

# MB 86-24

COMPILATION ET DONNEES NOUVELLES SUR LES GITES D'OR DU CAMP MINIER DE VAL-D'OR

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 



## SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

# Compilation et données nouvelles sur les gîtes d'or du camp minier de Val – d'Or

Pierre Sauvé  
Guy Perrault  
Pierre Trudel

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit tel que soumis par l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction.

Le présent projet est financé par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada et le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec dans le cadre de l'entente auxiliaire Canada – Québec sur le développement minéral.

## RÉSUMÉ

La production du camp minier de Val d'Or a débuté à la mine Siscoe en 1929. À la fin de 1983, le district avait produit 359 tonnes d'or. Quinze mines ont produit plus de 0,5 tonne d'or, mais 70% de la production totale vient des deux mines voisines de Lamaque et de Sigma.

Les roches volcaniques du district font partie d'un homoclinal de direction est-ouest, à pendage vertical et à polarité sud. Une zone tectonisée qui inclut la faille de Cadillac forme la bordure sud de l'homoclinal au sud-ouest de Val d'Or. Le prolongement de cette zone tectonisée au sud-est de Val d'Or est problématique. Les roches volcaniques homoclinales sont injectées par le batholite de quartzodiorite de Bourlamaque, par quelques plutons plus petits, par plusieurs cheminées et par une variété de dykes très nombreux.

Presque tous les gisements sont du type quartz filonien. Les plus importants sont composés d'une multitude de veines appartenant à 1, 2 ou 3 groupes d'orientation semblable. Les veines sont généralement minées individuellement. Localement, des réseaux de veines ou veinules suffisamment rapprochées sont minés en vrac. Les veines sont surtout constituées de quartz avec des quantités moindres de calcite, de dolomie ferrienne, de tourmaline dans beaucoup de cas, d'un peu de pyrite (1-2%), de scheelite et de traces d'or et de tellurures. Les gisements de Val d'Or sont pratiquement sans arsénopyrite et ils se caractérisent par l'abondance relative de tellurures de bismuth. Les épontes des veines sont fortement carbonatisées. L'altération est particulièrement intense et évidente dans une couche décimétrique en bordure immédiate de la veine où même les éléments immobiles comme Al et Ti ont migré. Les additions aux épontes impliquent surtout CO<sub>2</sub>, Na, K, B, S et Au. La pyrite est généralement plus abondante dans l'éponte que dans la veine.

Quelques gisements se distinguent des autres. Le minerai de la mine Belmoral est dans une zone cisailée, mais l'or est surtout associé à des amas de quartz-carbonate-tourmaline-pyrite comme ailleurs. La déformation postérieure à la minéralisation est plus intense qu'ailleurs. L'or du gisement Kiena est disséminé dans une brèche d'origine inconnue, fortement altérée et riche en dolomie ferrienne.

Des amas irréguliers de quartz secondaire sont nombreux et la minéralogie ressemble à celle des autres gisements. Le gisement Akasaba n'est pas filonien et il est nettement différent des autres. L'or, la pyrrhotite et la magnétite sont disséminés dans un tuf à lapillis. La chalcoppyrite est plus abondante qu'ailleurs et la minéralogie des sulfures est riche et variée. Les veines de quartz et la carbonatation sont négligeables. Les épontes sont riches en épidote et ont apparemment subi un enrichissement marqué en calcium. Le gisement de Greene-Stabell est filonien, mais il ressemble à celui d'Akasaba par l'absence de carbonatation importante et par l'abondance de pyrrhotite et de chalcoppyrite.

La minéralogie des veines et de leurs épontes altérées est compatible avec le métamorphisme régional. En particulier, la biotite "hydrothermale" ne se retrouve dans les zones minéralisées que si ce même minéral est présent dans les roches environnantes. Les veines tardives ont du se former lorsque les conditions de pression et de température du métamorphisme régional prévalaient encore.

L'orientation du champ de contraintes responsables de la formation des veines peut être déduite dans certains cas. Les axes principaux des contraintes présumées ont les mêmes directions dans les gisements éloignés de Sigma, de Perron et de Bevcon: la compression maximale est nord-sud et la contrainte minimale est sub-verticale. Ces contraintes sont donc régionales et non locales et elles concordent avec l'orientation des contraintes responsables de la déformation tectonique majeure de la région. Ces gisements sont tardifs et les veines de Bevcon n'ont apparemment pas subi de rotation appréciable. Les contraintes présumées ont une orientation différente dans les gisements de Siscoe et de Sullivan et ces gisements sont peut-être plus anciens.

Une association spatiale étroite existe entre des veines et des dykes de même orientation à Sigma, à Perron et à Sullivan. À Perron, deux groupes de veines et deux groupes de dykes ont des orientations correspondantes. Veines et dykes semblent formés par les mêmes contraintes. Ailleurs, dykes et veines sont quasi-contemporains à Siscoe et à Stabell et pourraient l'être à Louvicourt Goldfield et à Shawkey. À la mine Lamaque, la minéralisation est reliée spatialement aux

cheminées intrusives. Tous ces intrusifs sont surtout de composition intermédiaire calco-alcaline, mais leur composition n'est pas uniforme. Certains sont d'affinité tholéitique.

Certaines formations et masses intrusives calco-alcalines de la région de Val d'Or ont des teneurs normales en or très élevées: la formation de Val d'Or contient 18 ppb Au, la formation de Dubuisson près du gisement de New Pascalis, 16 ppb Au et le batholite de Bourlamaque, 21 ppb Au. La formation de Val d'Or contient 71% de la production connue d'or de la région de Val d'Or et le batholite de Bourlamaque, 24%. La formation Héva est d'affinité mixte. Sa teneur est de 4,5 ppb Au. La formation Jacola, qui contient la mine Kiena, est d'affinité tholéitique et sa teneur est de 4,2 ppb Au. De façon générale, les formations calco-alcalines à haute teneur normale en or renferment plus de gîtes d'or que les formations tholéitiques à teneur plus faible.

Plusieurs gîtes d'or que nous avons étudiés (Lamaque, Sigma, Kiena, Doyon et Dest-Or) sont enveloppés d'un halo d'enrichissement en or. Ce halo fait de 10 à 400 m de largeur et la valeur seuil de l'enrichissement varie entre 20 et 50 ppb Au.

La minéralisation aurifère a dû s'étendre sur une période assez longue. Des gisements sont formés d'une multitude de veines parallèles et les veines individuelles montrent beaucoup de signes de ré-ouvertures multiples. Certains gisements se sont formés très tard lors de la déformation et du métamorphisme régional. D'autres sont plus anciens. Le gisement Akasaba, qui est situé au sommet de la séquence volcanique, pourrait être volcanogène et pré-métamorphique.

L'altération intense des épontes des veines montre clairement que les solutions minéralisatrices étaient en déséquilibre chimique avec les roches envahies. Il semble donc improbable que la source des solutions et de l'or soit la roche encaissante à peu de distance des veines. Le métamorphisme de la partie profonde de ces formations riches en or (15-20 ppb) pourrait être la source des solutions hydrothermales. La carbonatation intense des épontes et la composition des inclusions fluides indiquent une forte teneur en CO<sub>2</sub> de ces solutions.

L'association étroite et fréquente entre la minéralisation et les petits intrusifs n'implique pas que les fluides minéralisateurs soient de dérivation magmatique. Leur association peut venir de leur génération simultanée durant l'orogénèse et du contrôle de leur migration par les mêmes structures profondes.

ABSTRACT

Gold production in the Val d'Or district started at the Siscoe mine in 1929. Cumulative production for the district was 359 tonnes of gold (11,5 million ounces) at the end of 1983. Fifteen mines have each produced more than 0,5 tonne, but 70% of the production has come from the two adjacent mines of Lamaque and Sigma.

The volcanic rocks of the area are part of an E-W-striking homocline with vertical dips and southward facing tops. A zone of intense deformation, which includes the Cadillac fault, marks the southern boundary of the homocline south-west of Val d'Or. The eastern extension of the Cadillac fault to the south-east of Val d'Or is uncertain. The homoclinal volcanic rocks are injected by the Bourlamaque batholith, by smaller quartzodiorite plutons, by several chimneys or pipes and by numerous dykes of various compositions.

Most of the deposits are of the quartz-vein type. The most important mines consist of numerous veins which fall into 1, 2, or sometimes 3 sets of parallel veins. The veins are usually mined individually. On occasion, closely-spaced veins and veinlets form complex stockworks suitable to bulk mining. The veins are made up of quartz with lesser amounts of calcite, ferroan dolomite and tourmaline, with small amounts of pyrite (1-2%), and scheelite, and with traces of gold and tellurides. The Val d'Or deposits are nearly free of arsenopyrite and commonly contain bismuth tellurides. The walls of the veins are highly carbonatized. The alteration may be particularly conspicuous in a decimeter-wide zone in the immediate vicinity of the vein where even "immobile" elements such as Al and Ti have moved to some extent. The main additions to the wall-rocks involve CO<sub>2</sub>, Na, K, B, S, and Au. Pyrite is generally more abundant in the wall-rocks just outside the veins than in the veins themselves.

Some deposits differ somewhat. The Belmoral mine is in a strong shear zone, but gold is mainly associated with lenses of quartz-carbonate-tourmaline-pyrite mineralogically similar to the other deposits. Post-ore deformation is more intense in this case. At Kienna mine, gold is disseminated in an altered breccia rich in ferroan

dolomite. The rock may have been a mafic tholeiite, but the nature of the breccia is unknown. Irregular masses or bodies of secondary quartz are numerous and the mineralogy is rather similar to that of the other deposits. The Akasaba deposit is quite different from all the other gold deposits of the district. It is not vein-type. Gold, pyrrhotite, magnetite, and other sulfides are disseminated in a lapilli tuff. Chalcopyrite is relatively abundant and the sulfide mineralogy is rich and varied. Quartz veining and carbonatisation are negligible. The tuff is rich in epidote and much calcium has apparently been added. The Greene-Stabell deposit is a quartz-vein type, but resembles somewhat the Akasaba deposit as it lacks carbonatisation and is relatively rich in pyrrhotite and chalcopyrite.

The mineralogy of the veins and their altered wall-rocks is compatible with the regional metamorphic grade. In particular, "hydrothermal" biotite is only present in the veins within the biotite isograd. The latest veins must have formed while the pressure and temperature conditions of the regional metamorphism were still prevailing.

The orientation of the strain field active during vein formation may be deduced in some cases. It is the same at the Sigma, Perron, and Bevcon mines: maximum shortening is north-south, maximum elongation is nearly vertical. These mines are tens of kilometers apart. The strain field is thus regional, not local. The orientation is also the same as for the main regional deformation. These three deposits have formed late. The veins at Bevcon have not been appreciably tilted after their formation. On the other hand, the orientation of the strain field is quite different at Siscoe and Sullivan mines. These deposits are presumably older.

Dykes and veins with similar attitudes are closely related in space at Sigma, Perron, and at Sullivan mines. At Perron, two sets of veins and two sets of dykes have identical orientations. This suggests they were formed by similar stress fields and are closely related in time. Contemporaneous or nearly contemporaneous dykes and veins are present at the Siscoe, Stabell, Louvicourt Goldfield, and Shawkey mines. At the Lamaque mine, the mineralisation is spatially related to

intrusive chimneys or pipes. All these intrusives are mainly of intermediate calc-alkaline composition, but their composition is not uniform; some are tholeiitic.

Some volcanic formations and large intrusives of the Val d'Or district have a very high gold "background" content. The Val d'Or formation, where sampled, contains an average 18 ppb Au; the Dubuisson formation near the New Pascalis deposit, 15 ppb; the Bourlamaque batholith, 21 ppb Au. These rocks are calc-alkaline. Interestingly, mines within the Val d'Or formation have produced 71% of the gold of the district; those in the Bourlamaque batholith, 24%. The Heva formation, of mixed affinity, has a gold content of 4,5 ppb. The Jacola formation, which contains the Kiena mine, is tholeiitic and its gold content is about 4,2 ppb. Generally, the calc-alkaline rocks with higher gold content contain more gold deposits than the tholeiitic rocks which have a lower gold background.

Several deposits which we have studied (Lamaque, Sigma, Kiena, Doyon, and Dest-Or) show a gold-enrichment halo. The halos, with threshold values of 20 to 50 ppb, extends 10 to 400 meters from the veins.

The period of gold mineralisation may have lasted a long time. Some deposits are made up of a great many parallel veins, and the individual veins show signs of multiple openings. Some deposits have formed very late during regional deformation and metamorphism. Others are more ancient. The Akasaba deposit, at the top of the volcanic sequence appears volcanogenic and pre-metamorphic.

The gold-bearing mineralising solutions were in chemical disequilibrium with the country rock as shown clearly by the severe alteration at the vein boundaries. Hence the veins could hardly form by lateral secretion. The mineralising solutions may have been generated by metamorphism of the deep-seated part of these gold-rich formations. Intense carbonatisation of the wall-rocks and composition of fluid inclusions suggest those fluids were rich in CO<sub>2</sub> as proposed by various authors.

The close and common association between gold veins and small intrusives does not necessarily imply that the mineralising solutions are of magmatic derivation. The association may be due to simultaneous generation of mineralising solution and magma during orogenesis. Their generation may even have been at different levels in the crust, but their transport, controlled by the same deep-seated structures, may have brought them together.

