

# GT 90-01

COUP D'OEIL SUR L'EXPLORATION MINIERE

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



*Licence*

Cette première page a été ajoutée  
au document et ne fait pas partie du  
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 

COUP D'OEIL SUR  
L'EXPLORATION  
MINIÈRE



Québec 

COUP D'OEIL SUR  
L'EXPLORATION  
MINIÈRE

Publié et diffusé par  
le ministère de  
l'Énergie et des  
Ressources  
5700, 4<sup>e</sup> Avenue ouest  
Charlesbourg  
(Québec)  
G1H 6R1

Dépôt légal  
Bibliothèque  
nationale du Québec  
4<sup>e</sup> trimestre - 1990  
ISBN 2-550-21194-4

Publication  
GT 90-01

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	5
1. L'industrie minière .....	6
2. L'exploration, premier pas vers l'exploitation minière ...	8
3. L'environnement géologique .....	11
4. Les étapes de l'exploration minière .....	16
Étape 1: Acquisition de la propriété .....	16
Étape 2: Travaux géoscientifiques préliminaires ..	17
Étape 3: Travaux géoscientifiques détaillés .....	17
Étape 4: Évaluation du gisement .....	18
Étape 5: Étude de faisabilité .....	19
Étape 6: Exploitation .....	20
5. Les techniques d'exploration minière .....	20
a. Identification des cibles .....	22
I. Prospection .....	22
II. Levés géologiques .....	23
III. Levés géophysiques .....	25
IV. Levés géochimiques .....	27
b. Vérification des cibles .....	28
I. Creusage de tranchées et décapage de la roche .....	28
II. Forages au diamant .....	29
III. Creusage d'une rampe ou d'un puits d'exploration .....	31
CONCLUSIONS .....	32
LEXIQUE .....	33

## **LISTE DES ENCADRÉS**

La grande aventure .....	7
Les principales substances minérales extraites du sous-sol québécois .....	9
Trois grands acteurs de l'exploration minière .....	9
Les divisions géologiques du Québec .....	13
Une histoire plusieurs fois milliardaire .....	14

## **LISTE DES CROQUIS**

Croquis 1 - Différents gisements minéralisés .....	12
Croquis 2 - Disposition des affleurements sur le terrain....	24
Croquis 3 - Levés électromagnétiques .....	26
Croquis 4 - Levés géochimiques .....	27
Croquis 5 - Diverses interprétations du pendage de zones minéralisées .....	30

## **TABLEAU**

Les étapes de l'exploration minière .....	21
---	----

## INTRODUCTION

Le secteur minier joue un rôle très important dans l'activité industrielle. En fait, il est essentiel à notre prospérité économique. Le sous-sol québécois renferme en effet les matières premières d'une foule de produits sans lesquels notre quotidien serait beaucoup plus difficile.

Essayons seulement d'imaginer ce que serait notre vie sans outils et sans ustensiles, sans électricité et sans téléphone, sans téléviseurs et sans ordinateurs, sans autos et sans matériaux de construction... Or, tous ces éléments de notre bien-être, sans oublier le simple clou et la puce d'ordinateur, non plus que la pièce de monnaie ou la pointe du stylo, sont dérivés directement ou indirectement du secteur minier.

# 1 L'INDUSTRIE MINIÈRE

L'industrie minière génère de nombreuses activités qui vont de la prospection à la transformation primaire. Au Québec, cette industrie a une production qui dépasse les 2,8 milliards de dollars par année. Environ 13 % des exportations chargées au Québec proviennent du secteur minier (aluminium exclu).

Les principales substances minérales exploitées au Québec sont le fer, l'or, l'ilménite et ses dérivés, le fer de refonte et l'oxyde de titane. En 1990, on évaluait chacune de ces productions entre 300 M\$ et 600 M\$ par année. Venaient ensuite la pierre, le cuivre, le zinc, le ciment et l'amiante, qui rapportaient entre 100 M\$ et 300 M\$. L'ensemble de ces substances généraient à elles seules plus de 90 % de la valeur de la production minière québécoise.

En fait, plus de 21 000 emplois sont directement liés à l'exploration, à l'exploitation et à la transformation primaire du minerai. Si l'on considère les emplois indirects et induits, on constate que le secteur minier fait vivre près de 75 000 travailleuses et travailleurs québécois.

Le secteur minier se subdivise en deux grands sous-secteurs : l'exploration, qui englobe toutes les activités de recherche préalables à la découverte d'un gisement, et l'exploitation, qui regroupe, entre autres, tous les travaux requis pour la mise en production de ce gisement. Le présent document est consacré plus spécifiquement à l'exploration minière.



## LA GRANDE AVENTURE

L'industrie minière québécoise a vu le jour presque en même temps que la colonie. Son histoire se subdivise en quatre grandes périodes. De 1736 jusqu'en 1840, ce fut l'essor des forges du Saint-Maurice et l'amorce de l'exploitation des réserves de matériaux de construction.

La période de 1840 à 1920 fut marquée par d'importantes découvertes : l'or dans la Beauce, le cuivre, la pyrite, le chrome et, surtout, l'amiante en Estrie.

En 1920, l'industrie minière québécoise entrait dans une ère de grande expansion qui devait durer jusqu'en 1950. Elle se développa d'abord vers le Nord-Ouest, où l'on découvrit des gisements cuprifères et aurifères en Abitibi-Témiscamingue et à Chibougamau, puis vers la Gaspésie, où l'on mit au jour les réserves de cuivre de Murdochville, et enfin vers la Côte-Nord, où l'on mit en valeur des gisements de fer exploitables industriellement. C'est également au cours de cette période que l'industrie de l'amiante parvint à maturité.

Depuis les années cinquante, le secteur minier québécois a connu tour à tour des années de prospérité, des périodes de crises et des efforts de relance. Après la mise en exploitation des gisements de cuivre (Chibougamau et Matagami), de fer (Côte-Nord), de zinc (Matagami), et de niobium (Lac-Saint-Jean), on connut les fermetures progressives des mines d'or et de métaux de base en Abitibi, la chute de la production d'amiante en Estrie et la fermeture de certaines villes minières sur la Côte-Nord (Schefferville et Gagnon). Au début des années 80, la relance de l'exploration rendue possible par les actions accréditatives permit la découverte et la mise en production de plusieurs nouveaux gisements d'or et de métaux de base, surtout en Abitibi.

