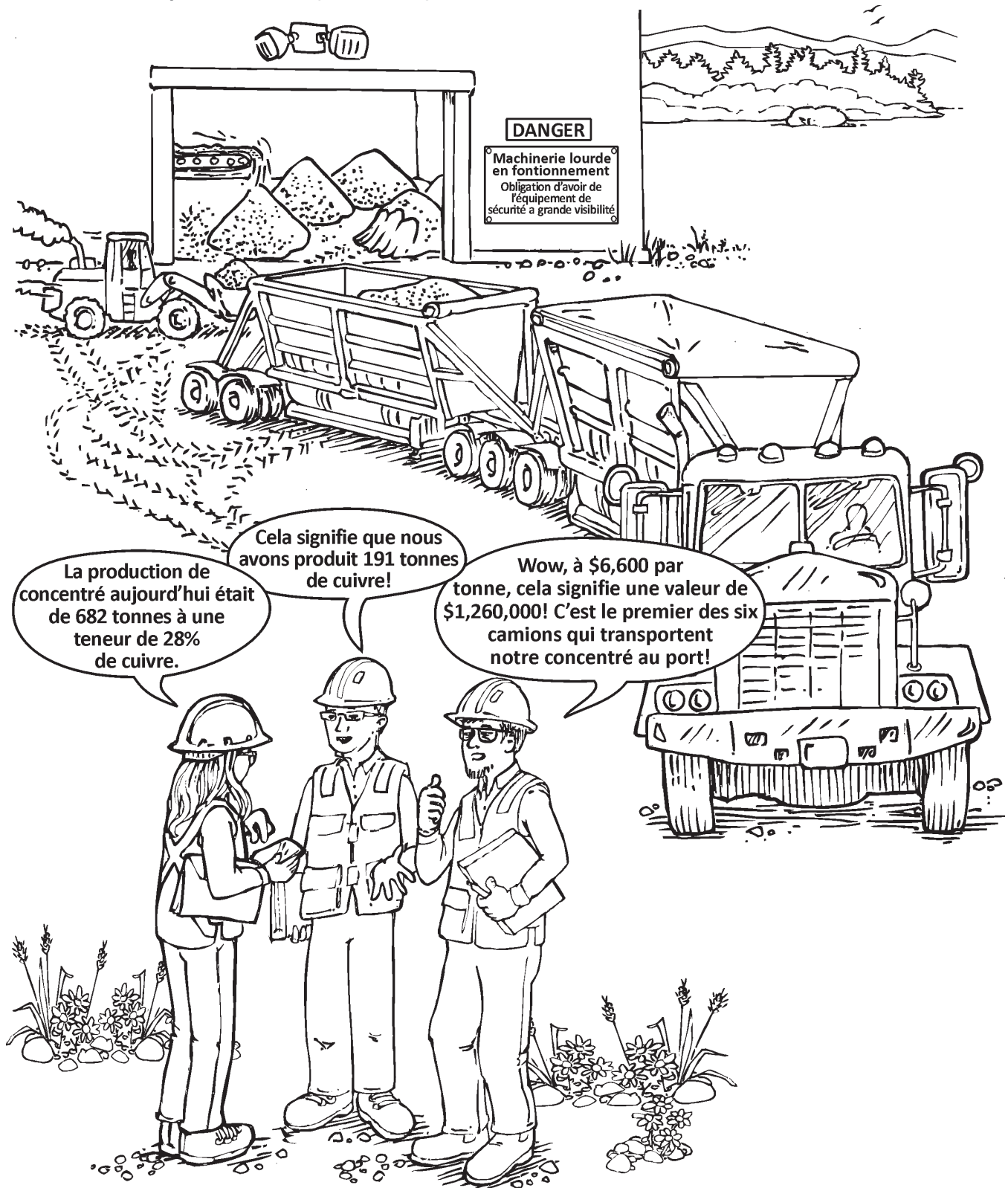


Si 75,000 tonnes de minerai sont broyées en une seule journée, et 0,5 kg de billes d'acier sont ajoutées à chaque tonne de minerai, combien de kg de billes d'acier seront-elles ajoutés aujourd'hui?