TABLE DES MATIÈRES

|   |      |
|---|------|
| Résumé . . . . .  | i    |
| Abstract . . . . .  | v    |
| Table des matières . . . . .  | ix   |
| Liste des figures . . . . .   | xi   |
| Liste des tableaux . . . . .  | xiii |
| 1. Introduction . . . . .   | 1    |
| 2. Historique de la production . . . . .                                      | 4    |
| 3. Géologie générale . . . . .  | 8    |
| 3.1 Introduction . . . . .  | 8    |
| 3.2 Roches volcaniques . . . . .  | 9    |
| 3.3 Roches intrusives . . . . .   | 15   |
| 3.3.1 Filons-couches de gabbro-diorite . . . . .                              | 15   |
| 3.3.2 Plutons de quartzodiorite . . . . .                                     | 16   |
| 3.3.3 Porphyre feldspathique, porphyre<br>feldspathique quartzifère . . . . . | 17   |
| 3.3.4 Intrusifs à microcline . . . . .  | 18   |
| 3.3.5 Autres dykes et cheminées . . . . .                                     | 19   |
| 3.4 Tectonique . . . . .  | 20   |
| 3.4.1 Homoclinal et plis . . . . .  | 20   |
| 3.4.2 Schistosité . . . . .   | 21   |
| 3.4.3 Zones cisailées longitudinales . . . . .                                | 22   |
| 3.4.4 Failles transversales . . . . .   | 23   |
| 3.5 Métamorphisme . . . . .   | 23   |
| 4. Description des gisements aurifères . . . . .                              | 25   |
| 4.1 Introduction . . . . .  | 25   |
| 4.2 Aperçu des gisements . . . . .  | 27   |
| 4.3 Aspect mégascopique des veines . . . . .                                  | 33   |
| 4.4 Minéralogie . . . . .   | 36   |
| 4.4.1 Minéraux de gangue . . . . .  | 40   |
| 4.4.2 Sulfures . . . . .  | 42   |
| 4.4.3 Bismuth et tellurures . . . . .   | 44   |
| 4.4.4 Or, argent, mercure . . . . .   | 44   |
| 4.5 Altération minéralogique des épontes . . . . .                            | 45   |
| 4.6 Échanges chimiques dans les épontes . . . . .                             | 50   |
| 4.7 Paragenèse . . . . .  | 53   |
| 4.7.1 Paragenèse d'une veine simple . . . . .                                 | 54   |
| 4.7.2 Paragenèse d'un groupe de veines . . . . .                              | 55   |
| 4.7.3 Or tardif? . . . . .  | 57   |
| 4.8 Isotopes d'oxygène, température de<br>formation des veines . . . . .      | 58   |
| 4.9 Inclusions fluides . . . . .  | 59   |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.    | Âge relatif de la minéralisation . . . . .                                   | 61  |
| 5.1   | Analyse structurale des veines . . . . .                                     | 62  |
| 5.2   | Association veines et petits intrusifs hypabissaux . . . . .                 | 66  |
| 5.2.1 | Dykes . . . . .  | 66  |
| 5.2.2 | Cheminées de Lamaque . . . . .   | 70  |
| 5.2.3 | Composition des intrusifs associés . . . . .                                 | 70  |
| 5.3   | Veines et métamorphisme . . . . .  | 71  |
| 5.4   | Âge des veines, gisement volcanogène . . . . .                               | 71  |
| 5.5   | Dilemme de Lamaque - Sigma . . . . .   | 72  |
| 6.    | Distribution et contrôle des gisements . . . . .                             | 74  |
| 6.1   | Contrôles majeurs . . . . .  | 74  |
| 6.2   | Contrôles stratigraphiques . . . . .   | 75  |
| 6.3   | Contrôles structuraux . . . . .  | 75  |
| 7.    | Distribution lithogéochimique régionale de l'or . . . . .                    | 76  |
| 7.1   | Échantillonnage et analyse . . . . .   | 76  |
| 7.2   | La formation de Val d'Or . . . . .   | 78  |
| 7.3   | Le batholite de Bourlamaque . . . . .  | 87  |
| 7.4   | Les autres formations de la région de Val d'Or . . . . .                     | 89  |
| 7.5   | Autres formations, Cadillac et Rouyn-Noranda . . . . .                       | 91  |
| 7.6   | Premières conclusions . . . . .  | 92  |
| 7.7   | Halos endogènes d'or autour des gîtes . . . . .                              | 92  |
| 7.8   | Deuxièmes conclusions . . . . .  | 97  |
| 7.9   | Considérations gîtologiques . . . . .  | 97  |
| 7.10  | "Normalités" en or . . . . .   | 98  |
| 7.11  | Conclusions . . . . .  | 99  |
| 8.    | Genèse . . . . .   | 99  |
| 9.    | Recherches à poursuivre . . . . .  | 102 |
| 10.   | Exploration . . . . .  | 104 |
| 10.1  | Géochimie . . . . .  | 104 |
| 10.2  | Géologie, métallotectes . . . . .  | 106 |
| 11.   | Conclusions . . . . .  | 107 |
| 12.   | Remerciements . . . . .  | 109 |
| 13.   | Bibliographie . . . . .  | 110 |
| 14.   | Annexe 1: Production d'or, camp minier<br>de Val d'Or, 1929 - 1983 . . . . . | 116 |
| 15.   | Carte géologique de Val d'Or, échelle 1:100 000 . . . . .                    | 118 |

LISTE DES FIGURES

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figure 1:  | Le camp minier de Val d'Or et ses producteurs d'or . . .  | 2  |
| Figure 2:  | Historique de la production d'or dans le camp minier de Val d'Or. Par mine et production cumulée . . . . .  | 5  |
| Figure 3:  | Historique de la production de l'or dans le camp minier de Val d'Or. En \$ courants, en \$ 1981 et % Val d'Or/Québec . . . . .  | 7  |
| Figure 4:  | Géologie près des mines Lamaque et Sigma . . . . .  | 28 |
| Figure 5:  | Coupe verticale traversant la cheminée principale de la mine Lamaque . . . . .  | 29 |
| Figure 6:  | Coupe verticale transversale de la mine Sigma . . . . .   | 34 |
| Figure 7:  | Distribution schématique des minéraux dans les zones d'altération en bordure des veines d'extension de la mine Sigma . . . . .  | 48 |
| Figure 8:  | Profils géochimiques le long d'une veine d'extension dans le porphyre feldspathique, à la mine Lamaque . . . .  | 52 |
| Figure 9:  | Diagramme paragenétique des veines d'extension . . . . .  | 56 |
| Figure 10: | Séquence paragenétique de l'altération des épontes à la mine Sigma . . . . .  | 56 |
| Figure 11: | Carte montrant l'orientation présumée des contraintes responsables de la formation des veines . . . . .   | 65 |
| Figure 12: | Plan géologique du premier étage de la mine Louvicourt Goldfield . . . . .  | 68 |
| Figure 13: | Coupe verticale transversale de la mine Perron . . . . .  | 69 |
| Figure 14: | Traits géologiques de la région de Val d'Or, d'après Imreh (1984) et lieux d'échantillonnage . . . . .  | 79 |
| Figure 15: | Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour les pyroclastites et andésites de la mine Lamaque . . .   | 80 |
| Figure 16: | Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour la diorite porphyrique de la mine Lamaque . . . . .   | 81 |
| Figure 17: | Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour l'ensemble des pyroclastites, des andésites et de la diorite porphyrique de la mine Lamaque (figures 15 et 16 ensemble) . . . . . | 82 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figure 18: | Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée, échantillons des 2 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> niveaux, mine Sigma . . . . .   | 85 |
| Figure 19: | Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée, échantillons de profondeur de 2000 m, mine Sigma . . . . .  | 86 |
| Figure 20: | Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour la mine Kiena . . . . .   | 90 |
| Figure 21: | Distribution de l'or autour d'une veine aurifère horizontale ("flat") de quartz-carbonate-tourmaline, mine Lamaque, Val d'Or. D'après Perrault et al. (1984). Les contours sont en ppb Au . . . . . | 93 |
| Figure 22: | Distribution de l'or sur les propriétés Dest-Or et Bassignac. Observer le halo d'or autour du gîte Dest-Or et les halos de zone ( 7 ppb Au). D'après Beaudoin et al. (1986) . . . . .               | 95 |
| Figure 23: | Détail du halo de gîte, mine Dest-Or, section verticale 165N. D'après Beaudoin et al. (1986) . . . . .  | 96 |

LISTE DES TABLEAUX

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tableau 1:  | Liste des mémoires spécifiques sur la géologie des mines du camp minier de Val d'Or, Québec . . . . . | 3   |
| Tableau 2:  | Formation et lithofaciès des roches volcaniques de Val d'Or, d'après Imreh, 1984 . . . . .            | 10  |
| Tableau 3:  | Composition chimique de quelques roches extrusives et intrusives . . . . .                            | 12  |
| Tableau 4:  | Minéralogie de certains gîtes aurifères du district de Val d'Or . . . . .                             | 38  |
| Tableau 5:  | Données chimiques sur les minerais . . . . .  | 39  |
| Tableau 6:  | Direction des veines et autres éléments structuraux . .   | 63  |
| Tableau 7:  | Analyses et échantillonnages comparés . . . . .   | 77  |
| Tableau 8:  | Distribution de l'or, formation de Val d'Or . . . . .   | 84  |
| Tableau 9:  | Teneurs en or, intrusifs et formations des régions de Val d'Or et Rouyn-Cadillac . . . . .            | 88  |
| Tableau 10: | Halos endogènes d'or autour de gîtes d'or connus, région de Val d'Or-Cadillac-Rouyn . . . . .         | 94  |
| Tableau 11: | Éléments ajoutés dans les veines et les épontes altérées . . . . .                                    | 100 |

## 1. INTRODUCTION

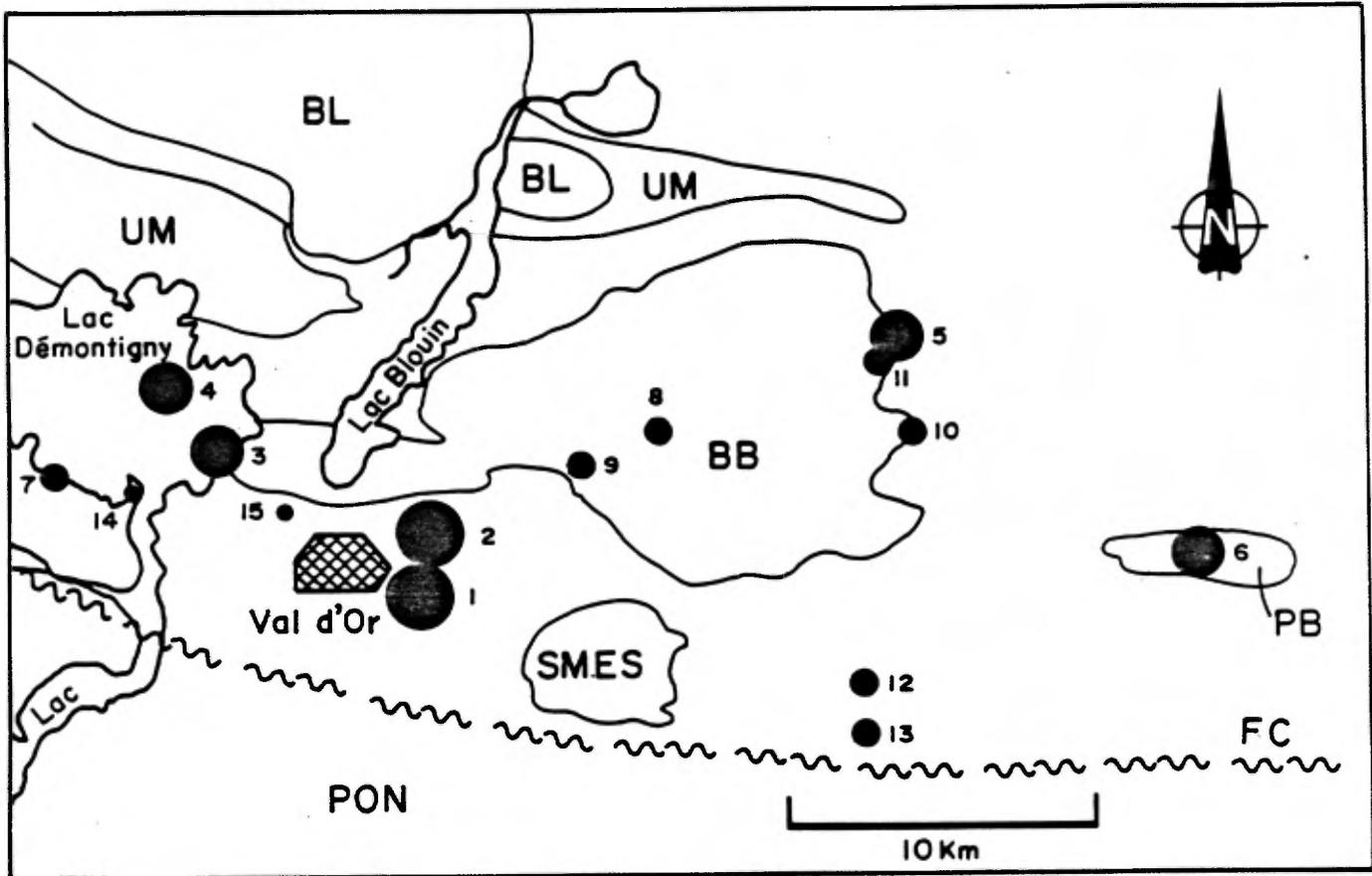
Les objets immédiats du présent mémoire sont la métallogénie et la gîtologie de l'or dans le camp minier de Val d'Or, Québec; son objet plus lointain est de favoriser la découverte de nouveaux gîtes d'or par une focalisation scientifique sur les gîtes existants.

Le camp minier de Val d'Or ne correspond pas à une division administrative exacte. Pour nous, le camp minier de Val d'Or est défini à la figure 1; c'est cette région de 30 km (EO) x 20 km (NS) à peu près centrée sur la ville de Val d'Or, qui contient 15 mines qui ont produit 0,5 t Au et plus. Elles sont énumérées à la rubrique de la figure 1.

Pour atteindre les objectifs ci-avant, notre première démarche a été de réaliser des compilations sur chacun des gîtes d'or, ajoutant lorsque la chose était possible, des visites sur le terrain, de nouvelles observations minéralogiques, pétrologiques, géochimiques et structurales et, bien entendu, de nouvelles interprétations; une liste des mémoires résultant de ces activités est donnée au tableau 1.

En même temps, nous avons entrepris des études spéciales sur des sujets spécifiques à la gîtologie ou la métallogénie de l'or. Les résultats de ces études ont pris la forme de projets de fin d'étude, de thèses M.Sc.A. ou Ph.D., de publications ou de rapports professionnels. Plusieurs études spéciales étaient déjà en cours dans notre milieu au moment où nous avons pris l'engagement de réaliser le présent mémoire; nous en avons mis de nouvelles en chantier.

Nos recherches sur la métallogénie et la gîtologie de l'or au Québec ne sont pas les seules en cours sur ce sujet au Québec et au Canada; en 1985, l'or est sans doute un premier objet d'exploration minérale et aussi un premier objet de recherche scientifique. Si on compte les seuls symposiums (nationaux et internationaux) sur l'or depuis cinq ans, on constate que jamais on a accordé une attention scientifique aussi importante et aussi soutenue à la gîtologie de l'or. Nous avons participé à plusieurs de ces réunions et nous avons aussi participé à l'évolution de la pensée sur le sujet. De plus, nous avons essayé de suivre d'aussi près que possible, ces travaux en cours sur les gîtes d'or québécois dans les centres de recherche canadiens et



### Productivité

- 100 + t Au
- 10 à 100
- 1 à 10
- 0.1 à 1

## LA REGION DE VAL D'OR

## ET SES MINES D'OR

Figure 1: Le camp minier de Val d'Or et ses producteurs d'or. 1- Lamaque, 2- Sigma, 3- Sullivan, 4- Siscoe, 5- Perron, 6- Bevcon, 7- Kiena, 8- Belmoral, 9- Bras d'Or, 10- Cournor, 11- Beaufor, 12- Louvicourt Goldfields, 13- Akasaba, 14- Shawkey, 15- Greene-Stabell (Jacola).

Les principales formations géologiques sont: BL: batholite de Lacorne, BB: batholite de Bourlamaque, PB: pluton de Bevcon, SMES: stock monzonitique de East Sullivan, UM: ultramafites de Lacorne, PON: métasédiments du Pontiac. Sans indicatif: le fond de volcanites. FC: faille de Cadillac.