La période débutant avec les années 50 a également été marquée par l'intervention directe du gouvernement du Québec qui créa le Centre de recherches minérales et de grandes sociétés d'État directement liées au secteur mines : SIDBEC (sidérurgie), SOQUEM (exploration minière), SOQUIP (pétrole et gaz naturel), la SDBJ (Baie-James), la SNA (amiante).

## L'EXPLORATION, PREMIER PAS VERS L'EXPLOITATION MINIÈRE

La découverte d'un gisement pouvant mener à l'ouverture d'une mine est basée sur un ensemble d'activités de recherche connues sous le vocable **exploration**.

Dans les pages qui suivent, nous démontrerons l'importance de l'exploration minière et nous en expliquerons les principales phases. Nous ne traiterons toutefois que des travaux effectués dans le but de découvrir des gisements de minéraux métalliques.

L'exploration minière est essentielle au renouvellement des ressources minérales. C'est l'assise sur laquelle repose toute l'industrie minière et qui détermine toute son évolution. Depuis 1980, le secteur minier québécois a bénéficié d'investissements annuels totalisant de 500 millions à un milliard de dollars. De 10 % à 45 % de ces sommes sont consacrées à l'exploration, le reste allant aux autres activités de l'industrie: mise en valeur, immobilisations, etc. Ainsi, en 1989, l'exploration recevait 24 % (215 millions de dollars) de l'investissement minier total du Québec (886 millions de dollars).

Les ressources minières ne sont pas renouvelables. Les grands gisements découverts jusqu'à maintenant seront tôt ou tard vidés de toutes leurs richesses. Si l'on veut maintenir l'industrie minière à son niveau actuel et, éventuellement, favoriser sa croissance, il faut trouver d'autres gisements à exploiter.

## LES PRINCIPALES SUBSTANCES MINÉRALES EXTRAITES DU SOUS-SOL QUÉBÉCOIS SONT :

- le fer (2<sup>e</sup> rang canadien),
- l'or (2<sup>e</sup> rang canadien, 10<sup>e</sup> rang mondial),
- l'ilménite, qui sert à produire le bioxyde de titane, (1<sup>er</sup> rang canadien, 2<sup>e</sup> rang mondial),
- la pierre (2<sup>e</sup> rang canadien),
- le cuivre (3<sup>e</sup> rang canadien),
- le zinc (6<sup>e</sup> rang canadien),
- l'amiante (1<sup>er</sup> rang canadien, 2<sup>e</sup> rang mondial).

## TROIS GRANDS ACTEURS DE L'EXPLORATION MINIÈRE

### **Le ministère de l'Énergie et des Ressources**

Le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (MER) est né en 1979 de la fusion du ministère des Terres et Forêts avec les directions générales de l'Énergie et des Mines du ministère des Richesses naturelles.

Le MER est chargé de gérer et mettre en valeur les terres publiques et les ressources forestières, minérales et énergétiques du Québec. Par le truchement du secteur Mines, le MER s'efforce de faciliter l'exploration et l'exploitation du potentiel minier québécois et ce, dans l'intérêt de toute la population.

Le MER est chargé d'administrer la **Loi sur les mines** et donc d'harmoniser le développement minier du Québec. Il apporte également au secteur minier un soutien technique important en compilant toutes les données géoscientifiques, en effectuant sur le terrain des travaux géoscientifiques et en mettant en oeuvre des programmes d'aide à l'exploration ou à l'exploitation minière dans diverses régions du Québec.

Abstraction faite des crédits alloués à la Société nationale de l'amiante, le MER gère un budget annuel d'environ 40 millions, dont près de la moitié sont administrés par la Direction générale de l'exploration géologique et minérale (DGEGM). Cette direction, chargée d'élargir la connaissance géoscientifique du territoire québécois, gère EXAMINE, une banque de données bibliographiques où l'on retrouve des informations cumulées depuis plus de 50 ans. La DGEGM a également réuni plus de 44 000 documents, près de 100 000 cartes et quelque 75 000 microfiches.

### **L'Association des prospecteurs du Québec**

L'Association des prospecteurs du Québec (APQ) regroupe 650 individus et 200 entreprises intéressés directement ou indirectement à l'exploration minière. Elle a été fondée en 1976 par un groupe de prospecteurs, de géologues et de géophysiciens pour défendre, développer et promouvoir cette importante activité. Depuis 1987, l'APQ a son siège social à Val-d'Or, au coeur de l'Abitibi, principale région minière du Québec.

La plupart de ses membres exercent une profession de nature scientifique (géologues, géophysiciens, géochimistes), administrative (comptables, fiscalistes, courtiers) ou légale (avocats). L'Association s'enrichit également de la participation de nombreux techniciens et d'une cinquantaine de prospecteurs traditionnels.

Les entreprises membres de l'APQ se recrutent parmi les compagnies d'exploration et de services qui oeuvrent directement ou indirectement dans le secteur minier: firmes d'ingénieurs-conseils, bureaux de courtiers, comptables ou avocats, laboratoires, entreprises de forage, etc.

L'APQ intervient dans tous les dossiers qui affectent de près ou de loin son secteur d'activité. Selon les circonstances, ces interventions peuvent revêtir un caractère politique, administratif ou promotionnel.

### **L'Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec**

L'Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec (APGGQ) réunit 400 membres qui oeuvrent surtout dans le secteur de l'exploration minière, mais qui s'intéressent également à la construction, à l'environnement et au génie civil. Son but premier consiste à faire valoir le travail de ses membres, tant auprès de leurs clients que du public en général, et de les encadrer dans l'exercice de leurs fonctions.