La magie commence avec les cellules de flottation. Les particules de minéral collent aux bulles d'air à l'aide de produits chimiques spéciaux appelés collectionneurs. Les bulles revêtues de minéral flottent à la surface de la cellule et sont alors récupérées. Le sable, appelé résidus, ne contient plus de particule de minéral, et se dépose alors au fond du bassin de résidus.

## Partie 3 - Opérations (moulin)

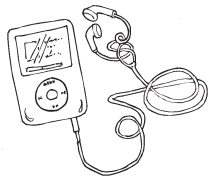


Après le processus de flottation, l'eau est retirée du concentré. Le concentré est ensuite acheminé dans un entrepôt à l'extrémité de l'usine. C'est le produit de la mine qui contient le minerai de valeur. Nous transportons le concentré par camion à l'acheteur. L'acheteur devra raffiner le concentré pour y extraire les métaux que nous utilisons dans notre vie quotidienne.

Il provient d'un mot chiffré



Déchiffrer les mots ci-dessous pour révéler certains des produits qui sont fabriqués à partir de notre concentré de cuivre!

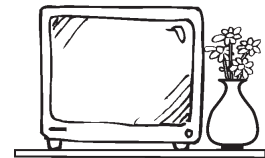


ebcâl éqltreeicu

-----

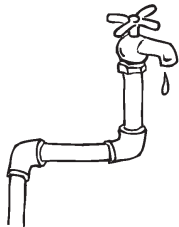
irntadeoru  
rpfiaott

-----  
-----



tuuay d'aue

-----



opdi

-----

ojibux

-----



téléivonis

-----



ovina

-----

teertopmt

-----



utoa dehybir

-----

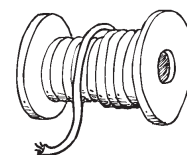
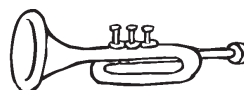
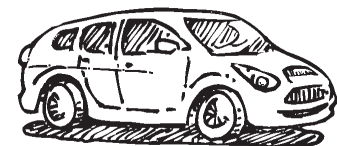