TABEAU 1: LISTE DES MÉMOIRES SPÉCIFIQUES SUR LA GÉOLOGIE DES MINES DU CAMP MINIER DE VAL D'OR, QUÉBEC.

| AUTEUR(S)        | MINE                                      | MERQ<br>Rapport no |
|------------------|---|--------------------|
|                  | <u>Ordre chronologique de réalisation</u> |                    |
| SAUVÉ, P.        | Bevcon                                    | MB 85-04           |
| SAUVÉ, P.        | Jacola Greene-Stabell                     | MB 85-15           |
| TRUDEL, P.       | Sullivan                                  | MB 85-16           |
| SAUVÉ, P.        | Shawkey                                   | MB 85-17           |
| TRUDEL, P.       | Siscoe                                    | MB 85-18           |
| SAUVÉ, P.        | Louvicourt Goldfields                     |                    |
| KARVINEN, W.     | Lamaque                                   |                    |
| TRUDEL, P.       | Perron                                    |                    |
| TRUDEL, P.       | Beaufor                                   |                    |
| DARLING, R.      | Belmoral                                  |                    |
| VU, L.           |   |                    |
| POPOV, V.        |   |                    |
| DUSSAULT, C.     |   |                    |
| WAITZENEGGER, B. |   |                    |
| SAUVÉ, P.        | Akasaba                                   |                    |
|                  | <u>En préparation</u>                     |                    |
| SAUVÉ, P.        | Chimo                                     |                    |
| AUDET, A.        | Sigma                                     |                    |
| TRUDEL, P.       | Courvan                                   |                    |
| DARLING, R.      | Bras d'Or                                 |                    |
|                  | Kiena                                     |                    |

québécois et dans les universités. Notre pensée sur la géologie de Val d'Or, exprimée dans le mémoire actuel, reflète des influences de toutes ces sources.

Un dernier élément de notre démarche dans la réalisation du mémoire actuel mérite d'être souligné: nous avons beaucoup sollicité le personnel professionnel géologique des mines en cause et des principaux groupes d'exploration minérale pour des données de base et des interprétations. Nous les remercions ci-après, mais puisque ces échanges ont affecté la texture même de notre synthèse, nous avons cru opportun de les signaler dès maintenant.

#### 4. HISTORIQUE DE LA PRODUCTION

La production d'or au Québec est passée de l'état d'activité artisanale à celui de production industrielle avec l'entrée en production en 1927 de la mine Horne à Noranda. La mine Horne allait d'ailleurs devenir le premier producteur d'or au Québec et le demeurer jusqu'en 1972. La seule production d'or de 1928 de la mine Horne (60 006 on. T, soit 1,93 t) est plus importante que tout l'or produit au Québec entre 1877 et 1927 (41 162 on. T, soit 1,28 t). Et la mine était aussi mine de cuivre!

La production du camp minier de Val d'Or a suivi de très près celle de Noranda, la mine Siscoe produisant 14 871 on. T d'or (0,46 t) en 1929. Nous avons résumé l'histoire de la production d'or dans le camp minier de Val d'Or à la figure 2. Chacun des points de production a été identifié et nous avons retracé l'évolution de la production entre 1928 et 1983; les données de base de cette figure sont reproduites en annexe 1. Il est incontestable que la production d'or est le moteur économique de la région. Les noms que cette figure 2 rappelle sont, pour la plupart, des noms bien connus des prospecteurs, ingénieurs et géologues actifs dans la région durant le dernier 50 ans.

La masse totale d'or produit dans les mines de Val d'Or à la fin de 1983 faisait 359,42 t; cette masse occuperait un cube de 2,66 m de côté. C'est effectivement bien peu pour rendre compte des activités humaines de cette région. Val d'Or a produit un maximum de 10,9 t d'or

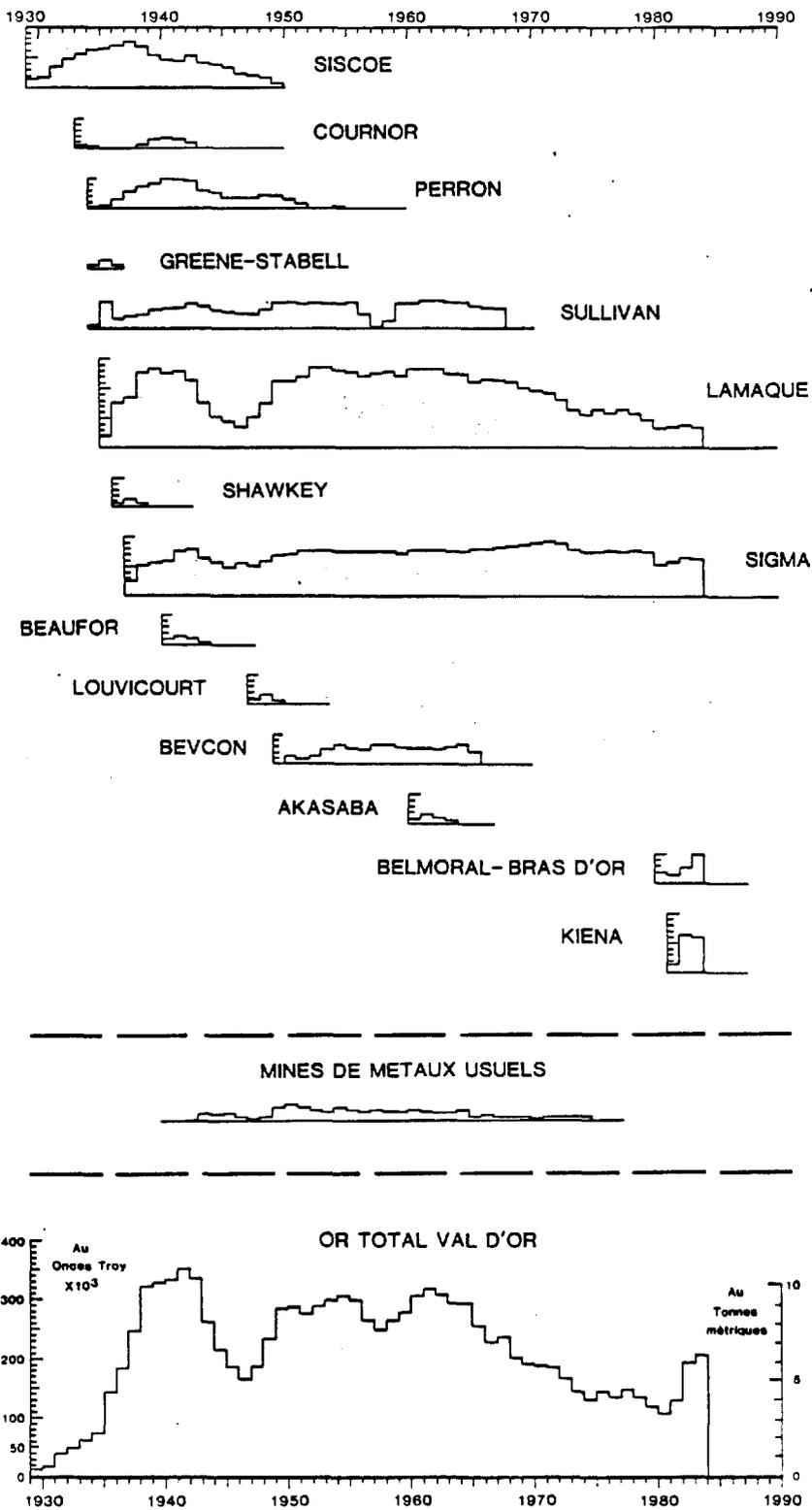


Figure 2: Historique de la production d'or dans le camp minier de Val d'Or. Par mine et par productions cummulées.

par année en 1941 et elle a connu trois creux dans sa production annuelle: 1946, 1957 et 1980 avec respectivement 5,10, 7,77 et 2,91 t Au; il est étonnant de réaliser que Val d'Or a produit le moins au moment exact où l'or a connu un prix maximum (850,00\$/on. T en 1980, i.e. 27,33\$/g).

L'histoire de la production d'or à Val d'Or ne tient pas à la seule masse d'or produite. En \$ courants, la production cumulée 1929-1983 fait 853,9 M\$ et cette courbe (figure 3) exception faite de la montée 1972-1983, montre beaucoup de monotonie centrée sur environ 8M\$/année. La courbe de la valeur de la production annuelle en \$ 1981 reflète mieux l'histoire du camp minier de Val d'Or: l'euphorie des années 1935-45 avec un pic en 1942 de 80M\$(1981)/année et les difficultés économiques des années 1950-70.

Le camp minier de Val d'Or a d'abord produit 13% de l'or québécois dans ses premières années (1929-33): il en a ensuite produit un maximum de 39% en 1938 et en fournit depuis environ 30%.

Nous sommes d'avis que le camp minier de Val d'Or contient encore des mines d'or à découvrir et que sa production d'or peut encore progresser pourvu que le prix du métal assure la rentabilité des activités d'exploitation.

Le lecteur intéressé trouvera des notes historiques sur chacune des mines dans les mémoires spécifiques.

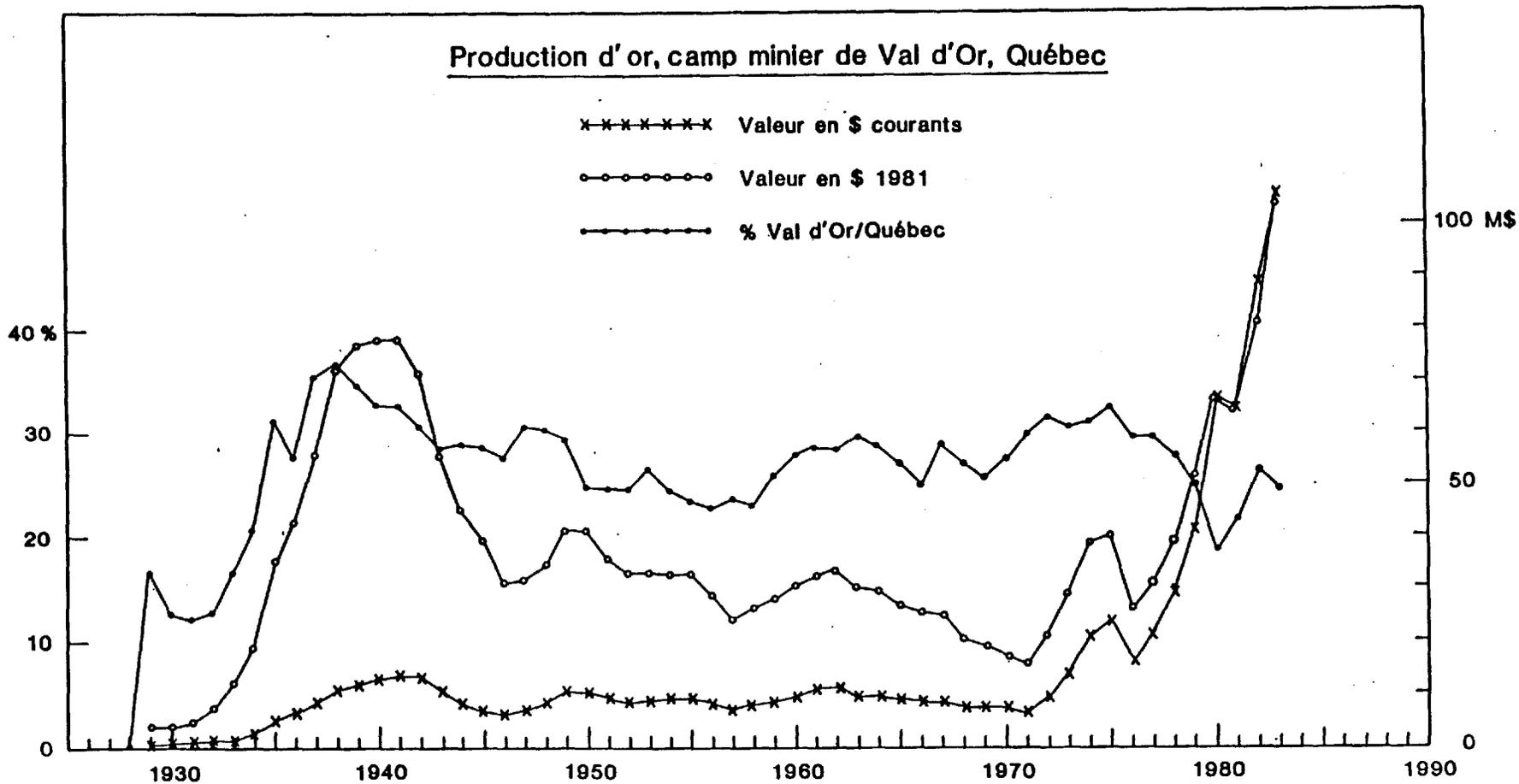


Figure 3: Historique de la production de l'or dans le camp minier de Val d'Or. En \$ courants, en \$ 1981 et % Val d'Or/Québec.

### 3. GÉOLOGIE GÉNÉRALE

#### 3.1 Introduction

Le secteur de Val d'Or appartient à la ceinture volcanique de l'Abitibi de la province archéenne du Supérieur du Bouclier canadien. L'éruption de ces roches volcaniques s'est apparemment effectuée entre 2740 Ma et 2700 Ma A.P., surtout entre 2720 Ma et 2700 Ma, d'après quelques mesures d'âge effectuées dans la partie ouest de la ceinture (voir Gariépy et al., 1984; Nunes et Jensen, 1980). Ces roches ont été plissées et métamorphisées durant l'orogénèse kénorienne. Les plutons tardi-cinématiques de lac Dufault, de Preissac et trois plutons du secteur de Chibougamau sont âgés d'environ 2710 Ma à 2695 Ma (Gariépy, op. cit.). Ces âges ont été obtenus par la méthode U-Pb sur des zircons et par celle des isochrones Pb/Pb.

Tous les gisements d'or étudiés sont dans les roches volcaniques du groupe de Malartic (Latulippe, 1976) ou dans des roches intrusives intercalées. Ces roches font partie du membre sud de l'anticlinal majeur de La Motte (Imreh, 1984). Les roches volcaniques du Malartic sont bordées au sud de Val d'Or par la faille de Cadillac et par les schistes métasédimentaires du Pontiac (voir la carte géologique à la fin de ce rapport). Leur relation constitue un problème géologique majeur. À l'ouest de Val d'Or (en dehors de la carte), le Malartic est séparé du Pontiac par une étroite zone complexe qui comprend les groupes ou formations de Piché (volcanites mafiques), de Cadillac (grauwackes et conglomérats), de Blake River (volcanites) et de Kéwagama (grauwackes). Cette zone a la forme générale d'un synclinal replissé et fortement faillé (synclinal de Malartic de Gunning et Ambrose, 1940; Babineau, 1983) et elle inclut la faille fameuse de Cadillac. Les relations stratigraphiques entre ces divers groupes ou formations sont traitées dans la synthèse majeure de Dimroth et al. (1982, 1983) qui contient de nombreuses références aux travaux plus anciens. Leur interprétation ne fait cependant pas l'unanimité sur certains points (Lajoie et Ludden, 1984; Hubert et al., 1984). À l'est de Val d'Or, les formations de Trivio (grauwackes, Sharpe, 1968) et de Villebon (volcanites) séparent

le Pontiac du Malartic. Ici encore, les relations stratigraphiques et structurales sont incertaines.

### 3.2 Roches volcaniques

Imreh (1976, 1984) a étudié et subdivisé le groupe volcanique de Malartic.\* Le tableau 2 montre les différentes formations qu'il a distingué et donne un aperçu des lithologies rencontrées. Imreh a montré que les roches ultramafiques, que l'on croyait intrusives, sont pour la plupart des coulées komatiitiques. Il a montré aussi que la partie inférieure de la séquence, constituée surtout de coulées ultramafiques et basaltiques (formations La Motte-Vassan et Dubuisson), appartient à une grande plaine volcanique sous-marine. La partie supérieure (formations Val d'Or et Héva) contient beaucoup de roches pyroclastiques calco-alcalines et fait partie du complexe volcanique central de Val d'Or (Imreh, 1984). La formation Jacola est transitoire entre la plaine volcanique et le complexe central. Elle est constituée d'une alternance de coulées ultramafiques, de coulées basaltiques et de brèches volcaniques.