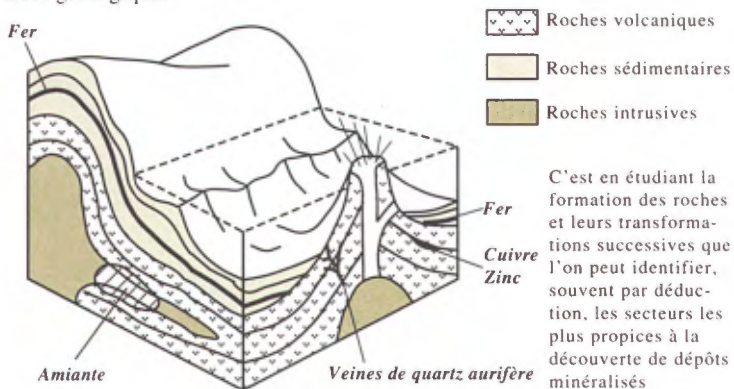
Les géologues et les géophysiciens s'emploient surtout à explorer et à exploiter les ressources naturelles et, particulièrement, les minéraux précieux, semi-précieux et industriels. Ils tracent des cartes géologiques, effectuent des levés géophysiques, des forages, etc. L'expertise de ces professionnels est également essentielle dans les secteurs de la construction, du génie civil et de l'environnement.

La géologie est la science qui étudie la nature et la formation des roches et de la croûte terrestre. Les roches sont classées en trois grandes familles (voir croquis 1) :

- les roches ignées, qui se subdivisent elles-mêmes en deux catégories :
  - les roches volcaniques (effusives) - issues du magma qui s'est écoulé en surface sous forme de lave ou qui a explosé en de multiples fragments; (Ex. : basalte de l'Abitibi)
  - les roches intrusives - provenant du magma qui a pénétré d'anciennes roches et s'est solidifié avant d'atteindre la surface (Ex. : les collines montréalaises, les monts Saint-Hilaire et Royal)
- les roches sédimentaires, qui sont composées de matériaux solidifiés venant de l'érosion d'anciennes roches, de précipitations chimiques ou de l'accumulation de matières organiques (fossiles); (Ex. : calcaire de la région de Montréal)
- les roches métamorphiques : roches ignées ou sédimentaires qui ont subi des modifications physiques et chimiques sous l'effet de fortes pressions et de températures très élevées. (Ex. : Gneiss des Laurentides)

## Croquis 1 - Différents gisements minéralisés

Différents gisements minéralisés, selon leur environnement géologique.



Entre le moment où l'on entreprend un programme d'exploration et celui où une nouvelle mine est mise en production, il peut s'écouler jusqu'à dix ans. Pendant ce temps, des millions de dollars auront été investis. Même s'ils ne conduisent pas toujours à la découverte d'un gisement exploitable avec profit, les travaux d'exploration permettent d'acquérir des connaissances géoscientifiques importantes qui aident à mieux comprendre la géologie d'un secteur et à dégager des modèles d'interprétation qui pourront ultérieurement mener à des découvertes. Il est donc de la plus haute importance de bien comprendre l'environnement géologique avant d'entreprendre un programme d'exploration.

On doit notamment connaître à fond l'évolution géologique de la région que l'on veut explorer car, les divers types de gisements se trouvent dans des environnements géologiques bien déterminés. Ainsi, les immenses gisements de fer de la Côte-Nord se sont formés dans un milieu sédimentaire marin peu

profond alors que les nombreux dépôts de cuivre, de zinc et d'or de l'Abitibi se trouvent à proximité de volcans aujourd'hui disparus et que les vastes réserves d'amiantes de l'Estrie viennent de l'altération de grandes masses de roches intrusives.

## LES DIVISIONS GÉOLOGIQUES DU QUÉBEC ET DU LABRADOR

Le Québec se divise en cinq grandes régions géologiques :



 *Plate-forme du Saint-Laurent*

 *Orogène des Appalaches*

 *Province de Churchill*

 *Province du lac Supérieur*

 *Province de Grenville*

 *Province de Nain*

- La province du lac Supérieur, englobe la plupart des gisements d'or, de cuivre et de zinc associés aux roches volcaniques de l'Abitibi (de la frontière de l'Ontario au lac Mistassini) ainsi que tous les gîtes miniers de la baie James.
- La province de Churchill, s'étend à l'extrême nord du Québec, le long de la baie d'Ungava, et comprend la fosse du Labrador, avec ses réserves de cuivre, de zinc et de nickel et ses gisements de fer de Schefferville. Malgré ces découvertes, l'exploration minière a été peu poussée dans cette région.
- La province de Grenville englobe grossièrement les Laurentides, l'Outaouais ainsi que la basse et la haute Côte-Nord. Elle recouvre donc la région de Fermont où l'on trouve d'immenses gisements de fer et des réserves de graphite, celle de Mont-Laurier avec ses gisements de graphite et les gîtes d'or de Montauban.
- La plate-forme du Saint-Laurent, est surtout constituée de roches sédimentaires, dont on tire d'importantes quantités de minéraux industriels et de matériaux de construction.
- L'orogène des Appalaches, comprend l'ancienne exploitation de cuivre et les gisements d'amiantes de l'Estrie ainsi que les gîtes de cuivre de la Gaspésie et les placers d'or de la Beauce, aujourd'hui désaffectés.

## Une histoire plusieurs fois milliardaire

La Terre est une dame âgée de plusieurs milliards d'années. Tout au cours de sa très longue histoire, les roches ont été tour à tour plissées, fracturées et comprimées. Au Québec, où l'on retrouve certaines des roches les plus vieilles de la planète, on voit de nombreux exemples de ces déformations. Ainsi, les bandes de roches sédimentaires et volcaniques de l'Abitibi, qui étaient originellement horizontales, sont maintenant en grande partie verticales.

Cette bonne vieille Terre a subi bien d'autres sévices. Ainsi, des glaciations ont profondément bouleversé le territoire du Québec érodant les roches et laissant sur le sol des dépôts de sable, de gravier et d'argile. Ces dépôts recouvrent désormais de 90 % à 95 % de la surface rocheuse de notre province.