mmrtaie

-----

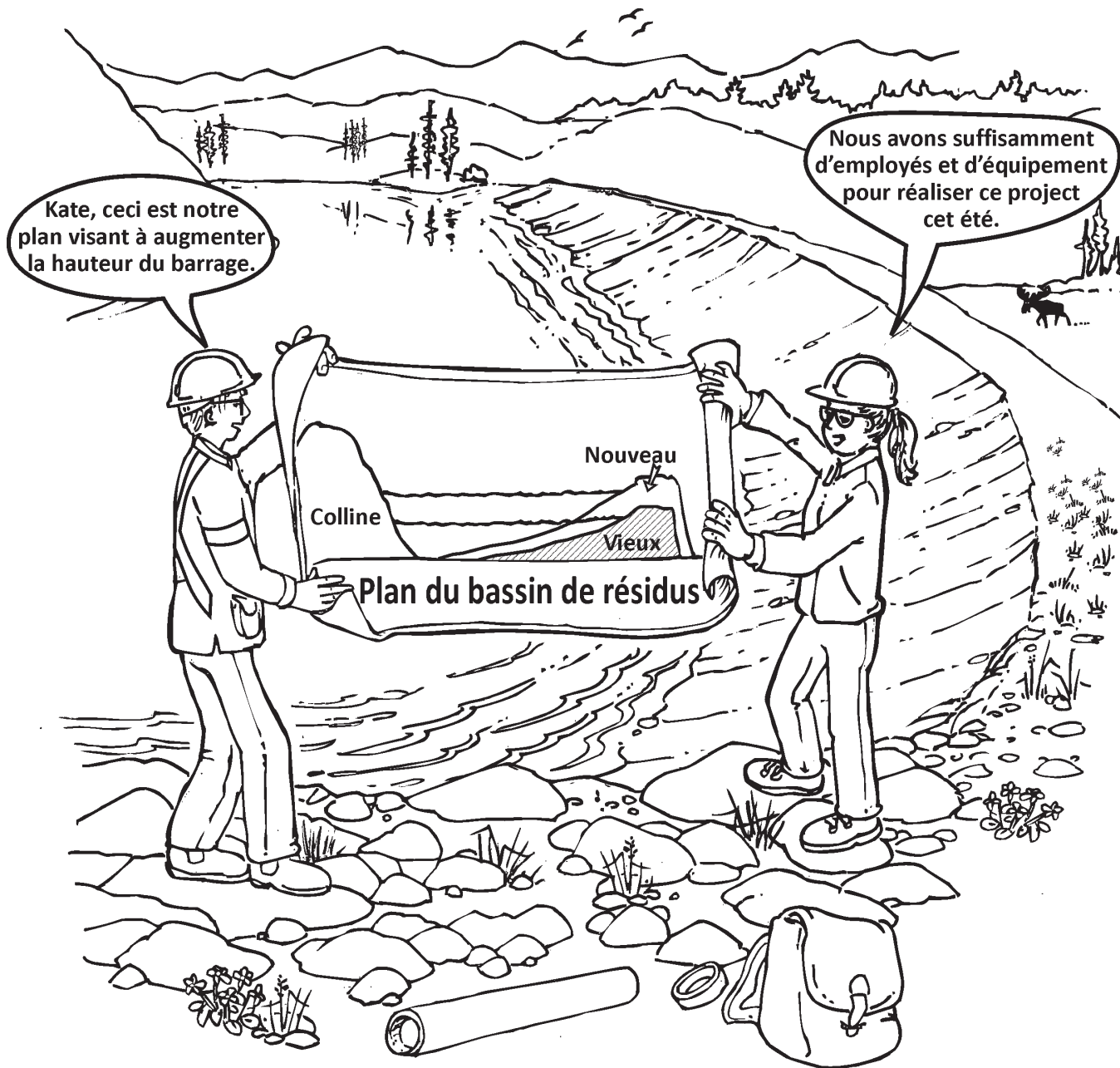
téléénpho  
gteiiientln

-----  
-----

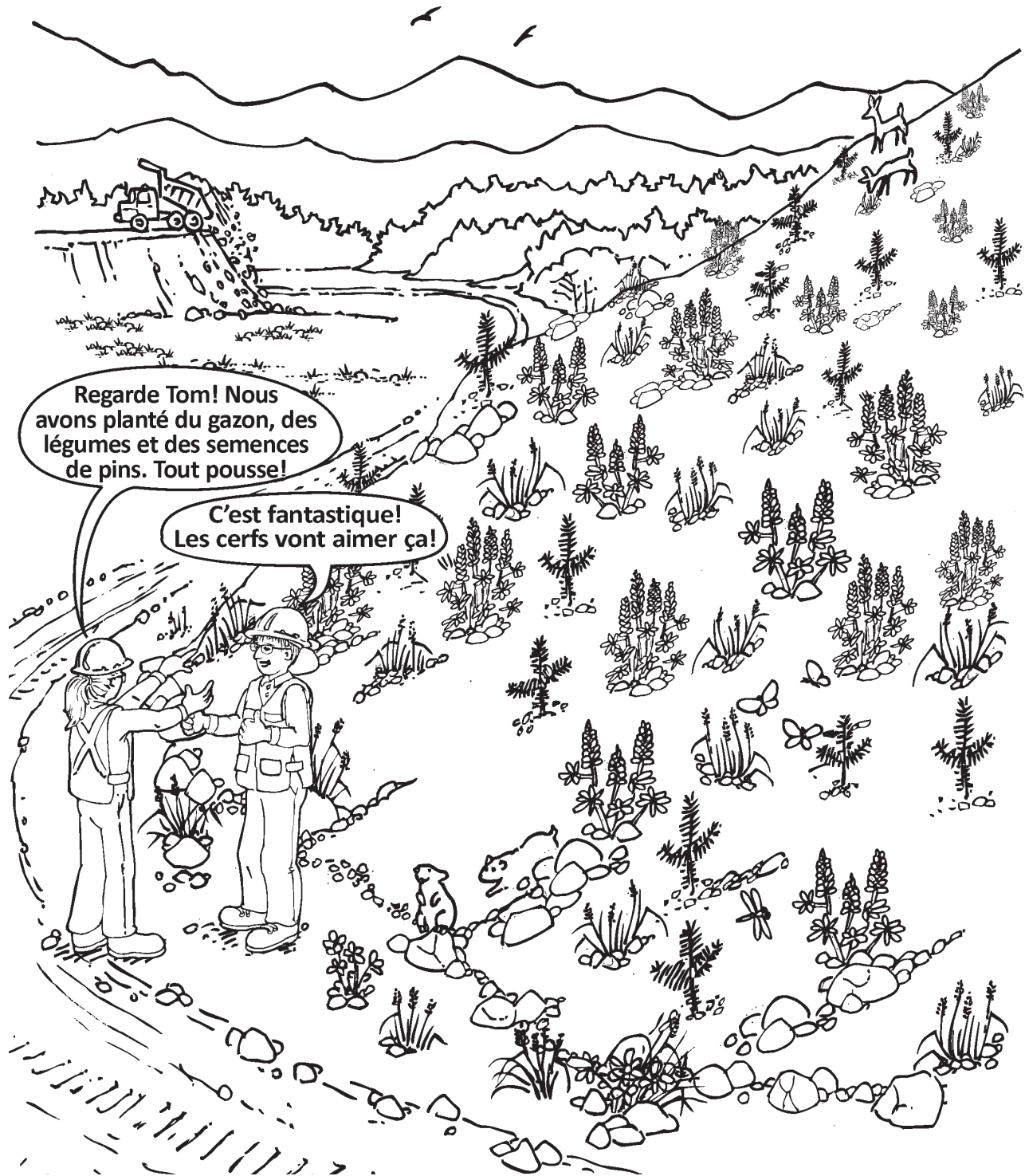


## Partie 4 - Opérations (réhabilitation)

Nous travaillons avec l'équipe environnementale pour entreposer sécuritairement des roches stériles, garder l'eau propre, et protéger l'habitat naturel de la faune.