La morphologie des coulées basiques et ultrabasiques de la partie inférieure de la séquence est décrite par Imreh (1976, 1978, 1980, 1984) qui présente de plus plusieurs analyses chimiques des komatiites et des tholéiites. La partie située à l'ouest du batholite de Bourlamaque est assez bien connue. Le secteur à l'est du batholite est mal connu et affleure peu. Imreh (1984) le classe dans la formation Dubuisson à cause de l'abondance des laves mafiques et de la présence d'un peu de roches ultramafiques. Des travaux en cours montrent la présence de laves mafiques d'affinité calco-alcaline près du gisement de New Pascalis.

---

\* Le groupe de Malartic est restreint par Imreh (1984) aux formations de La Motte-Vassan et Dubuisson. Nous employons ici le terme dans le sens plus large utilisé antérieurement par Latulippe (1976) et qui comprend de plus les roches des formations de Jacola, Val d'Or et Héva.

TABEAU 2: FORMATIONS ET LITHOFACIÈS DES ROCHES VOLCANIQUES DE VAL D'OR, D'APRÈS IMREH (1984).

|                               |                      |                          |  |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| Complexe volcanique central   | Mafique à felsique   | Effusif et pyroclastique | <p>Formation Héva:</p> <p>Secteur ouest: basaltes massifs (et/ou filon-couche gabbroïque) à octaèdres de magnétite; basaltes coussinés; volcanoclastites basaltiques à dacitoïdes subordonnées.</p> <p>Secteur est: brèches de coulées andésitiques et basaltiques, légèrement porphyriques; brèches de coulées; coulées basaltiques à magnétite sporadique, surtout massives.</p> |
|                               |                      |                          | <p>Formation Val d'Or:</p> <p>Coulées et brèches de coulées basaltiques; pyroclastites, surtout andésitiques.</p>  |
| Plaine volcanique sous-marine | Mafique prépondérant | Effusif dominant         | <p>Formation Jacola:</p> <p>Séquences pulsatives, complètes ou tronquées, de coulées ultramafiques ----&gt; basaltiques ----&gt; hyaloclastiques.</p>  |
|                               |                      |                          | <p>Formation Dubuisson (indifférencié):</p> <p>Suites séquentielles de coulées surtout basaltiques; horizons intercalaires de coulées ultramafiques komatiitiques; par endroits, épisodes volcanoclastiques felsiques sommitaux.</p>   |
| Ultramafique prépondérant     |                      |                          | <p>Formation La Motte-Vassan:</p> <p>Suites séquentielles de coulées komatiitiques ultramafiques; épisodes basaltiques et sédimentaires subordonnés.</p>   |

Note: La formation Jacola est en partie sous le Val d'Or et en partie elle passe latéralement au Val d'Or près de la ville du même nom.

Il n'y a pas de publication traitant de façon compréhensive, la pétrographie et la géochimie de la partie supérieure de la séquence (formations Val d'Or et partie est de la formation de Héva). Quelques analyses de roches volcaniques sont présentées au tableau 3. Elles ne sont pas nécessairement représentatives, mais elles donnent un aperçu de la variété de roches rencontrées.

La formation de Val d'Or contient beaucoup de brèches volcaniques, souvent grossières, surtout dans sa partie ouest près des gisements de Lamaque et de Sigma. Les tufs feldspathiques de composition intermédiaire sont abondants, surtout dans le secteur est, près des gisements de Manitou et de Louvem. Des unités plus ou moins continues de laves mafiques sont localement abondantes. Les laves près du gisement Lamaque sont des andésites calco-alcalines (Daigneault, 1983; analyse no 5, tableau 3 de ce rapport). Ailleurs, la composition des laves est peu connue.

Dans sa partie est, la formation de Héva ressemble beaucoup à celle de Val d'Or. Près des gisements de Louvicourt Goldfield et d'Akasaba, c'est apparemment une séquence bi-modale où alternent les laves mafiques (andésite basaltique, tableau 3, no 4) et les tufs intermédiaires à felsiques (souvent 60 à 65% SiO<sub>2</sub>). Un membre acide caractéristique a été tracé par Norman (1947) sur près de 25 kilomètres, mais il n'est pas indiqué sur certaines compilations plus récentes. Il s'étend du stock de East Sullivan au centre du canton Bourlamaque jusque dans le canton Vauquelin à l'est. Il est constitué de lave ou tuf sphérolitique. Son sommet est net contre les laves mafiques sus-jacentes (Sharpe, 1968), mais sa partie inférieure se mêle apparemment à d'autres laves ou tufs non caractéristiques. Quelques échantillons analysés ont la composition d'une dacite ou rhyolite sodique ferrifère (70% SiO<sub>2</sub>, 6% FeO, tableau 3, no 7). La magnétite octaédrique est présente çà et là dans les laves mafiques et les tufs. Imreh la rapporte également dans la partie ouest de la formation Héva. Sa distribution semble inégale et elle reflète peut-être une altération secondaire.

TABLEAU 3. COMPOSITION CHIMIQUE DE QUELQUES ROCHES EXTRUSIVES ET INTRUSIVES. ANALYSES NORMALISÉES, EXCLUANT H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> ET S.

|                                | Roches extrusives            |              |                   |                             |                       |                     |                      |
|--------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
|                                | Mine Kiena, formation Jacola |              |                   | Formations Héva et Val d'Or |                       |                     |                      |
|                                | Ultramafique<br>1            | Basalte<br>2 | Brèche Kiena<br>3 | Lave mafique<br>4           | Andésite Lamaque<br>5 | Dacite Akasaba<br>6 | Dacite sphérol.<br>7 |
| SiO <sub>2</sub>               | 48,4%                        | 53,0%        | 51,4%             | 56,2%                       | 58,4%                 | 63,9%               | 70,3%                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7,4                          | 15,4         | 15,4              | 13,4                        | 17,3                  | 17,0                | 12,0                 |
| FeO (t)                        | 12,8                         | 13,2         | 14,0              | 12,5                        | 8,3                   | 3,3                 | 6,2                  |
| MgO                            | 22,1                         | 8,9          | 5,9               | 5,9                         | 5,1                   | 2,2                 | 1,9                  |
| CaO                            | 8,5                          | 6,2          | 7,7               | 7,4                         | 4,7                   | 6,0                 | 3,3                  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,3                          | 2,2          | 4,5               | 2,6                         | 4,2                   | 5,8                 | 4,5                  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,0                          | 0,6          | 0,3               | 0,2                         | 0,3                   | 0,9                 | 0,6                  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,44                         | 0,54         | 0,84              | 1,42                        | 1,10                  | 0,66                | 0,94                 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,01                         | 0,04         | --                | 0,17                        | 0,20                  | 0,27                | 0,26                 |
| Éléments mineurs: ppm          |                              |              |                   |                             |                       |                     |                      |
| Sr                             | 100                          | 53           | 126               |                             | 208                   |                     |                      |
| Y                              | 10                           | 20           | 21                |                             | 20                    |                     |                      |
| Zr                             | 23                           | 39           | 63                |                             | 108                   |                     |                      |
| Nb                             | 2                            | 6            | 8                 |                             | 7                     |                     |                      |
| Ni                             | 1182                         | 166          | 6                 |                             |                       |                     |                      |
| Cr                             | 2459                         | 321          | --                |                             |                       |                     |                      |
| FeO/FeO+MgO                    | 0,36                         | 0,60         | 0,70              | 0,62                        | 0,62                  | 0,60                | 0,76                 |
| n =                            | (17)                         | (40)         | (90)              | (10)                        | (12)                  | (13)                | (6)                  |

- 1- Komatiites, près du gisement Kiena (Roy, 1983)
- 2- Laves mafiques, près du gisement Kiena (Roy, 1983)
- 3- Brèche minéralisée du gisement Kiena, protolite inconnu (Roy, 1983)
- 4- Andésites basaltiques, formation Héva, partie est; 1 km au nord du gisement Akasaba (Trudel, cité par Sauvé, 1985c)
- 5- Laves andésitiques près de la mine Lamaque, formation de Val d'Or (Daigneault, 1983)
- 6- Dacite, formation Héva, au sud du gisement Akasaba (Trudel, cité par Sauvé, 1985c)
- 7- Dacite ou rhyolite sodique, formation Héva, membre sphérolitique, au sud du gisement de Louvicourt Goldfield (Trudel, cité par Sauvé, 1985c)

TABLEAU 3. (suite)

|                                | Roches intrusives         |                            |             |                           |                              |                           |                     |                     |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
|                                |                           |                            | Kiena       | Mine Lamaque              |                              |                           |                     |                     |
|                                | Filon-couche diorite<br>8 | Batholite Bourlamaque<br>9 | dykes<br>10 | diorite porphyrique<br>11 | porphyre feldspathique<br>12 | porphyre Qtz-felds.<br>13 | cheminée no 4<br>14 | cheminée no 5<br>15 |
| SiO <sub>2</sub>               | 57,3%                     | 62,8%                      | 64,9%       | 62,3%                     | 63,6%                        | 66,0%                     | 54,1%               | 57,4%               |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,1                      | 17,1                       | 17,4        | 18,1                      | 17,1                         | 16,7                      | 17,3                | 17,8                |
| FeO (t)                        | 13,8                      | 5,7                        | 3,8         | 6,0                       | 5,2                          | 3,2                       | 10,0                | 7,3                 |
| MgO                            | 4,2                       | 2,7                        | 2,8         | 3,2                       | 2,7                          | 2,8                       | 4,9                 | 5,0                 |
| CaO                            | 6,8                       | 5,7                        | 3,3         | 5,1                       | 4,9                          | 5,2                       | 8,1                 | 6,7                 |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,1                       | 4,1                        | 5,5         | 4,0                       | 4,9                          | 5,0                       | 3,5                 | 3,7                 |
| K <sub>2</sub> O               | 0,5                       | 0,8                        | 1,7         | 0,6                       | 0,7                          | 0,7                       | 0,64                | 1,1                 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,64                      | 0,65                       | 0,43        | 0,54                      | 0,67                         | 0,33                      | 1,13                | 0,68                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,33                      | 0,24                       | 0,13        | 0,12                      | 0,27                         | 0,09                      | 0,22                | 0,25                |
| Éléments mineurs: ppm          |                           |                            |             |                           |                              |                           |                     |                     |
| Sr                             |                           | 234                        | 147         | 175                       | 283                          | 446                       | 191                 | 442                 |
| Y                              |                           |                            | 9           | 17                        | 16                           | 8                         | 25                  | 18                  |
| Zr                             |                           |                            | 89          | 116                       | 146                          | 75                        | 72                  | 106                 |
| Nb                             |                           |                            |             | 6                         | 12                           | 3                         | 8                   | 4                   |
| Ni                             |                           |                            | 39          |                           |                              |                           |                     |                     |
| Cr                             |                           |                            |             |                           |                              |                           |                     |                     |
| FeO/FeO+MgO<br>n =             | 0,76<br>(7)               | 0,68                       | 0,57<br>(8) | 0,65<br>(23)              | 0,66<br>(6)                  | 0,54<br>(7)               | 0,67<br>(9)         | 0,59<br>(6)         |

- 8- Filons-couches de diorite, au sud du gisement de Louvicourt Goldfield (Trudel, cité par Sauvé, 1985c)  
9- Composition moyenne du batholite de Bourlamaque (Campiglio et Darling, 1976)  
10- Dykes de quartzodiorite et de porphyre feldspathique quartzifère, mine Kiena (Roy, 1983)  
11- Porphyre dioritique, mine Lamaque (Daigneault, 1983)  
12- Dykes de porphyre feldspathique, mine no 2, Lamaque (Daigneault et al., 1983)  
13- Dykes de porphyre feldspathique quartzifère, mine Lamaque (Daigneault et al., 1983)  
14- Diorite d'affinité tholéitique, cheminée intrusive no 4, mine Lamaque (Daigneault et al., 1983)  
15- Cheminée dioritique no 5, mine Lamaque (Daigneault et al., 1983)

TABLEAU 3. (suite et fin)

|                                | Roches intrusives, Mine Lamaque |                |                       |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|
|                                | cheminée principale             |                | cheminée est          |
|                                | diorite<br>16                   | tonalite<br>17 | tonalite-quartz<br>18 |
| SiO <sub>2</sub>               | 57,1%                           | 67,1%          | 72,5%                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,4                            | 16,1           | 15,8                  |
| FeO (t)                        | 7,1                             | 3,4            | 1,7                   |
| MgO                            | 4,8                             | 2,2            | 0,9                   |
| CaO                            | 6,7                             | 3,8            | 2,6                   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,7                             | 5,7            | 5,9                   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,7                             | 1,2            | 0,3                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,84                            | 0,40           | 0,20                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,51                            | 0,17           | 0,13                  |
| Éléments mineurs: ppm          |                                 |                |                       |
| Sr                             | 870                             | 533            | 961                   |
| Y                              | 24                              | 11             | 7                     |
| Zr                             | 153                             | 133            | 123                   |
| Nb                             | 9                               | 8              | 8                     |
| Ni                             |                                 |                |                       |
| Cr                             |                                 |                |                       |
| FeO/Fe+MgO                     | 0,59                            | 0,61           | 0,65                  |
| n =                            | (3)                             | (3)            | (1)                   |

- 14 -

- 16- Diorite, bordure de la cheminée principale de la mine Lamaque (Daigneault et al., 1983)  
 17- Tonalite, partie centrale de la cheminée principale de la mine Lamaque (Daigneault et al., 1983)  
 18- Tonalite à quartz, cheminée est de la mine Lamaque (Daigneault et al., 1983)

### 3.3 Roches intrusives

Les roches intrusives sont nombreuses et de composition variée:

- filons-couches de gabbro-diorite;
- plutons quartzo-dioritiques (batholite de Bourlamaque);
- dykes de porphyre feldspathique, de porphyre feldspathique quartzifère;
- intrusifs riches en potassium (stock East Sullivan);
- de nombreux dykes et quelques cheminées intrusives allant de basiques à acides;
- diabases protérozoïques.

Toutes ces roches sont métamorphosées sauf la diabase protérozoïque. Sauf pour les rares intrusifs potassiques, ces roches sont caractérisées par une très basse teneur en potassium, tout comme les roches volcaniques du groupe de Malartic. D'ailleurs, l'éventail de la composition chimique des roches intrusives est sensiblement le même que celui des roches volcaniques de la partie supérieure de la séquence. La composition chimique de quelques roches intrusives est donnée au tableau 3.

#### 3.3.1 Filons-couches de gabbro-diorite

Ces roches mafiques concordantes sont probablement présentes dans toute la séquence volcanique, mais les filons cartographiés les plus épais et les plus continus sont tous dans la partie supérieure de la séquence (formation Héva mais aussi Val d'Or et Jacola). Le filon-couche qui contient le gisement de Vicour ou de Sigma-2 (partie centrale du canton Louvicourt) aurait plus de 300 mètres d'épaisseur et a été tracé sur environ 10 km. Les filons de 100 m d'épaisseur sont nombreux dans ce secteur.