Pour simplifier l'histoire de la Terre, nous l'avons transposée sur un calendrier, en fixant arbitrairement sa date de naissance au 1<sup>er</sup> janvier. Donc,

- vers la mi-avril (c'est-à-dire il y a quelque 3,5 milliards d'années), les premières roches connues (telles les roches abitibiennes) se sont formées;
- à la mi-novembre (il y a environ 600 millions d'années), la vie aquatique faisait son apparition;
- le 27 décembre (il y a 65 millions d'années), les derniers dinosaures s'éteignaient;
- le 31 décembre, vers 15h30 (il y a 5 millions d'années), naissaient les premiers ancêtres de l'homme et la préhistoire prenait fin 30 secondes avant que ne sonne minuit (il y a 5 000 ans);
- quant à notre siècle, il a débuté une demi-seconde avant la fin de cette année bien remplie.



Les transformations subies par les roches compliquent énormément l'exploration minière. Les spécialistes doivent démêler un écheveau très embrouillé afin de découvrir les filons qui valent la peine d'être exploités. Malgré cela, le rythme des découvertes demeure relativement soutenu au Québec. Notre veine est sans doute attribuable à la richesse de notre sous-sol, à l'efficacité de nos techniques d'exploration, au savoir-faire des principaux intéressés, aux connaissances accumulées par nos géologues et aux sources de financement disponibles.

Le ministère de l'Énergie et des Ressources (MER) joue un rôle important dans l'acquisition et la diffusion des connaissances géologiques. Les données accumulées au fil des nombreux projets d'exploration réalisés par les géologues du MER et ceux de l'industrie sont mises à la disposition des différents acteurs du secteur minier et du public, sous forme de cartes et de publications. Avec l'avènement des banques de données informatisées, cette documentation est devenue encore plus facilement accessible.

Avant d'élaborer tout programme d'exploration minière, l'entreprise doit préciser les substances qu'elle souhaite découvrir. Les régions à explorer seront ensuite choisies en fonction de la probabilité qu'il y a d'y trouver ces substances. Pour déterminer l'environnement géologique le plus favorable, les spécialistes ont habituellement recours aux informations disponibles dans les banques de données du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, à la Commission géologique du Canada, au sein des entreprises d'exploration, dans les universités, etc.,

Une fois cette phase préliminaire terminée, l'entreprise peut définir son programme d'exploration. Ce dernier comporte généralement cinq étapes successives correspondant à cinq niveaux de connaissance du potentiel minéral.

Si l'une des étapes du programme ne connaît pas le succès escompté et ne confirme pas le potentiel du site considéré, le projet est généralement abandonné.

### **étape 1- ACQUISITION DE LA PROPRIÉTÉ**

Après avoir précisé les substances qu'elle veut rechercher et déterminé l'environnement géologique le plus susceptible de les receler, la société d'exploration minière est en mesure de franchir une première étape : l'acquisition des droits miniers sur le site visé.

L'acquisition d'une propriété minière peut se faire par le jalonement (obtention du droit minier auprès du ministère de l'Énergie et des Ressources), par l'achat ou la prise d'une option d'achat.

## **étape 2- TRAVAUX GÉOSCIENTIFIQUES PRÉLIMINAIRES**

L'objectif premier des travaux géoscientifiques est d'identifier les meilleures cibles possible. Les méthodes utilisées vont de la prospection traditionnelle aux technologies modernes, telles la géophysique et la télédétection. Cette dernière fait l'étude géologique d'une région ou d'une propriété à partir d'images satellites.

Le coût de cette étape ne représente qu'un très faible pourcentage de l'investissement global requis pour réaliser un programme d'exploration. Néanmoins, il faut habituellement évaluer plusieurs centaines de propriétés minières avant de découvrir un gisement exploitable. Il arrive souvent, en effet, qu'une propriété géologiquement favorable ne renferme aucune cible suffisamment intéressante et qu'elle doive donc être abandonnée.

## **étape 3 - TRAVAUX GÉOSCIENTIFIQUES DÉTAILLÉS**

Après avoir identifié des cibles (deuxième étape), il faut vérifier leur potentiel en creusant des tranchées, en décapant les roches ou en effectuant des forages au diamant. On évalue d'abord les meilleures cibles, puis celles qui semblent moins prometteuses.

Dans la plupart des cas, on ne peut pas vérifier toutes les cibles identifiées, soit parce qu'elles sont trop nombreuses, que les budgets d'exploration sont limités ou que les premiers travaux s'avèrent très peu encourageants. Rappelons toutefois que les méthodes actuelles ne permettent pas d'évaluer à fond les propriétés. On ne peut donc jamais affirmer qu'un terrain où l'on n'a découvert que des filons apparemment médiocres ne renferme pas de gisement économiquement rentable.

La plupart des programmes d'exploration sont interrompus après cette étape car les découvertes d'indices prometteurs sont rares. Toutefois, si l'un des forages s'avère positif, par une intersection minéralisée dans un contexte géologique favorable, le programme d'exploration se poursuit et l'on passe à la quatrième étape.

#### **etape 4- EVALUATION DU GISEMENT**

A la quatrième étape, on évalue l'indice minéralisé avec plus de précision afin de découvrir s'il est suffisamment prometteur pour justifier une étude de faisabilité. L'entreprise d'exploration effectue d'abord une série de forages rapprochés pour déterminer l'importance de l'indice.

Plusieurs entreprises, notamment celles qui recherchent des gisements aurifères, creusent ensuite une rampe ou un puits d'exploration afin de prélever un échantillon en vrac. Elles peuvent ainsi broser le portrait physique du gisement en déterminant sa forme, son pendage, son épaisseur ainsi que sa profondeur et faire une évaluation préliminaire des réserves qu'il renferme en termes de tonnage et de teneur.

Cette étape nécessite des investissements considérables pouvant se chiffrer à plusieurs dizaines de millions de dollars, surtout si elle comporte le forage d'une rampe ou d'un puits. C'est la partie la plus coûteuse du programme d'exploration.