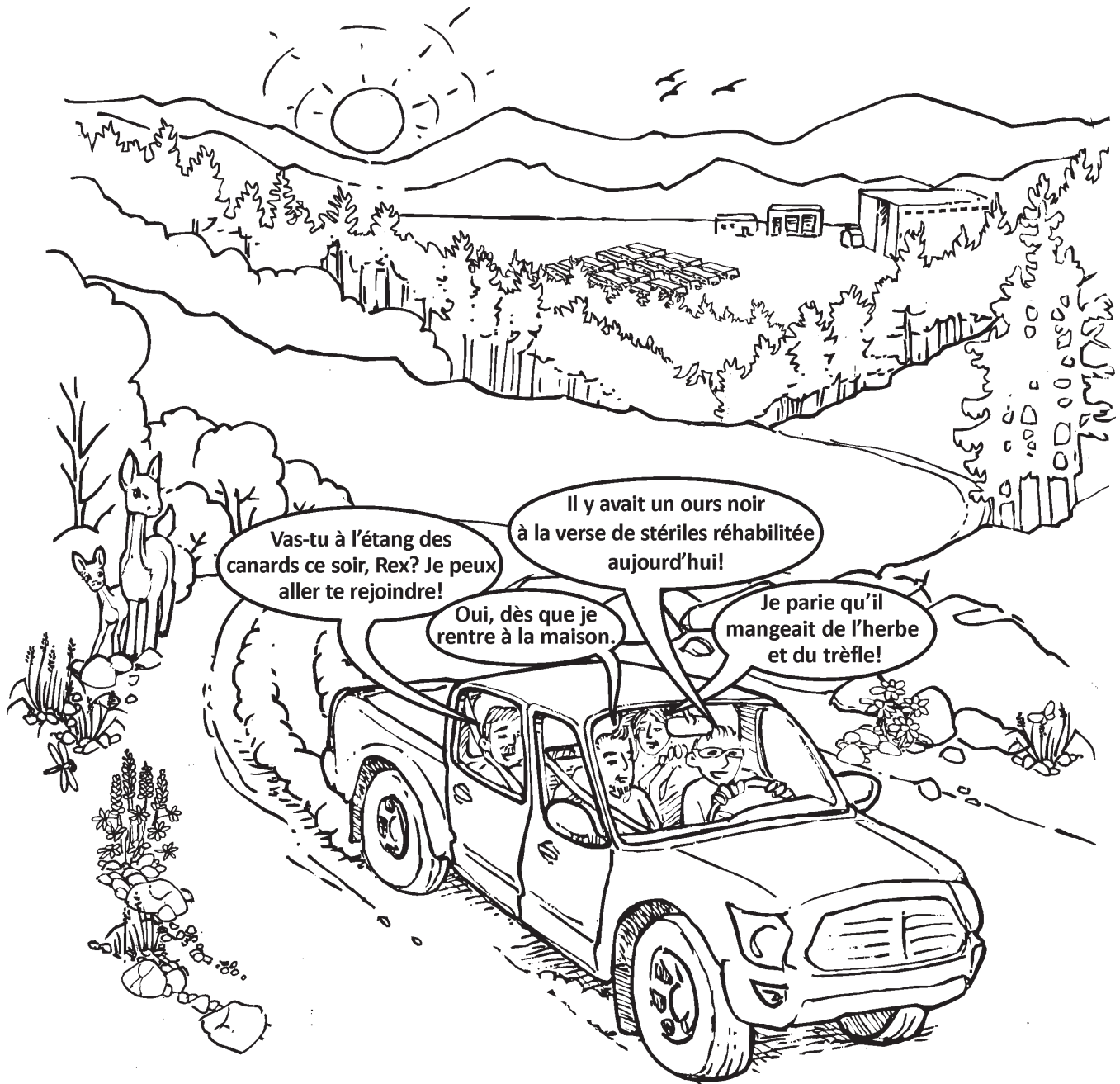


Notre bassin de résidus est situé dans une vallée avec des barrages aux deux extrémités. Quand on augmente la production de concentré au moulin, il faut aussi augmenter la hauteur du barrage de manière à faire de la place pour le résidu additionnel.



Les roches stériles ont été transportées à la décharge à roches stériles que notre équipe d'ingénieurs des mines a préalablement planifiée. Lorsque la hauteur, la largeur et la profondeur de la verse sont arrivées à son maximum, le parc doit être réhabilité. L'équipe environnementale réduit les pentes de la décharge à l'aide de bulldozers. Ils recouvrent ensuite la pente avec des semences et de jeunes plants. Ils peuvent le faire, même si la mine est opérationnelle.

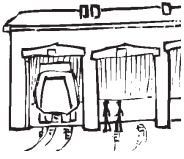
## Partie 4 - Opérations (réhabilitation)



Notre tâche est terminée, mais le travail se poursuit dans la mine, les ateliers d'usinage et le moulin. Ça a été une bonne journée de travail d'équipe et de résolution de problèmes! C'est un beau projet d'avenir!



## Mots Cachés - Ingénieur minier



t n e m e s i g t l f v p r c  
 f l r n m c c n w l w t é n o  
 s a i e u r e d o v n h c o n  
 n m i i c m é t v e a o t i c  
 i s v s e y t s m b n n r t e  
 m r p p a a c e i t p a a c p  
 e c m m t b c l r d c l n u t  
 h a u i e n i ô a i u p s r i  
 c u o i a t l l e g l s p t o  
 l n a n a e k l i c e v o s n  
 n o i t a s i l i t u é r n w  
 d f i p r o f i t s é k t o y  
 y o z t e x c a v a t r i c e  
 n é r t n e c n o c h i m i e  
 i n g é n i e u r n o i m a c



profits  
 concentré  
 conception  
 financement  
 plan

réutilisation  
 résidus  
 campement  
 contrôle  
 ingénieur

machine  
 réhabilitation  
 chemins  
 temps  
 chimie

cuivre  
 excavatrice  
 minerais  
 recyclage  
 transport  
 construction

flottation  
 camion  
 mine à ciel  
 ouvert  
 faisabilité  
 gisement

## Réponses

### Page 6 Table Étude de faisabilité

Lorsque le cuivre est à **\$3.00/lb** (\$6,600/tonne): Valeur du minerai (**\$8,415,000,000**) - (moins) Coûts de construction, l'exploitation et la réhabilitation (**\$5,320,000,000**) = **\$3,095,000,000**. Ce profit signifie que la mine peut être développée.