La roche est foncée, à grain moyen, et généralement constituée de 25 à 60% de grains ferromagnésiens. Certains filons sont magnétiques, d'autres pas. Le groupe de filons représenté par l'analyse no 8, tableau 3, est de composition dioritique et assez semblable chimiquement à la lave mafique avoisinante. D'autres filons sont probablement

gabbroïques. Des amas de granophyre sont connus à deux endroits dans le gabbro et ces deux endroits contiennent des gisements d'or (Louvicourt Goldfield et Sigma-2). La carte géologique de Louvicourt (Sharpe, 1968) montre à quelques endroits des filons-couches de diorite passant latéralement à la "granodiorite". Peut-être s'agit-il de granophyre? L'information vient cependant de vieux sondages que Sharpe n'a probablement pas pu vérifier.

Les filons couches sont localement foliés, tout comme les laves, et ils semblent antérieurs à la déformation. Ils ressemblent aux laves mafiques massives; en fait, il est souvent impossible de distinguer l'un de l'autre. Rien n'indique que les filons-couches ne peuvent être cosanguins aux laves mafiques.

### 3.3.2 Plutons de quartzodiorite

Cette classe est représentée par le batholite de Bourlamaque, par le pluton de Bevcon et par quelques autres amas plus petits.

Cette roche granitoïde est communément grise, riche en plagioclase, quartz (20%) et grains ferromagnésiens (15-35%) fortement chloritisés. Un peu de biotite est présente. Le microcline est rare et n'est présent qu'à quelques endroits dans le batholite de Bourlamaque (Campiglio, 1977). La tonalite de Bevcon passe localement en leucotonalite ou granophyre très riche en quartz (40%) et presque entièrement démunie de grains ferromagnésiens.

Campiglio (1977) et Campiglio et Darling (1976) ont étudié le batholite de Bourlamaque. La composition chimique moyenne qu'ils ont obtenue est reporté au tableau 3 (no 9, 63% SiO<sub>2</sub>). Elle est semblable à la dacite (no 6) rapportée au même tableau. Ces auteurs ont souligné que le batholite est tectonisé et métamorphisé, donc pré-cinématique. Ils ont noté aussi l'affinité avec les laves sus-jacentes. Ils ont proposé que le batholite s'est injecté tôt dans les laves encore sub-horizontales. Le contact du batholite semble localement concordant avec les laves. Des travaux souterrains à la mine Greene-Stabell ou Jacola ont cependant montré que le batholite est nettement discordant le long du pendage à un endroit où il semble concordant le long de la direction (Sauvé, 1984b). Il est peut-être partout discordant.

### 3.3.3 Porphyre feldspathique, porphyre feldspathique quartzifère

Les dykes de porphyre feldspathique, avec ou sans phénocristaux de quartz, sont présents à proximité de presque tous les gisements aurifères de Val d'Or. Les dykes sont particulièrement nombreux et puissants dans la partie supérieure de la séquence volcanique (formation Héva) sur une bonne distance de part et d'autre de l'intrusif de East Sullivan. Les dykes de 20 m et plus d'épaisseur sont nombreux près du gisement de Louvicourt Goldfield et certains atteignent 50 m. Un dyke ou groupe de dykes a été suivi sur plus de 2 km près du gisement Bevcon. Les dykes porphyriques sont aussi présents dans la formation Jacola près des gisements Kiena et Shawkey. Plus bas dans la séquence, les dykes porphyriques semblent plus petits et plus rares, mais ils se retrouvent près du gisement Sullivan.

L'appellation porphyre feldspathique est ici restreinte aux dykes de composition intermédiaire à felsique. Les dykes mafiques contenant quelques phénocristaux de plagioclase sont exclus. Le porphyre feldspathique a été appelé de différentes façons par divers auteurs, dont porphyre à albite et porphyre syénitique. Cette dernière appellation porte carrément à confusion car la roche n'a rien d'une syénite.

Le porphyre est caractérisé par la présence de gros (1-2 cm) phénocristaux (10-35%) de plagioclase dans une pâte fine. Certaines variétés contiennent des phénocristaux plus petits (3-5 mm) de quartz (0-10%), tandis que d'autres montrent des petits (2-3 mm) bâtonnets de hornblende. La pâte est souvent non foliée, ce qui donne à la roche une apparence fraîche, mais elle peut aussi être schisteuse et séricitique. Les phénocristaux de plagioclase sont surtout constitués d'albite secondaire. Parfois des grains ou parties de grains du plagioclase original sont conservés. C'est une andésine sodique (An<sub>35</sub>) montrant une zonalité concentrique répétitive. La pâte est riche en quartz et feldspath avec un peu de hornblende ou de chlorite.

La composition chimique du porphyre feldspathique de la mine Lamaque est donnée au tableau 3 (no 12, 63,6% SiO<sub>2</sub>). Elle est près de celle de la dacite d'Akasaba (no 6) et de la composition moyenne du batholite de Bourlamaque (no 9). Elle est d'affinité calco-alcaline et

sa teneur en potasse est très basse (0,7%). Le porphyre à phénocristaux de quartz et feldspath de la même mine est un peu plus siliceux que le porphyre feldspathique (2,4% SiO<sub>2</sub> de plus).

Le porphyre feldspathique recoupe les filons-couches de gabbrodiorite, le pluton de Bevcon et le batholite de Bourlamaque. Certains dykes non foliés recoupent des roches volcaniques schisteuses et ils semblent injectés après une part importante de la déformation tectonique. Par contre, des dykes identiques situés dans le même secteur peuvent être très schisteux. En fait, le même dyke peut être schisteux à un endroit et non déformé ailleurs.

#### 3.3.4 Intrusifs à microcline

Deux occurrences seulement de ce type de roche sont connues dans le secteur de Val d'Or: les intrusifs de East Sullivan et de Valentin. Ce dernier est situé à la limite ouest de la ville de Val d'Or. La cheminée intrusive du gisement de Camflo est du même type, mais elle est dans le secteur de Malartic.

L'intrusif de East Sullivan n'a jamais été décrit et il est mal connu. M. Taner l'étudie présentement. L'intrusif est complexe et accuse des variations importantes de texture et de composition. Une part est porphyrique: des gros phénocristaux de microcline reposent dans une pâte plutôt fine. La texture suggère une intrusion à faible profondeur. Elle est aussi nettement différente de la texture granitoïde du batholite de Bourlamaque. D'après Taner (comm. pers.), c'est un intrusif alcalin de composition monzonitique qui se compare aux roches alcalines de Kirkland Lake.

Le stock intrusif de Valentin est constitué d'une roche felsique à grain moyen (2-3 mm) caractérisée par le développement inégal de microcline et par l'abondance relative de biotite. Le microcline semble prendre la place du quartz et il pourrait être secondaire. L'intrusif est métamorphisé (Sauvé, 1984b).

Les relations d'âge avec les autres intrusifs ne sont pas connues.

### 3.3.5 Autres dykes et cheminées

Les dykes cristallins (1-3 mm) de composition intermédiaire à felsique sont fréquents près des gisements de Kiena, de Shawkey, de Jacola, de Siscoe, de Sullivan et de Perron. Ils ont été nommés diorite, diorite quartzifère, granodiorite, porphyre dioritique, albitite, aplite. Certains sont porphyriques, mais le contraste entre phénocristaux et mésostase cristalline est bien moins marqué que dans le cas des porphyres feldspathiques. Roy (1983) a présenté des analyses de dykes de granodiorite et de diorite de la mine Kiena qui sont semblables par leur composition chimique aux dykes de porphyre feldspathique (no 10, tableau 3). Des dykes de porphyre à quartz et feldspath sont aussi présents à la mine. Il semble que les dykes intermédiaires sont généralement porphyriques dans la partie supérieure de la séquence volcanique (Héva) et surtout cristallins dans la partie inférieure, mais les deux types peuvent se retrouver au même endroit.

Les dykes mafiques sont également nombreux. Certains sont sûrement les conduits nourriciers des laves environnantes, mais d'autres recouperont le batholite de Bourlamaque et les dykes intermédiaires. À la mine Bevcon, les dykes mafiques sont plus jeunes que le porphyre à quartz et feldspath (Sharpe, 1968). Les dykes mafiques sont aussi postérieurs aux dykes intermédiaires à la mine Sullivan (Trudel, 1985a).

Six cheminées intrusives situées sur la propriété de la mine Lamaque ont été décrites par Daigneault et al. (1983). Trois sont de composition dioritique et d'affinité tholéitique ou calco-alcaline selon le cas (no 14 et 15, tableau 3; 45 et 57% SiO<sub>2</sub>). Les trois autres varient de la diorite à la leucotonalite et sont d'affinité calco-alcaline (no 16 à 18; 57 à 72% SiO<sub>2</sub>). Les cheminées sont de plus fortement altérées; les roches mafiques sont carbonatisées et enrichies en potassium. Les cheminées sont postérieures aux porphyres feldspathiques et aux porphyres quartzifères (Daigneault et al., 1983).

Le cas de Lamaque-Sigma illustre bien le dilemme portant sur l'âge relatif des intrusifs (et des veines de quartz aurifère). D'après Robert (1983), les dykes de porphyre feldspathique de la mine Sigma ne sont pas déformés et ils sont postérieurs à la déformation régionale.

La cheminée principale de la mine Lamaque recoupe ces dykes de porphyre feldspathique (Wilson, 1948; Daigneault, 1983). D'après Karvinen (1985), la cheminée a subi au moins un et peut-être deux épisodes de déformation tectonique. La problématique est que la déformation est souvent le seul critère d'âge des dykes. Malheureusement, le développement de la schistosité est inégal dans les roches du même âge.

### 3.4 Tectonique

Aucune étude structurale détaillée de la région de Val d'Or n'a été publiée et la tectonique n'est connue que de façon générale. Val d'Or est sur le membre sud de l'anticlinal majeur de La Motte (Dimroth et al., 1982; Imreh, 1984). Les roches volcaniques du secteur font partie d'un homoclinal faillé à polarité sud et à pendage presque vertical. Les zones longitudinales de cisaillement sont nombreuses et la schistosité ou "déformation pénétrante" est fréquente mais non universelle. L'homoclinal se bute, au sud-ouest de Val d'Or, contre la zone tectonisée comprenant les groupes de Piché et de Kéwagama et la faille de Cadillac. Ces groupes disparaissent vers l'est. L'homoclinal de roche volcanique vient alors en contact avec les schistes plissés du Pontiac et le prolongement vers l'est de la faille de Cadillac devient problématique.

Des études structurales détaillées dans le secteur de Rouyn-Noranda ont montré la présence de déformation polyphasée (Dimroth et al., 1983; Hubert et al., 1984). Des plis de première phase, surtout de direction axiale N-S ou S-E, sont repris par une deuxième phase de plissement avec plan axial de direction E-O. Ce patron de déformation multiple est aussi présent dans le secteur de Malartic (Babineau, 1983). Plus d'une phase de déformation sont probablement présentes dans le secteur de Val d'Or, mais elles n'ont pas été mises en évidence.

#### 3.4.1 Homoclinal et plis

La séquence volcanique homoclinale fait un coude brusque juste à l'ouest de Val d'Or: la direction des strates est de 110°-120° dans la partie ouest et d'environ 90° dans le secteur est. Les pendages sont

généralement presque verticaux (surtout 80°N à 80°S). La bordure sud de l'homoclinal est renversée dans le secteur ouest: pendage de 55°NE à la mine Camflo et de 70°NE à Kiena. Elle est à l'endroit et penche à 70°S au gisement Akasaba dans la partie est.

Les sommets identifiés sont tournés vers le sud sauf pour de très rares exceptions. Des plis sont peut-être présents mais les seuls plis importants reconnus dans toute la séquence homoclinale sont près du gisement Camflo dans la région de Malartic. Il s'agit de plis de deuxième phase (Babineau, 1983) à plan axial 090° qui affectent les formations (et la schistosité S1) de direction 120°. Ces plis de deuxième phase sont à la bordure de la zone de Cadillac et ils n'ont pas été tracés vers l'est à l'intérieur du groupe de Malartic.

La zone homoclinale a plus de 10 kilomètres de largeur près de la limite est du batholite de Bourlamaque.

#### 3.4.2 Schistosité

La déformation de la région est caractérisée par un développement bien inégal de la foliation ou schistosité, développement qui dépend pour une bonne part de la nature de la roche. Des secteurs et des lithologies ne sont que peu ou pas foliés, mais ils contiennent des zones locales à cisaillement plus ou moins marqué. C'est souvent le cas des coulées basaltiques, des roches intrusives à grain moyen ou grossier et des dykes de porphyre de composition intermédiaire. Le batholite de Bourlamaque, en particulier, n'est que localement folié ou cisailé. Ailleurs, la schistosité ou déformation pénétrante peut être généralisée. C'est particulièrement fréquent dans les laves ultramafiques et dans les tufs. Parfois les roches passent à de véritables schistes où toutes les structures originales sont effacées. Des schistes à chlorite-séricite-carbonate sont localement abondants parmi les tufs de la formation de Val d'Or, près du gîte de cuivre de Dunraine en particulier. Des schistes à talc-actinote-carbonate-chlorite sont fréquents parmi les roches ultramafiques.

La schistosité et les zones cisailées ont sensiblement la même direction que les unités stratigraphiques: environ  $115^\circ$  dans le secteur ouest et  $090^\circ$  dans la partie est. Le pendage est sub-vertical, vers le nord ou vers le sud selon l'endroit.

Deux schistosités superposées ont été reconnues par Babineau (1983) près des plis de deuxième phase déjà mentionnés. La première, orientée à  $120^\circ$ , est la schistosité habituelle. La deuxième est à  $090^\circ$ /verticale et elle est parallèle au plan axial des plis de deuxième phase. Deux schistosités ont aussi été relevées par Roy (1983) à la mine Kiena. La deuxième schistosité est ici orientée à  $140^\circ$ /verticale et elle est donc à peu près parallèle à la schistosité régionale. La schistosité plus ancienne penche à environ  $30^\circ$  O-NO. Ce pendage correspond à peu près au grand axe du gisement principal.

Les roches très schisteuses montrent parfois un plissement de la foliation principale et des linéations diverses. Nous n'avons vu aucun rapport faisant état d'un relevé systématique de ces structures.

### 3.4.3 Zones cisailées longitudinales

Les zones de cisaillement n'affleurent pratiquement pas et elles ont surtout été reconnues en forage et dans les travaux souterrains. Les zones foliées sont très nombreuses et leur corrélation à partir des forages n'est pas toujours facile. Il n'est pas facile non plus de juger de l'importance du décrochement et de distinguer les zones majeures.

Les zones cisailées les plus importantes sont rapportées dans la zone tectonisée près de la bordure sud-ouest de l'homoclinal. Norman (1943) a noté des zones fortement cisailées de plus de 100 mètres de largeur. D'autres zones reconnues à l'intérieur de la séquence homoclinale sont la zone K de Siscoe et la zone 10 de Shawkey. Toutes ces zones ont une direction de  $110$  à  $125^\circ$  et un pendage très abrupt ( $70-85^\circ$ ) vers le nord. Des zones cisailées de direction E-O, à pendage vertical à  $80^\circ$ N, sont rapportées dans le secteur est, près des gisements de Sigma, de Perron, de Bevcon, de Louvicourt Goldfield et de Manitou-Louvem.