## **étape 5 - ÉTUDE DE FAISABILITÉ**

Cette dernière étape du programme d'exploration est consacrée à l'évaluation de la rentabilité du gisement. L'entreprise détermine alors les coûts qu'elle devrait défrayer pour exploiter ce gisement étant donné ses caractéristiques physiques (largeur, profondeur, longueur, etc.), sa minéralisation (teneur, tonnage) et les techniques d'exploitation qu'il lui faudrait utiliser. Elle doit de plus évaluer le coût des immobilisations requises (chevalement, usine de concentration «moulin», bureaux, etc.) et analyser les tendances des prix des métaux qu'elle se propose d'exploiter.

L'étude de faisabilité est généralement effectuée par des firmes d'ingénieurs-conseils indépendantes. C'est en se basant sur ce document que les gestionnaires de l'entreprise décideront d'exploiter ou non le gisement. S'ils décident d'aller de l'avant, ils devront obtenir les fonds requis en s'adressant aux banques et aux investisseurs. Faute de financement, le projet sera abandonné ou mis en veilleuse jusqu'à ce que des techniques d'exploitation moins coûteuses soient mises au point ou que le prix du métal augmente suffisamment pour que l'exploitation devienne rentable.

## étape 6- EXPLOITATION

Lorsque les travaux d'exploration sont terminés et que l'on décide de poursuivre le projet, on passe à l'exploitation.

Les fonds requis pour la mise en production d'une mine varient selon le type de gisement et son importance. Pour une mine d'or, par exemple, on devra investir de 15 à 100 millions de dollars. Rappelons que les gisements aurifères sont généralement exploités pendant dix à douze ans, qu'ils renferment de trois à quatre millions de tonnes de minerai, que leur valeur brute se situe habituellement autour de 225 millions de dollars et que leur exploitation crée entre 75 et 300 emplois.

## 5 LES TECHNIQUES D'EXPLORATION MINIÈRE

On distingue deux types de techniques d'exploration minière. Les premières permettent d'identifier des cibles prometteuses (prospection, levés géologiques, géophysiques ou géochimiques, etc.) et les deuxièmes de les vérifier (creusage de tranchées, décapage de roches, forage au diamant, creusage de rampes ou de puits d'exploration).

# TABLEAU DES ÉTAPES DE L'EXPLORATION MINIÈRE

## ÉTAPES

## MOYENS

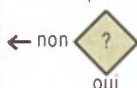
### TRAVAUX D'EXPLORATION PRÉLIMINAIRES

1-Acquisition de propriété

- Acquisition et confrontation des données géoscientifiques existantes.
- Évaluation préliminaire de l'environnement géologique.
- Jalonnement, achat ou option sur propriétés minières.

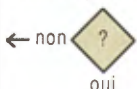
2-Exécution de travaux géoscientifiques de base

- Coupe de ligne.
- Prospection.
- Levés géologiques.
- Levés géophysiques.
- Levés géochimiques.



3-Exécution de travaux géoscientifiques détaillés

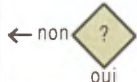
- Augmentation de la densité et de la qualité de l'information recueillie:
  - Levés géologiques, géophysiques et géochimiques détaillés.
  - Tranchées et décapage mécanique.
  - Forage au diamant.



### TRAVAUX D'EXPLORATION AVANCÉS

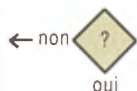
4-Quantification des ressources

- Forage de définition.
- Fonçage de puits ou de rampe d'exploration.
- Échantillonnage en vrac.
- Évaluation des réserves (tonnage, teneur et forme du gisement).



5-Étude de faisabilité

- Évaluation de la viabilité financière du projet.
  - Coûts d'exploitation.
  - Coûts d'immobilisation.
  - Réserves de minerais.
  - Prévisions de l'évolution du prix des métaux.



6-Exploitation du gisement

### MISE EN PRODUCTION



= Évaluation des résultats: Le potentiel de la propriété demeure-t-il aussi intéressant qu'à l'étape précédente?

Les techniques d'exploration du premier type sont particulièrement utiles à la deuxième étape d'un programme d'exploration. Toutefois, on peut également y avoir recours lors des étapes ultérieures car l'entreprise d'exploration doit constamment approfondir les connaissances qu'elle a de sa propriété. Les techniques du deuxième type servent davantage aux troisième et quatrième étapes; elles nécessitent des investissements plus importants que les premières.

## A-IDENTIFICATION DES CIBLES

### I. Prospection

Jusqu'à la fin des années 50, la prospection a été la principale forme d'exploration minière. Au Québec, cette activité relativement efficace et peu coûteuse a permis de découvrir des indices qui ont conduit à la mise en production de nombreuses mines, dont certaines sont encore actives. Aujourd'hui, quelques centaines d'individus pratiquent encore la prospection conventionnelle en Abitibi, en Estrie-Beauce et dans les territoires rendus plus accessibles à la suite de travaux forestiers ou hydroélectriques (Baie James).

Ces prospecteurs ont encore recours à des techniques telles

- la recherche de débris glaciaires minéralisés (blocs minéralisés),
- l'échantillonnage des affleurements minéralisés,
- le creusage de tranchées,
- la détection de minéraux lourds dans les sédiments de ruisseaux, à l'aide d'une batée,



- le sondage de la roche, avec une barre de métal, afin de déceler à travers le couvert végétal des sonorités correspondant à différentes minéralisations (Ex.: quartz).

Lorsqu'ils identifient des indices prometteurs, les prospecteurs autonomes jalonent le terrain et le font enregistrer afin d'en acquérir les droits miniers. Généralement, ils vendent ensuite leur propriété à des compagnies d'exploration qui poursuivront les travaux entrepris en faisant appel à des méthodes plus sophistiquées et plus dispendieuses.

Les méthodes couramment utilisées par les entreprises d'exploration relèvent de la géologie, de la géophysique, de la géochimie, etc. Le recours à ces techniques est rendu nécessaire parce que le recouvrement glaciaire et végétal ne laisse à la prospection que 5 à 10 % de la superficie de la roche visible. Pour vérifier le potentiel minier des sites recouverts, il a fallu mettre au point des techniques d'exploration plus efficaces.