Si le cuivre est à **\$2.00/lb** (\$4406/t) la valeur du minerai est de seulement (**\$5,617,726,500**).

Si les coûts demeurent les mêmes, alors la marge de profit sur 18 ans est de (**\$5,617,726,500 - \$5,320,000,000**) = **\$297,726,500**, une valeur qui donne un taux de rendement sur l'investissement trop faible vu les coûts énormes pour la construction, l'exploitation et la réhabilitation.

### Page 9 Machines simples et complexes

Camion de transport (roues et essieu), Convoyeur (roues et essieu), Route de mine (plan incliné), Forage rotatif (vis), Pelle à câble (poulie et la cale), Pelle hydraulique (cale)

### Page 13 Mathématiques de mines

- 1) 7 heures x 60 min/heure = 420 minutes; 420 minutes/40 minutes/voyage = **10 allers-retours**.
- 2) 10 voyages/camions/jour x 250 tonnes/camion x 10 camions = 25,000 tonnes/ horaire de travail; 25,000 tonnes/poste x 3 = **75,000 tonnes/jour**.
- 3) 75,000 tonnes/jour x 365 jours/an = **27,375,000 tonnes/an**.
- 4) 500,000,000 tonnes de réserves de minerai/  
27,375,000 tonnes/an = **18 ans**
- 5) \$50,000/pneu x 6 pneus/camion x 30 camions x 2 changements/an = **coût de \$18,000,000 pour changer les pneus de camions chaque année**.

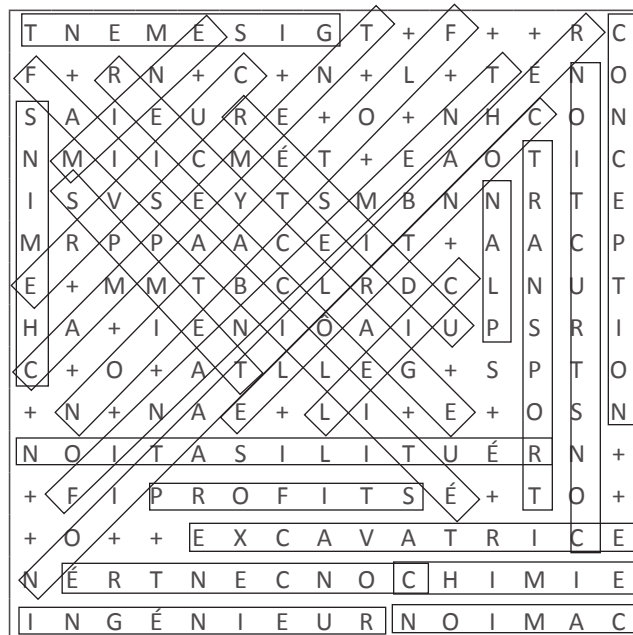
### Page 16 Matériel pour le moulin

75,000 tonnes de minerai/jour x 0.5 kg/tonne de billes d'acier = **37,500 kg de billes d'acier ajoutées chaque jour**.

### Page 19 Mots chiffrés

- 1) Câble électrique
- 2) Ordinateur portatif
- 3) Tuyau d'eau
- 4) iPod
- 5) Bijoux
- 6) Télévision
- 7) Avion
- 8) Trompette
- 9) Auto hybride
- 10) Marmite
- 11) Téléphone cellulaire

### Page 23 Mots cachés







#### **MineralsEd**

MineralsEd is an educational organization operating in British Columbia that is dedicated to encouraging and supporting Earth science, mineral resources and mining education in school. It is a non-partisan, charitable organization.  
[www.MineralsEd.ca](http://www.MineralsEd.ca)



#### **CIM - Vancouver Branch**

Founded in 1898, the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) is the leading technical society of professionals in the Canadian Minerals, Metals, Materials and Energy Industries. CIM has always maintained three main objectives: to facilitate the exchange of knowledge and technology, to foster networking, professional development and fraternity, to recognize excellence and outstanding achievements in the minerals industry.

The Vancouver branch annually supports minerals education in K-12 and awards scholarships to post-secondary students in the fields of geology, metallurgy and mining.

[www.cim.org](http://www.cim.org)