Le décrochement des zones cisailées n'est généralement pas connu. À Sigma, on rapporte un mouvement presque vertical, le côté sud ayant monté par rapport au nord dans les dernières phases du mouvement

(Robert et al., 1983). À Siscoe, le mouvement rapporté est oblique, le bloc sud étant abaissé et déplacé vers l'ouest relativement au bloc nord (Trudel, 1985b).

#### 3.4.4 Failles transversales

Les failles de direction NE sont nombreuses à l'ouest de Val d'Or. Leur décrochement apparent est le plus souvent dextre. Certaines sont anciennes et elles ont été localement suivies par des dykes de porphyre près du gisement Shawkey. D'autres sont tardives, telle la faille du Lac Blouin, et elles déplacent les veines aurifères. Des failles tardives de direction 065°, pendage 40°NE sont présentes à la mine Sigma.

#### 3.5 Métamorphisme

Le métamorphisme de la ceinture volcanique de l'Abitibi est complexe et résulte de la superposition d'altérations contemporaines au volcanisme, du métamorphisme d'auréole autour des plutons et du métamorphisme régional relié à la déformation kénorienne (Dimroth et al., 1983; Jolly, 1978). L'altération contemporaine aux coulées a surtout été mise en évidence dans des secteurs où le métamorphisme kénorien est très faible (faciès préhnite-pumpellyite, Dimroth et al., op. cit.). Le métamorphisme du secteur de Val d'Or n'a pas été étudié systématiquement et l'information suivante vient de quelques endroits isolés.

Toute la séquence homoclinale de Val d'Or fait partie du faciès schiste vert comme l'indique la co-existence universelle de l'albite et de l'épidote-clinozoïsite. La chlorite est aussi générale et l'actinote est commune dans les roches mafiques. La biotite métamorphique (faciès schiste vert moyen ou plus élevé) est présente dans plusieurs secteurs mais l'isograde de la biotite est difficile à tracer vue la faible teneur en potassium des roches volcaniques. L'amphibole modérément à fortement pléochroïque en bleu et vert, très commune dans le faciès schiste vert supérieur, est aussi présente à plusieurs endroits.

Dans le secteur de Louvicourt, le métamorphisme régional croît vers le sud en approchant des schistes de Pontiac. Près des gisements de Bevcon et de Louvem, le faciès semble être celui du schiste vert inférieur: la biotite métamorphique semble absente même dans des roches mafiques assez riches en muscovite. Plus au sud, la biotite métamorphique est stable près du gisement de Louvicourt Goldfield. Près du gisement Akasaba, à la bordure des schistes de Pontiac ou de Trivio, le métamorphisme correspond au faciès schiste vert supérieur: la biotite est commune, la chlorite est plutôt rare et la hornblende fortement pléochroïque en bleu et vert est abondante. Une analyse a confirmé que cette amphibole est alumineuse (Sauvé, 1985c). La carte de Imreh (1984) montre que le métamorphisme continue à croître plus au sud dans les schistes de Pontiac et l'isograde de la staurolite (début du faciès amphibolitique de Winkler, 1979) puis de la sillimanite sont atteints respectivement à 6 km et à 25 km au sud du gisement Akasaba.

Aux mines Lamaque et Sigma, la biotite métamorphique est commune en profondeur et très rare à moins de 600 mètres. Robert (1983) place l'isograde de la biotite à environ 800 mètres de profondeur à la mine Sigma. Daigneault (1983) la situe à 1200 mètres près de la cheminée principale de la mine Lamaque.

Dans la partie ouest du secteur, la biotite est peu abondante mais fréquente près des gisements de Kiena, Shawkey et Jacola. L'amphibole pléochroïque en bleu et vert est aussi présente mais sa teneur en alumine n'a pas été vérifiée. Le faciès métamorphique est celui du schiste vert moyen ou supérieur. Le grade métamorphique croît vers le sud dans les schistes de Pontiac mais il croît aussi vers le nord. Le faciès amphibolitique est atteint dans la partie axiale de l'anticlinal de La Motte (Hébert, cité dans Dimroth, 1983) et autour des plutons tardi-cinématiques de Preissac et Lacorne (Jolly, 1978).

Campiglio (1977) a souligné que le batholite de Bourlamaque est pré-cinématique. Il est tectonisé et largement altéré en minéraux caractéristiques du faciès schiste vert: albite-épidote-chlorite-actinote avec parfois du mica blanc. La situation est identique pour le pluton Bevcon. À ce dernier endroit, nous avons noté un métamorphisme d'auréole

marque par le développement inégal de hornblende brunâtre grenue, de grenat et de biotite (Sauvé, 1984a). Le métamorphisme régional du faciès schiste vert semble superposé au métamorphisme d'auréole.

Tous les dykes hypabissaux que nous avons examinés sont aussi altérés en minéraux caractéristiques du faciès schiste vert et les seuls dykes non métamorphisés semblent être les diabases protérozoïques.

Des grains d'andésine primaire sont partiellement conservés dans des dykes tardifs de porphyre feldspathique non folié. Des restes de plagioclase primaire ont également été observés dans des coulées massives non foliées près du gisement Stabell. Cette conservation partielle du plagioclase semble reliée à l'absence de déformation tout comme les secteurs faiblement métamorphisés (préhnite-pumpellyite) de la ceinture de l'Abitibi sont des secteurs peu déformés et non foliés (Dimroth et al., III, 1983).

#### 4. DESCRIPTION DES GISEMENTS AURIFÈRES

##### 4.1 Introduction

Les gîtes aurifères de Val d'Or peuvent être classés selon les types suivants:

- I- Filon ou veine de quartz-carbonate-pyrite ± tourmaline. Les veines sont suffisamment importantes pour être minées individuellement. L'or est présent dans la veine de quartz et il est aussi disséminé dans les épontes fortement altérées en bordure immédiate de la veine. Exemples: Lamaque, Sigma, Sullivan, Siscoe, Bevcon, Perron et plusieurs petits gisements.
- II- Stockwork ou réseau de veines et veinules dans des intrusifs peu ductiles. Les veinules sont suffisamment rapprochées et toute la roche peut être minée "en vrac". Veines et veinules sont minéralogiquement identiques à celles de la classe I et se sont formées de la même façon, seul le patron de fracturation diffère. Exemples: certaines zones à Lamaque et Bevcon, Louvicoart Goldfield, "veines de dyke" à Sigma (voir plus loin).

III- Zone de cisaillement avec lentilles de quartz-tourmaline-carbonate-pyrite. Exemple: Belmoral. Seule l'intensité du cisaillement semble distinguer ce type des "veines de cisaillement" de Sigma (voir "aspect mégascopique").

IV- Or disséminé:

a) dans une brèche basaltique (?) fortement carbonatisée avec pyrite disséminée: Kiéna;

b) avec pyrrhotite disséminée dans un tuf mafique. Gisement sans cisaillement marqué, possiblement volcanogène: Akasaba.

Les gisements des trois premières classes sont très semblables par leur nature filonienne, leur minéralogie relativement simple et une altération des épontes caractérisée par une forte carbonatation (sauf pour le gisement Greene-Stabell). Le gisement Kiéna est semblable par son altération et sa minéralogie. Sa minéralisation n'est pas contrôlée par des veines rectilignes mais le gisement est envahi par de nombreuses masses et lentilles de quartz. Le gisement Akasaba et le gisement filonien de Greene-Stabell (Jacola) diffèrent des autres par leur minéralogie plus complexe. Ils ont une teneur en soufre et chalcopryrite plus élevée et la carbonatation de leurs épontes est insignifiante.

La liste suivante regroupe les gisements selon leur roche-hôte ou leur position stratigraphique:

- Dans le batholite de Bourlamaque ou des plutons semblables:

Sullivan;

Perron;

Belmoral;

Courvan;

Beaufor;

Bras d'Or;

Siscoe, dans un petit stock en bordure du batholite;

Bevcon, dans le pluton Bevcon semblable au batholite.

- Formation Dubuisson:

Siscoe, près de la bordure ouest du batholite de Bourlamaque;

New Pascalis, dans un dyke, près de la bordure est du batholite.

- Formation Jacola:

Kiena;

Shawkey;

Greene-Stabell, près du batholite de Bourlamaque.

- Formation de Val d'Or:

Lamaque et Sigma, près d'un centre d'émission volcanique?

- Formation Héva:

Louvicourt Goldfield et Sigma-2 (Vicour), réseau de veines dans la portion granophyrique de filons-couches de gabbro-diorite.

Akasaba, dépôt disséminé volcanogène?

#### 4.2 Aperçu des gisements

Nous ne mentionnons ici que quelques traits saillants de la géologie locale des diverses mines. La structure interne des veines, leur minéralogie et l'altération de leurs épontes sont décrits plus loin. Une description plus détaillée peut être trouvée dans les rapports séparés traitant de la géologie des gisements individuels.

Les mines Lamaque et Sigma sont voisines et se partagent en fait le même gisement. Elles sont dans la formation de Val d'Or à l'endroit où Imreh (1984, fig. 6) indique un centre d'émission volcanique. Cette hypothèse est vraisemblable compte tenu de la présence dans le secteur de roches pyroclastiques grossières où la taille des blocs atteint 0,3 mètre, et de l'abondance de diorite porphyrique injectée dans des tufs feldspathiques également porphyriques. Les veines principales de la mine Lamaque sont centrées sur une cheminée quartzodioritique recoupée par une série de failles inverses (Wilson, 1948; Bédard et Imbault, 1980). Les veines individuelles occupent ces failles à l'extérieur de la cheminée. Leur épaisseur varie de très mince jusqu'à 10 mètres. Les failles ou veines peuvent être suivies dans la cheminée (Karvinen, 1985), mais la fracturation devient plus complexe et peut former des réseaux de veines multiples minées ensemble. Une chambre ouverte gigantesque dans la cheminée a fourni à elle seule plusieurs millions de tonnes de minerai. Cinq autres cheminées intrusives ont été identifiées sur la propriété Lamaque. Les secteurs avoisinant deux d'entre elles ont fourni plus de trois millions de tonnes de minerai (Bédard et Imbault, 1980).

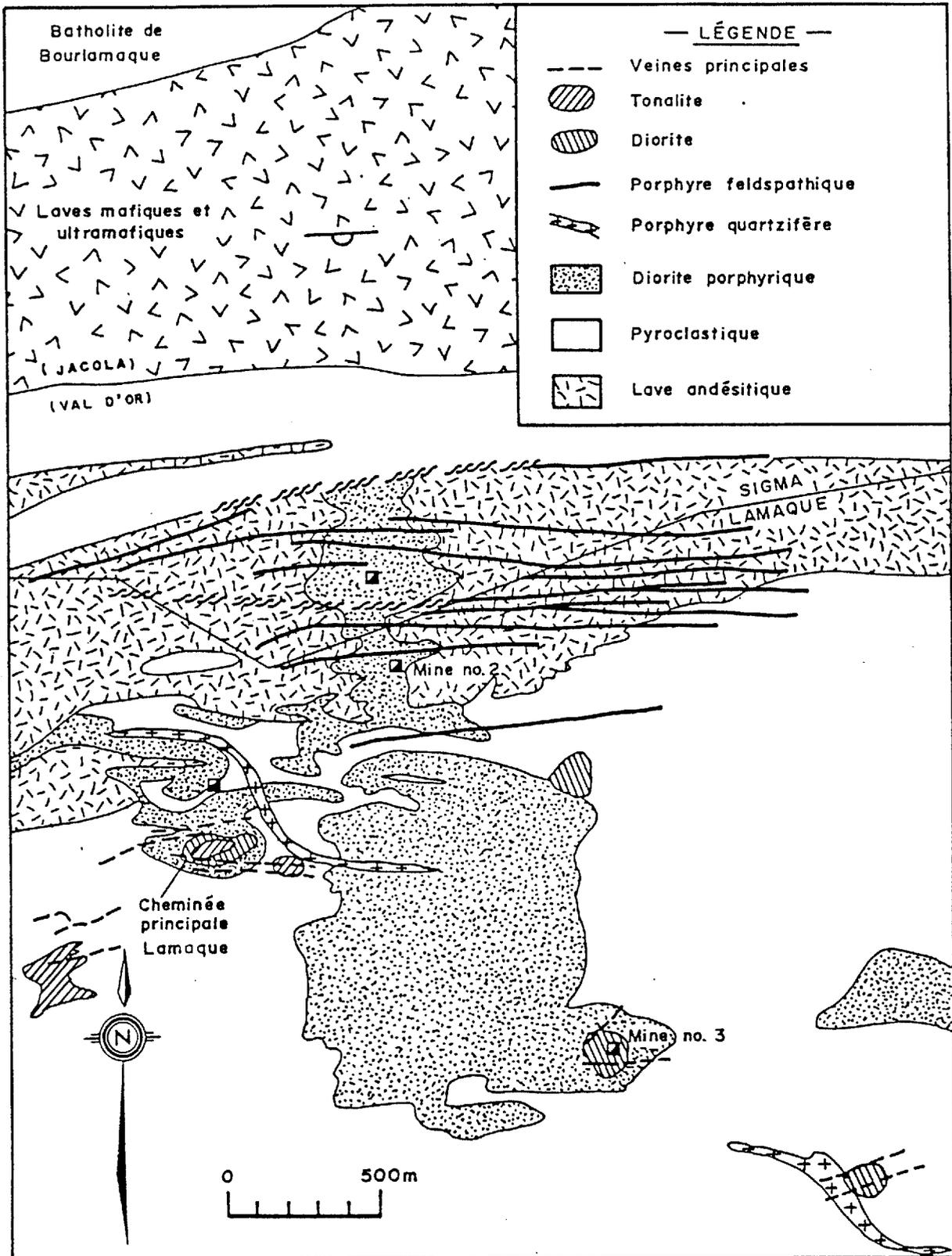


Figure 4: Géologie près des mines Lamaque et Sigma. Les nombreuses veines situées près des dykes de porphyre feldspathique des mines Sigma et Lamaque no 2 ne sont pas montrées.