## **II. Levés géologiques**

Les levés géologiques permettent d'obtenir des informations sur la nature des roches et sur les phénomènes associés aux minéralisations. Les cartes géologiques dressées à partir de l'interprétation de ces informations indiquent les roches présentes dans la région étudiée et elles reconstituent brièvement l'histoire de leur formation. Ces documents cartographiques permettent de mieux évaluer les chances de trouver des gisements économiquement rentables.

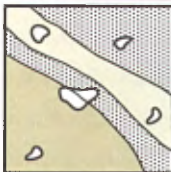
Reconstituer l'histoire des roches est d'autant plus difficile qu'elles ont subi de nombreuses transformations. De plus, de 90 % à 95 % du socle rocheux est recouvert de dépôts glaciaires et les roches qui affleurent sont presque toujours couvertes de mousses ou de lichens. A partir d'une même série d'affleurements, on peut faire plusieurs interprétations différentes. En voici un exemple simplifié.

### Interprétations géologiques - Croquis 2

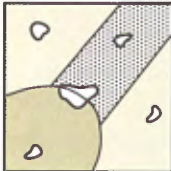
*Disposition des affleurements sur le terrain*






*Première interprétation*



*Deuxième interprétation*



Cet assemblage rocheux peut être interprété de diverses façons. Selon une première interprétation, les deux affleurements de roche volcanique appartiennent à des bandes différentes alors que les deux affleurements de roche sédimentaire sont des éléments d'une même bande. D'autres spécialistes soutiendraient exactement le contraire. Toutefois, des études plus poussées pourraient permettre de trancher le débat.

-  Roche sédimentaire
-  Roche volcanique
-  Roche intrusive

Les informations géologiques sont mises à jour au fur et à mesure que des travaux d'exploration sont effectués sur une propriété. On évalue donc de plus en plus précisément le potentiel minier de la propriété et on peut choisir de façon plus éclairée les cibles à vérifier par le creusage de tranchées ou les forages.

Toutes les étapes d'un programme d'exploration comportent des travaux géologiques. Les données recueillies permettent de délimiter la région à explorer à la phase I et de maximiser la rentabilité de l'exploitation à la phase VI. Grâce au travail des géologues, on peut également découvrir de nouvelles réserves de minerai.

Au cours des dernières années, la connaissance géologique des régions minières du Québec s'est considérablement élargie. Cette progression, qui favorise la croissance du secteur minier québécois, résulte des efforts soutenus du gouvernement, de l'industrie, et des universités.

### **III. Levés géophysiques**

La géophysique est la science qui étudie les propriétés physiques de la terre et des roches. La connaissance de ce domaine permet à l'explorateur minier de mieux comprendre certaines caractéristiques des roches et, surtout, de définir plus précisément les cibles à examiner de plus près par des tranchées ou des forages.

Les géophysiciens font appel à deux catégories de méthodes :

- les méthodes directes, auxquelles ils ont recours pour mesurer certaines caractéristiques de la roche : magnétisme, gravité, radioactivité, etc.;

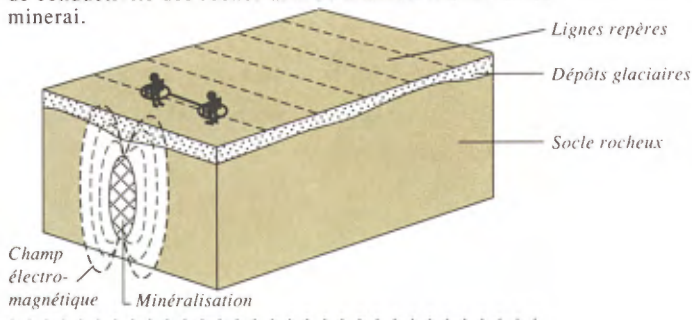
- les méthodes indirectes, qui leur permettent de mesurer la vitesse de propagation des ondes de choc ou la variation des courants électriques dans la roche : sismique, polarisation provoquée, méthodes électromagnétiques, etc.

En langage d'exploration, l'action de mesurer un phénomène quelconque et d'en dresser un plan s'appelle «levé». Donc, lorsque le géophysicien mesure les variations du champ magnétique terrestre à l'aide d'un magnétomètre, il fait un levé magnétique.

Les levés géophysiques permettent de détecter certaines anomalies ou cibles sur une propriété minière. Ces anomalies sont rarement causées par un gisement important. La plupart sont attribuables à des phénomènes géologiques spécifiques (faille, pli, contact entre des roches de natures différentes, etc.) ou à des concentrations non économiques de certains minéraux. Cependant, quelques-unes de ces anomalies permettront de découvrir un gisement.

### Croquis 3 - Levés électromagnétiques

Lors des levés électromagnétiques, le géophysicien utilise des cadres horizontaux et mesure les différences de conductivité des roches afin de détecter des zones de minéral.



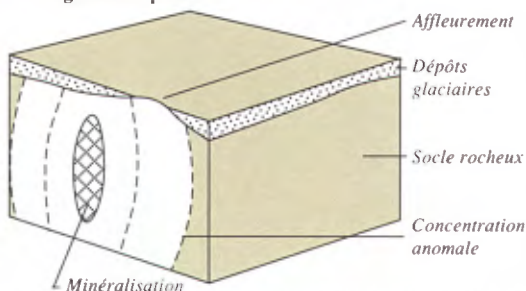
La géophysique est principalement utilisée au cours des deuxième et troisième étapes d'un programme d'exploration. Elle demeure néanmoins un outil complémentaire important à toutes les étapes, car elle permet de préciser le portrait global de la propriété ou d'élargir les connaissances que l'on a d'un gisement. Cette approche a pourtant des limites; elle ne remplace pas l'observation directe des formations rocheuses et ne permet pas de déterminer avec certitude la présence de minéralisations, la quantité de minerai qu'elles renferment non plus que sa qualité.

#### IV. Levés géochimiques

La géochimie d'exploration signale les faibles concentrations de certains éléments chimiques qui accompagnent le minerai dans la roche, les sols, la végétation et l'eau. La détection de ces «anomalies géochimiques» fournit d'excellents indices de la présence possible de minerai. La géochimie d'exploration permet aussi de découvrir les éléments indicateurs ou éléments chimiques secondaires, qui signalent la présence de zones d'anomalies autour des gisements. Ces zones étant beaucoup plus grandes que les gisements eux-mêmes, elles facilitent leur détection.

##### Croquis 4 - Levés géochimiques

Grâce à la géochimie d'exploration, on peut mesurer des concentrations anormales de métaux recherchés ou détecter des éléments qui indiquent la présence possible de zones minéralisées dans un secteur donné.



Comme les travaux de géophysique, les levés géochimiques sont principalement utilisés aux cours des deuxième et troisième étapes du programme d'exploration. Cependant, ils sont eux aussi importants aux autres étapes, car ils permettent de brosser le portrait géologique global d'une propriété et d'étudier le comportement chimique d'un gisement.

Les résultats des levés géochimiques ne sont pas toujours faciles à interpréter. Bon nombre d'anomalies géochimiques peuvent, en effet, être causées par la pollution ou par des concentrations négligeables de minerai. Le géochimiste d'exploration peut cependant compter sur le développement de méthodes mathématiques puissantes, avec traitement informatique, pour l'aider à reconnaître les anomalies intéressantes.

## VERIFICATION DES CIBLES

### **I.Creusage de tranchées et décapage de la roche**

Au cours de la deuxième étape d'un programme d'exploration, les entreprises font couramment appel au creusage de tranchées et au décapage de la roche là où les conditions de terrain et l'environnement le permettent, c'est-à-dire quand le socle rocheux affleure ou est situé à moins de trois mètres de la surface.

Les tranchées et le décapage sont des techniques peu dispendieuses, faciles à utiliser et qui demandent peu d'équipement. On enlève le couvert végétal à l'aide d'un bélier mécanique pour mettre la roche à nu, puis on prélève une série d'échantillons. Si les résultats sont négatifs, on remet simplement le couvert végétal en place. S'ils sont positifs, on effectuera des forages afin de vérifier la continuité de la minéralisation.

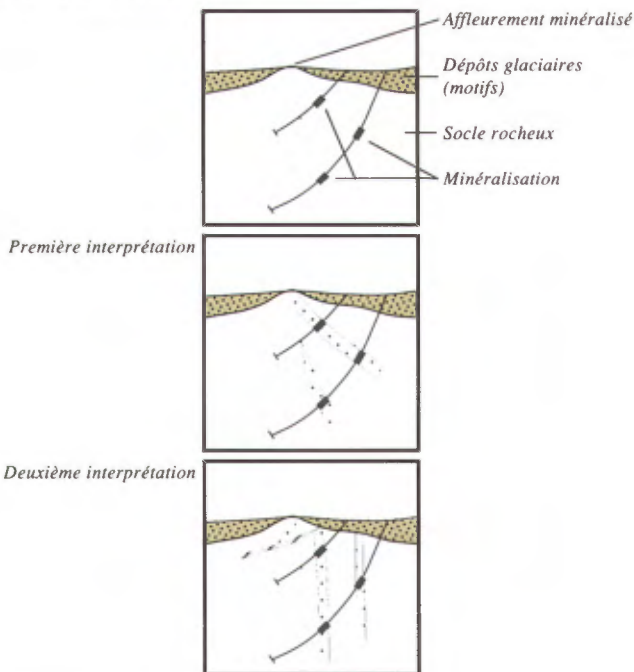
## **II. Forages au diamant**

Ces travaux sont exécutés pour recueillir des échantillons de roches appelés carottes de forage. On parle de «forage au diamant» parce que l'extrémité du tube de forage est enduite de petits diamants industriels, l'un des rares matériaux à pouvoir tailler le roc sans trop s'abîmer.

Le forage est une opération très coûteuse, puisqu'il requiert à la fois de la machinerie lourde et des techniques sophistiquées. C'est pourtant le moyen le plus économique et le plus sûr pour vérifier la présence de minerai en profondeur ou sous des dépôts glaciaires.

Comme les carottes de forage ont généralement un petit diamètre (2 à 5 cm) et qu'elles ne renseignent que sur l'axe de forage, l'interprétation des résultats est souvent difficile. En voici un exemple.

**Croquis 5 - Différentes interprétations du pendage de zones minéralisées à partir d'informations tirées des mêmes forages au diamant.**



Une bonne connaissance de la géologie de surface, une supervision attentive des opérations de forage et une description détaillée des carottes prélevées sont essentielles pour l'interprétation d'une campagne de forages.

A la deuxième étape d'un programme d'exploration, on effectue généralement un forage pour chaque cible identifiée. Après avoir analysé l'ensemble des carottes de forage, on détermine la ou les cibles les plus intéressantes en vue d'effectuer une campagne de forages plus détaillée ou systématique.



### **III. Creusage d'une rampe ou d'un puits d'exploration**

Même après avoir effectué plusieurs forages au diamant dans une zone minéralisée, il arrive parfois que les résultats demeurent ambigus, car la teneur en minerai peut être très variable et la forme du gisement très complexe. Ainsi, ce qui semble être une seule zone minéralisée importante peut s'avérer être plusieurs zones de faibles dimensions. De tels facteurs peuvent affecter considérablement la rentabilité d'une éventuelle exploitation. Pour mieux comprendre la zone identifiée, il faut donc creuser une rampe ou un puits d'exploration et prélever un ou plusieurs échantillons de fort volume (échantillons en vrac).

Comme ces travaux coûtent plusieurs millions de dollars, on ne les effectuera qu'après avoir analysé toutes les données, et si les informations recueillies indiquent que les chances de découvrir un gisement économiquement rentable sont très élevées.

## CONCLUSIONS

Si les humains n'avaient pu tirer de la croûte terrestre tous les minéraux qu'ils utilisent aujourd'hui, ils n'auraient pas encore dépassé l'âge de pierre. De nos jours, l'exploitation minière est encore essentielle au maintien et à l'accroissement de notre bien-être.