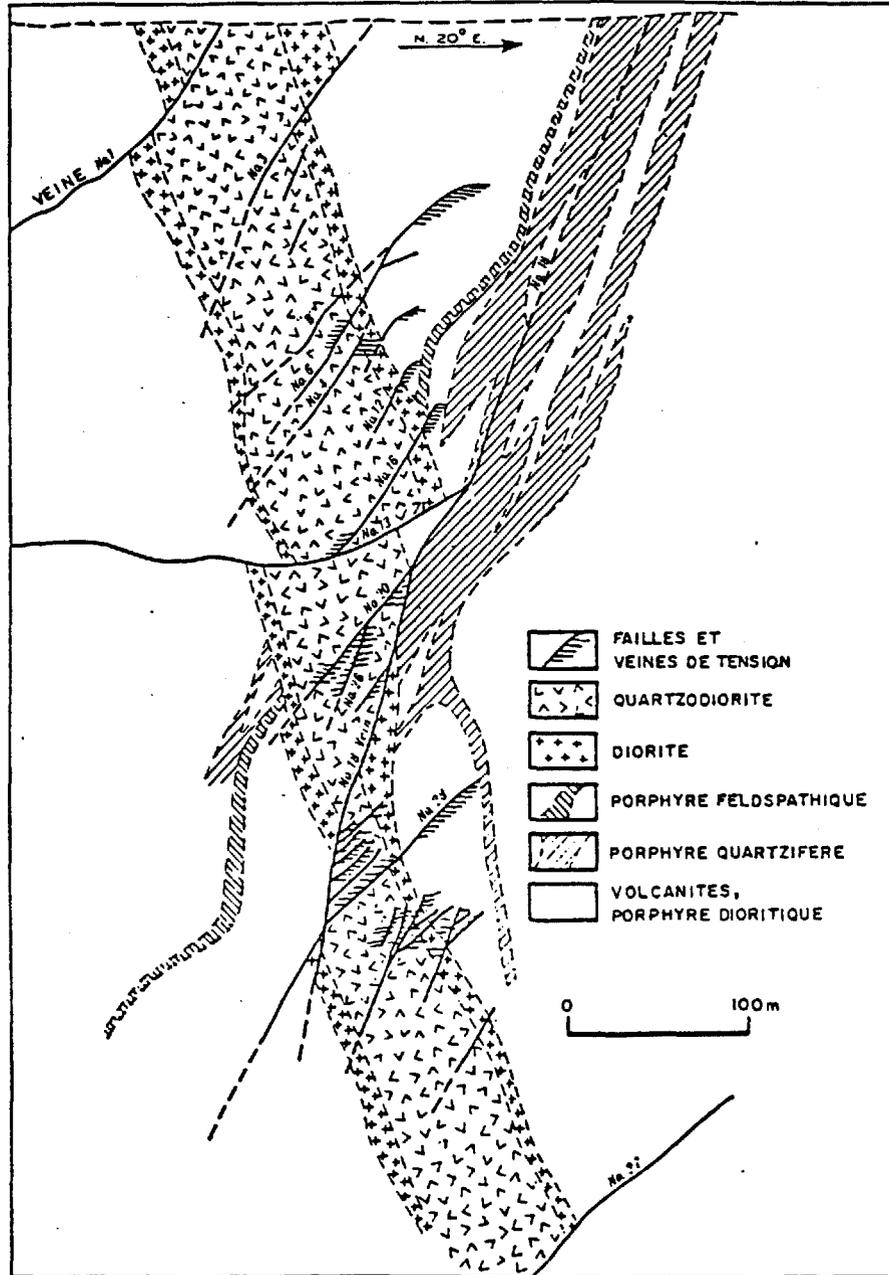


Figure 5: Coupe verticale traversant la cheminée principale de la mine Lamaque. Les veines forment des lentilles plus ou moins continues dans les failles inverses. De nombreuses veines de tension sub-horizontales augmentent localement l'épaisseur des zones minées. Des secteurs de la cheminée avec veines et veinules rapprochées sont minés en vrac (près des veines 18 et 28). D'après Wilson (1948).

La mine Sigma et la "mine no 2" de Lamaque sont contiguës et situées à environ un kilomètre au NNE de la cheminée principale de la mine Lamaque. Ce secteur, limité par deux zones cisailées (E-O/verticales) distantes de 450 mètres, comprend une multitude de veines individuelles qui sont décrites en détail à la section suivante. Les veines sont en moyenne plus étroites qu'à la mine principale de Lamaque et leur pendage est différent. Elles semblent associées de près à un groupe de dykes de porphyre feldspathique, mais elles sont plus jeunes que ces dykes (voir "association veines et intrusifs").

De nombreux gisements sont situés dans le batholite de Bourlamaque, près de sa bordure: Sullivan, Perron, Courvan, Beaufort, Bras d'Or. Ces gisements sont tous semblables et consistent en un système de nombreuses veines individuelles semblables aux veines des mines Lamaque et Sigma. Le gisement le plus important, Sullivan, est dans un secteur du batholite où les zones de cisaillements et les dykes sont plus abondants qu'ailleurs. Les veines principales se présentent en longues lentilles dans quatre structures parallèles (  $130^{\circ}/40$  NE) distantes de 20 à 50 mètres. Ces structures sont des zones de cisaillement ou des dykes altérés que les veines suivent fidèlement. La veine minée la plus importante atteignait une épaisseur de 10 mètres. De nombreuses petites veines d'orientation différente des veines principales ont aussi été minées. Les veines de la mine Perron sont également associées à des dykes de porphyre antérieurs aux veines et à des zones de cisaillement (Ames, 1948; Trudel, 1985c). Le patron structural des veines est illustré en coupe à la figure 13. La faille majeure Perron (E-O/ $80^{\circ}$  N) limite la zone minéralisée au nord.

La mine Bevcon est située en bordure du pluton Bevcon dont la composition est semblable à celle du batholite de Bourlamaque. Des zones cisailées ( E-O/ $80^{\circ}$  N) recoupent le pluton et les roches volcaniques encaissantes. La plupart des veines sont comprises dans une zone de 150 mètres de largeur entre la bordure du batholite et un dyke à phénocristaux de feldspath et de quartz de même orientation que les zones cisailées. Les veines sont nombreuses et appartiennent à trois groupes principaux, probablement deux groupes de veines de cisaillement et un groupe de veines d'extension (Sharpe, 1968; Sauvé, 1984a). La plupart

des veines sont étroites (circa 0,5 m), mais elles s'étendent sur des longueurs atteignant 275 mètres. Un petit secteur de la mine contenait un réseau complexe de veines et veinules qui a été miné en vrac. Cette zone minée avait une largeur d'environ 30 mètres.

Le gisement Siscoe est en grande partie dans un petit intrusif quartzodioritique injecté dans la formation Dubuisson, à deux kilomètres au nord-ouest du batholite de Bourlamaque. L'intrusif est fortement chloritisé. Il est bordé au sud par une zone intensément cisailée, appelée "zone K" (115°/80° N), riche en chlorite, talc, actinote et carbonate. Les veines de quartz aurifère se retrouvent surtout dans l'intrusif altéré, mais un peu de minerai a aussi été tiré de la zone K et des roches volcaniques au sud. Une petite partie du minerai de la zone K était bien différent des veines usuelles de la région. C'était un talc vert pomme contenant des filonnets d'or visible sans quartz ni sulfures associés (Hawley, 1948; Trudel, 1985b). Les veines sont d'âges variés. Les plus anciennes sont recoupées par des dykes de porphyres qui sont eux-mêmes antérieurs à d'autres veines aurifères.

Les petits gisements de Shawkey et de Greene-Stabell ou Jacola sont filoniens et situés dans la formation Jacola. Ce deuxième gisement n'est qu'à 500 m du batholite de Bourlamaque. Une seule veine a été exploitée à chacun des deux gisements et leur largeur moyenne n'était que de 1 à 2 mètres. La veine Stabell est dans une zone cisailée qui recoupe les formations. La veine Shawkey est dans une zone foliée parallèle ou presque parallèle aux formations. Des dykes et petits intrusifs de porphyre feldspathique ont des liens équivoques avec le minerai (Sauvé, 1984b, 1985a). Nous indiquons plus loin que la veine Stabell diffère minéralogiquement des autres veines du district.

Le gisement de Louvicourt Goldfield consiste en un stockwork ou réseau de veinules et lentilles multiples dans un filon-couche de gabbro-diorite injecté dans un membre de la formation Héva où abondent les roches pyroclastiques acides. Les veines étaient minées en vrac et la largeur de la zone minée atteignait 25 m à un endroit mais la teneur était plutôt basse. La structure contrôlant le réseau de veines n'est pas évidente. Une part au moins du minerai est dans un granophyre relativement cassant mais l'étendue et la distribution de celui-ci ne sont

pas connues. Le réseau de veines semble recoupé par un dyke de porphyre feldspathique qui ne contient que quelques rares veinules aurifères (Sauvé, 1985b). Le gisement de Vicour ou Sigma-2, situé dans la partie centrale du canton Louvicourt et présentement exploité par les Mines Sigma, semble être dans un contexte géologique identique sauf que le porphyre feldspathique semble absent près du minerai.

La mine Belmoral est au coeur du batholite de Bourlamaque, dans une zone fortement cisailée ( $070^{\circ}/65^{\circ}$  S) à décrochement inverse. La quartzodiorite est fortement cisailée et localement transformée en schiste à albite-quartz-chlorite-carbonate-séricite. La zone cisailée contient aussi des lentilles d'un schiste fin distinct qui semble dérivé des dykes mafiques qui recoupent la quartzodiorite (Darling et al., 1985). Presque tout le minerai (90%) est constitué de lentilles de quartz-calcite-tourmaline-pyrite. Le reste consiste en lentilles ou veinules de pyrite plus ou moins massive sans quartz important. La teneur en or est proportionnelle à l'abondance de pyrite (Darling et al., 1985). Les lentilles minéralisées sont dispersées dans la zone cisailée et séparées les unes des autres par des écrans de schiste ou de quartz stérile. Elles sont souvent plissées ou boudinées. La déformation s'est poursuivie après la période de formation des veines et la zone cisailée contient quelques minces zones de failles tardives avec boues de faille non recristallisées. Le gisement Belmoral est semblable à d'autres gisements dans le batholite sauf que la déformation post-minéralisation est beaucoup plus importante (R. Darling, comm. pers.).

La brèche minéralisée du gisement Kiena forme une grande lentille de plus de 30 mètres d'épaisseur prise entre deux couches de laves komatiitiques de la formation Jacola. Elle semble concordante. Sa composition, très modifiée, l'apparente à une tholéiite ferrifère (Muir, 1981). La brèche est intensément ferro-carbonatisée, elle contient environ 5% de pyrite et elle est localement envahie par des lentilles ou masses importantes de quartz. L'or est disséminé dans la roche et ne semble pas particulièrement relié aux fractures (Muir, 1981). La minéralisation a une minéralogie très simple comme la plupart des gîtes aurifères du district. Il est difficile de spéculer sur l'origine du gisement puisque le protolite et le mode de formation de la brèche ne sont pas connus.

Le gîte Akasaba est au sommet de la formation Héva, tout près du contact avec les groupes de Pontiac ou de Trivio. La roche-hôte est un tuf à lapillis d'environ 30 mètres d'épaisseur reposant sur une séquence de laves mafiques et de tufs intermédiaires à felsiques. Le tuf à lapillis est surmonté par une petite lentille dacitique, possiblement un dôme ou une coulée. La pyrrhotite et la magnétite sont disséminées çà et là dans le tuf sur une distance de plus de 600 mètres. L'or est également disséminé, mais il est surtout restreint à deux petites lentilles trapues dans la partie inférieure du tuf à lapillis. Rien ne distingue visuellement le minerai du tuf stérile. La minéralisation semble contrôlée par la porosité ou la perméabilité originale de la roche et elle pourrait être volcanogène (Sauvé, 1985c).

#### 4.3 Aspect mégascopique des veines

Les veines de la mine Sigma semblent représentatives de beaucoup d'autres du district et nous en donnerons une courte description qui est tirée essentiellement de l'excellente description de Robert et al. (1983).

Trois types de veines contemporaines sont reconnues à Sigma:

- I- Veines occupant des zones de cisaillement ("veines de cisaillement") à pendage abrupt, appelées "veines verticales" à la mine.
- II- Veines sub-horizontales interprétées comme fractures de tension ou plus précisément de compression minimum ("veines d'extension") et appelées "flats".
- III- Veines restreintes aux dykes de porphyre feldspathique ("veines de dyke").

I- Veines de cisaillement: Le matériel filonien quartzifère forme de longues lentilles dans la partie centrale des zones de cisaillement de grande étendue. Plusieurs lentilles économiques séparées par des intervalles non économiques peuvent se rencontrer dans la même zone cisailée. L'épaisseur moyenne des lentilles est de 4 mètres. Environ 25 zones cisailées à peu près parallèles sont porteuses de minerai. L'orientation de la foliation varie systématiquement au travers de la zone cisailée. Elle est parallèle à l'allure générale de la zone

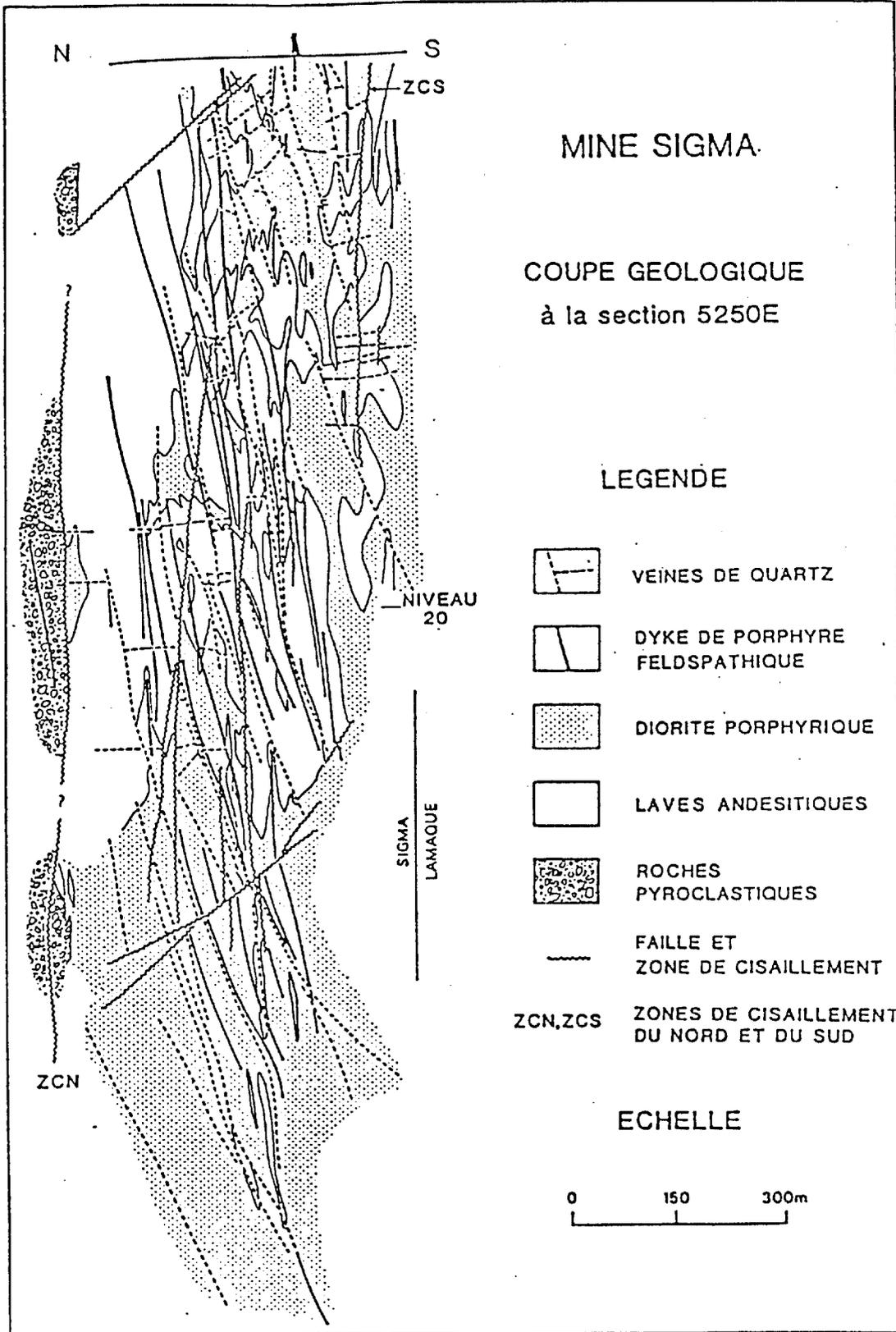


Figure 6: Coupe verticale transversale de la mine Sigma. Les veines de cisaillement sub-verticales ont sensiblement la même orientation que les dykes de porphyre feldspathique. Les veines d'extension sub-horizontales les plus importantes seulement sont montrées. D'après Robert, 1983.

cisaillée dans sa partie centrale et nettement oblique (angle de 40-45°) à sa bordure externe (Robert et al., op. cit.). La structure interne des lentilles filoniennes est complexe et irrégulière. La veine est rubanée et souvent bréchée; elle contient des petites veines ou lentilles juxtaposées et elle incorpore du matériel d'éponte cisaillée. L'ensemble est recoupé par des plans de rupture ou de glissement qui sont parfois recoupés par d'autres veines ou lentilles filoniennes. Ces structures sont illustrées dans Robert et al. (op. cit.). Les veines se sont apparemment formées au cours d'une longue séquence d'ouvertures et de remplissages successifs accompagnant la déformation des zones cisaillées.