La tâche de découvrir des gisements de minerai incombe aux géologues et aux prospecteurs. Ces spécialistes de l'exploration minière fouillent désormais le territoire québécois avec de nouveaux outils et de nouvelles techniques, mais leur défi demeure inchangé : découvrir d'autres gisements, des réserves de minerai encore inexploitées.

Ce défi est d'autant plus difficile à relever que les spécialistes de l'exploration minière doivent effectuer tous leurs travaux en respectant l'environnement. Nous espérons que cette préoccupation grandissante du secteur minier suscitera un respect mutuel chez tous les utilisateurs du territoire québécois.

Ainsi, l'exploration minière ne se contentera pas d'aller plus loin et plus en profondeur, elle tiendra désormais compte de l'environnement qui, tout comme l'immense potentiel minéral du sous-sol québécois, est essentiel à notre qualité de vie.

Cette brochure a été préparée par le ministère de l'Énergie et des Ressources en collaboration avec l'Association des prospecteurs du Québec (APQ).

**Affleurement** Partie du socle rocheux visible à la surface du sol

**Anomalie** Variation locale rapide d'une valeur par rapport à la normale

**Carotte de forage** Échantillon cylindrique de sol ou de roche extrait au moyen d'une foreuse au diamant

**Cisaillement** Déformations résultant de contraintes exercées sur une masse rocheuse. Ce sont des zones de cassures, d'aplatissement, de recristallisation de feuillets et autres structures favorables à l'infiltration de fluides minéralisés

**Claim** Terrain délimité en vertu d'un permis de prospecter (ou acquis en vertu d'un permis spécial), conformément à la **Loi sur les mines**

**Concession** Voir «Claim»

**Coupe de lignes** Mise en place d'un réseau de trajets rectilignes, régulièrement espacés, permettant de reconnaître un terrain et de l'étudier systématiquement.

**Décapage** Dégagement d'une surface rocheuse par l'élimination des débris ou des dépôts glaciaires qui la recouvrent

**Droit minier** Voir «Claim»

**Échantillonnage** Prélèvement d'un échantillon représentatif de roche, fluide, sol ou autre matériel à des fins d'analyse. Il y a divers types d'échantillons : au hasard ou grappillage, composite, témoin, à intervalle régulier, des poussières, en continu, en vrac, systématique, des volées, par saignée ou en rainure.

**Électromagnétisme** Méthode géophysique de base qui étudie la conductivité et la résistivité de la roche.

L'électromagnétisme permet d'identifier la roche à partir de sa capacité plus ou moins grande de conduire l'électricité.

**Foreuse à diamant** Instrument utilisé pour percer un trou cylindrique dans le roc. Une couronne de diamants insérée dans l'une des extrémités d'une tige (carottier) découpe la roche, qui pénètre dans le carottier et peut ainsi être ramenée à la surface et analysée.

**Gangue** Ensemble des substances sans valeur marchande qui accompagnent les minerais. Dans un filon de quartz aurifère, par exemple, le quartz est la gangue et l'or le minerai.

**Géoscientifique** Qui appartient aux sciences de la terre : géologie, géochimie, géophysique, etc.

**Gisement minier** Amas minéralisé dont toutes les caractéristiques ont été déterminées et qu'il est rentable d'exploiter

**Gîte minéral** Amas minéralisé qui semble économiquement exploitable, au premier abord, et dont il faut vérifier les caractéristiques de façon plus approfondie

**Gravimétrie** Méthode géophysique qui permet de mesurer l'attraction terrestre, donc le poids et la densité de la roche. La gravimétrie permet de différencier les conducteurs grâce à leur poids respectif.

**Indice aurifère** Traces d'or qui peut laisser présager la présence d'un gîte plus important

**Magnétisme** Méthode géophysique qui permet d'établir la distribution des minéraux magnétiques dans la roche et de les cartographier : identification des zones de failles, des formations de fer, etc.

**Mine** Ensemble industriel généralement constitué d'une exploitation à ciel ouvert ou souterraine et d'une usine de traitement du minerai. Peuvent s'y ajouter un laboratoire et diverses infrastructures : installations portuaires et ferroviaires, campements, etc.

**Minerai** Toute substance minérale que l'on peut exploiter avec profit

**Minéral** Substance naturelle, solide, homogène et ayant une composition chimique définie. On a jusqu'à maintenant répertorié quelque 3 000 minéraux. Chaque minéral a un certain nombre de propriétés physiques, chimiques et cristallographiques qui permettent de le distinguer. Les minéraux se retrouvent surtout dans la croûte terrestre.

**Minéralisation** Amas minéralisé ou concentration locale de substances métalliques naturelles. Syn. : dépôt, gîte, concentration, amas, lentilles.

**Orogène** Système montagneux édifié sur une portion instable de l'écorce terrestre qui a subi un important resserrement et montre des plis.

**Pendage** Angle entre une couche de roches et un plan horizontal. Le pendage permet de déterminer l'orientation des formations rocheuses.

**Plate-forme** Région géologique où la couverture rocheuse est restée pratiquement horizontale

**Propriété minière** Voir «Claim»

**Province (tectonique)** Les 4 provinces tectoniques du Bouclier canadien correspondent à 4 périodes de déformations (ou orogénèses) majeures (Grenville, Lac Supérieur, Churchill et Nain)

**Recouvrement glaciaire** (Mort-terrain) Accumulation de sol, terre ou végétation sur la roche de fond

**Réserve possible** Réserve de minerai adjacente à une réserve prouvée ou probable à l'intérieur d'une zone donnée. La continuité géologique n'a pas été démontrée par échantillonnage.

**Réserve probable** Réserve de minerai indiquée et échantillonnée par un forage au diamant à l'intérieur d'une zone dont la continuité géologique peut être démontrée.

**Réserve prouvée** Réserve de minerai calculée d'après une ou plusieurs ouvertures faites le long d'une zone dont la continuité géologique peut être démontrée et dont la teneur a été déterminée

**Roche** Agrégat de minéraux (Certaines roches ne sont toutefois constituées que d'un seul minéral)



Gouvernement du Québec  
**Ministère de l'Énergie  
et des Ressources**