II- Veines d'extension: Ces veines sont plus simples que les précédentes. Elles sont étroites, leur largeur moyenne n'étant que de 15 ou 20 cm. Les épontes montrent habituellement une bordure d'altération évidente ("altération visible" décrite plus loin) d'épaisseur centimétrique ou décimétrique qui est enrichie en pyrite et en or. Les veines montrent souvent une structure rubanée avec couches successives de quartz, de tourmaline et de carbonate qui témoignent de ré-ouvertures successives (Robert et al., op. cit.). Les épontes ne sont pas cisaillées. L'ouverture des veines semble s'être faite à peu près perpendiculairement aux murs (Robert et al., op. cit.). Daigneault et al. (1984) ont cependant décrit des structures de chevauchement, des cymoïdes et d'autres structures qui témoignent d'un glissement relatif des murs de la veine à quelques endroits. Les veines de cisaillement et les veines d'extension passent souvent de l'une à l'autre sans discontinuité. Les veines d'extension recoupent parfois les veines de cisaillement, l'inverse est plus rare. Des déplacements de l'ordre du mètre sont rapportés par Daigneault (1983). Les veines individuelles d'extension s'étendent souvent d'une zone cisaillée sub-v verticale à une autre. Elles sont nombreuses: plus d'une centaine sont reconnues à la mine no 2 de Lamaque qui est le prolongement du gisement Sigma (voir Karvinen, 1985, fig. 5).

III- Veines de dyke: Ces veines sont restreintes aux dykes de porphyre feldspathique et elles occupent des fractures parallèles sensiblement perpendiculaires aux murs des dykes. Leur structure

interne est semblable à celle des veines d'extension et elles contiennent aussi des bordures d'altération visible. Elles sont étroites et courtes mais les dykes, dont l'épaisseur est de 3 à 10 mètres, sont minés en vrac où les veines sont suffisamment rapprochées. Les dykes semblent moins ductiles que leurs épontes et les veines ont pu se former par extension du dyke lors de la déformation ductile des épontes.

Les veines sont semblables dans le gisement principal de la mine Lamaque. Les veines principales sont des veines de cisaillement mais à pendage moins abrupt (figure 5) qu'à la mine Sigma. Le décrochement peut être mesuré où les veines recoupent la cheminée dioritique. Il est inverse et atteint 20 à 60 mètres dans certains cas (Wilson, 1948). Les veines sub-horizontales sont localement nombreuses à proximité des veines de cisaillement.

Les descriptions des veines dans les autres mines sont généralement sommaires ou inexistantes. La distinction entre veines de cisaillement et veines d'extension n'est pas toujours claire. Parfois, le patron général de fracture est illustré mais il n'y a pas de description de la structure interne des veines. Kempthorne (1948) a indiqué que les veines de la mine Bevcon sont parfois simples et étroites ou encore une veine principale peut s'accompagner d'une multitude de petites veinules subsidiaires obliques ("gash") qui augmente l'épaisseur de la zone minée. La veine Shawkey consiste en une ou deux veines principales parallèles avec de nombreux filonnets parallèles dans l'éponte foliée. Souvent les veines bifurquent, se dédoublent comme à Siscoe (James, 1948). Une veine individuelle peut passer à une zone de veines en échelon et former des patrons complexes qu'a illustré McKinstrey (1949). Un patron remarquable de veines en échelon à la mine Perron a été illustré par Ames (1948; figure 13 de ce rapport).

#### 4.4 Minéralogie

Les minéraux sont sensiblement les mêmes dans les veines et dans la partie très altérée de leurs épontes, mais les proportions sont différentes. L'altération des épontes est traitée au chapitre suivant. La liste des minéraux présents dans certains gisements typiques est donnée au tableau 4.

Tous les gisements filoniens ont une minéralogie semblable sauf celui de Jacola ou Greene-Stabell. Les veines consistent surtout de quartz, carbonate, tourmaline et d'un peu de pyrite avec une petite quantité des minéraux qui abondent dans les épontes altérées: chlorite, mica blanc, biotite, albite, rutile, sphène, ilménite, apatite et zircon. Il y a de fortes variations dans les teneurs en tourmaline et dans le rapport calcite/ferrocarbonate. Les veines contiennent aussi une petite quantité d'autres sulfures, de tellures et d'or et parfois un peu de scheelite. L'abondance relative de tellures de bismuth caractérise plusieurs des gisements aurifères de Val d'Or. Le tableau 5 montre la faible teneur dans les veines des métaux tels que Cu, Zn, W, etc.; les minéraux correspondants sont donc peu abondants. Les veines incluent du matériel d'épontes altérées. Il est souvent impossible, surtout dans les veines de cisaillement, de reconnaître si les lambeaux tourmalinisés et foliés sont des enclaves d'épontes altérées ou du "matériel de veine".

La veine Stabell se distingue des autres par une abondance relative de pyrrhotite et de chalcopryrite et par une quantité appréciable d'épidote dans la veine. La carbonatation des épontes est insignifiante et, en conséquence, l'épidote et l'amphibole sont abondants dans l'éponte.

Les minéraux du gisement bréchiqne de Kiena sont les mêmes que ceux des gisements filoniens mais leurs proportions, par l'abondance d'albite et de chlorite, correspondent plutôt à celles des épontes très altérées des veines (tableau 4). La dolomie ferrienne est abondante. Muir (1981) rapporte que les lentilles et masses irrégulières de quartz sont localement abondantes.

Le gisement non-filonien d'Akasaba est le seul gîte aurifère exploité de Val d'Or où le quartz est en quantité insignifiante. La carbonatation est minime et l'épidote et la hornblende sont abondantes, tout comme dans les épontes de la veines de Stabell. Comme à Stabell, la pyrrhotite et la chalcopryrite sont relativement abondantes et la minéralogie des sulfures est particulièrement riche et variée (tableau 4).

Les commentaires qui suivent se rapportent principalement aux minéraux présents dans les veines.

TABEAU 4. MINÉRALOGIE DE CERTAINS GÎTES AURIIFÈRES DU DISTRICT DE VAL D'OR. POURCENTAGE APPROXIMATIF.

| Minéraux                            | Lamaque - Sigma veines   | Kiena brèche  | Belmoral zone cisailée  | Bèvcon veines  | Greene-Stabell veines  | Akasaba dissémination   |
|-------------------------------------|--|---|---|--|--|---|
| dominants dans les éponges altérées | albite 50%<br>carbonate 25<br>quartz 20<br>mica blanc 1-10<br>pyrite 1-5   | albite 40-50%<br>Fe-dolomie 15-20<br>quartz 10-15<br>chlorite 10-15<br>biotite 5<br>calcite 2-3<br>pyrite 5   | quartz 25%<br>carbonate 15-25<br>albite 20<br>chlorite 15-25<br>mica blanc 5-20 | albite 50%<br>quartz 25<br>Fe-dolomie 10-15<br>mica blanc 0-15<br>chlorite 0-15<br>pyrite 1      | albite 35%<br>chlorite 0-30<br>épidote 0-30<br>hornblende 0-30<br>quartz 10-20<br>carbonate 0-10                     | hornblende 50%<br>épidote 25<br>chlorite 0-25<br>biotite 0-15<br>carbonate 5<br>pyrrhotite 2-10<br>magnétite 0-5  |
| dominants dans les veines           | quartz 75<br>tourmaline 5-20<br>calcite 5<br>pyrite 1-2<br>chlorite < 1  | ---   | quartz 75<br>calcite 15-20<br>tourmaline 5-10<br>pyrite 1-20                    | quartz 75<br>Fe-dolomie 10-15<br>tourmaline 10<br>pyrite 1<br>chlorite                           | quartz 90<br>épidote 5<br>Fe-dolomie<br>chlorite<br>albite<br>pyrrhotite 1-15<br>chalcopyrite 1-2                    | ---   |
| peu abondants                       | biotite<br>mica blanc<br>Fe-dolomie<br>scheelite<br>plagioclase<br>apatite<br>rutile<br>ilménite<br>sphène<br>fuchsité<br>paragonite<br>épidote  | rutile<br>ilménite<br>sphène<br>magnétite<br>épidote<br>tourmaline<br>stilpnomélane   | fuchsité<br>rutile<br>sphène<br>ilménite<br>goethite<br>apatite<br>zircon       | calcite<br>rutile<br>sphène<br>apatite<br>zircon<br>scheelite<br>sélénite<br>hématite            | calcite<br>ilménite<br>sphène<br>rutile<br>tourmaline<br>magnétite   | albite<br>quartz<br>ilménite<br>sphène<br>apatite<br>tourmaline   |
| sulfures<br><br>(traces)            | pyrite 1-5<br>(pyrrhotite en profondeur)<br><br>chalcopyrite<br>sphalérite<br>galène<br>molybdénite  | pyrite 5<br><br>chalcopyrite<br>pyrrhotite<br>sphalérite<br>galène<br>pentlandite<br>(Fe,Ni) <sub>9</sub> S <sub>8</sub><br>cobaltite<br>(Co,Fe,Ni)AsS<br>arsénopyrite<br>FeAsS | pyrite 1-20<br><br>chalcopyrite   | pyrite 1<br><br>chalcopyrite<br>sphalérite   | pyrrhotite 1-5<br><br>pyrite 1<br>sphalérite<br>cubanite CuFe <sub>2</sub> S <sub>3</sub><br>mackinawite<br>FeS(+Ni) | pyrrhotite 2-10<br><br>pyrite<br>chalcopyrite<br>sphalérite<br>argentopentlandite<br>(Fe,Ni) <sub>8</sub> AgS <sub>8</sub><br>cubanite<br>mackinawite<br>pentlandite<br>violarite<br>(Ni,Fe) <sub>3</sub> S <sub>4</sub><br>cobaltite |
| Bi,<br>tellurures                   | tellurobismuthite<br>Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub><br>tétradymite<br>Bi <sub>2</sub> (Te,S) <sub>3</sub><br><br>petzite AuAg <sub>3</sub> Te <sub>2</sub><br>hessite Ag <sub>2</sub> Te<br>calaverite AuTe <sub>2</sub><br>kraunerite<br>(Au,Ag)Te <sub>2</sub><br>frohbergite FeTe <sub>2</sub> |   | tétradymite   | tellurobismuthite<br>tétradymite<br>?-BiTe<br><br>calaverite<br>Ag-Te<br>Ag-Au-Te<br>Ag-Au-Pb-Te | Bi natif<br>hedleyite Bi <sub>7</sub> Te <sub>3</sub><br><br>calaverite  | tellurobismuthite<br>hedleyite<br>coloradoite HgTe<br><br>hessite<br>Ag-Te  |
| Au (Ag)<br>(% poids)                | or (4-8% Ag)   | or (15% Ag)   | or natif  | or (9% Ag)   | or (7 à 28% Ag)  | or (5-11% Ag)<br>electrum + amalgame<br>(45-55% Ag)   |
| Références                          | Robert, 1983<br>Daigneault, 1983   | Muir, 1981  | Darling et al.,<br>1985   | Sauvé, 1984a   | Sauvé, 1985  | Sauvé, 1985   |

TABLEAU 5. DONNÉES CHIMIQUES SUR LES MINÉRAIS.

| <u>A- Composition moyenne du minéral, mine Lamaque (Bédard, 1976)</u>                               |         |          |           |
|---|---------|----------|-----------|
| S   | 0,58%   |          |           |
| Fe  | 3,67%   |          |           |
| SiO <sub>2</sub>  | 59,7 %  |          |           |
| CaCO <sub>3</sub>   | 9,8 %   |          |           |
| <u>B- Teneurs de certains éléments dans les veines de quartz-tourmaline, en ppm (Kerrich, 1982)</u> |         |          |           |
|   | Lamaque | Pascalis | Bras d'Or |
| Au  | 6       | 1,8      | 2,6       |
| Ag  | 0,8     | 0,2      | 0,1       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | (2,2%)  |          |           |
| B   | 2010    | 1053     | 4250      |
| As  | 3       | 2,6      | 4         |
| Sb  | 0,3     | 0,3      | 0,23      |
| W   | 3,2     | 6        | 12        |
| V   | 12      |          |           |
| Cr  | 76      |          |           |
| Co  | 14      |          |           |
| Ni  | 11      |          |           |
| Cu  | 29      |          |           |
| Zn  | 31      |          |           |
| Pb  | 21      |          |           |
| Nombre d'échantillons analysés  | (11)    | (5)      | (8)       |

#### 4.4.1 Minéraux de gangue

Le quartz forme généralement 50 à 90% des veines et tend à en occuper la partie centrale. Certains auteurs (White, 1943; Daigneault et al., 1983; Robert, 1983) ont souligné la présence de deux types de quartz: aclastique et cataclastique. L'importance de la distinction viendrait du fait que la minéralisation aurifère serait associée aux veines cataclasées. Le quartz aclastique est en grains homogènes et en continuité optique (Daigneault, 1983). Il est généralement translucide. Le quartz cataclastique est formé par le broyage du premier et il est laiteux. Il peut former une texture en "mortier" où les grains de quartz primaires sont isolés les uns des autres par des couronnes de petits grains secondaires. Selon Robert (1983), le quartz cataclastique contient de nombreuses trainées d'inclusions fluides avec, parfois, des petites inclusions d'or et de tellures. Cependant, les trainées d'inclusions fluides sont aussi abondantes dans le quartz aclastique et Daigneault (1983, fig. 42) en donne un bel exemple. Nous avons observé dans la veine Stabell de nombreuses inclusions d'or et de tellures à l'intérieur de grains de quartz grenu. Ce quartz semble recristallisé puisque les trainées rectilignes d'inclusions fluides et solides passent sans déviation d'un grain à un autre. Ces trainées sont antérieures à la limite actuelle des grains.

La tourmaline a une distribution inégale. Elle est commune dans tous les gisements aurifères de Val d'Or sauf ceux de Kiena, Akasaba, Greene-Stabell et Shawkey où elle n'est qu'en trace dans le minerai. Elle forme jusqu'à 80% du volume de certaines veines à Sigma (Robert, 1983), mais sa teneur moyenne y est plutôt de l'ordre de 5 à 20%. Certaines veines à Bevcon contiennent peu ou pas de tourmaline, tandis que d'autres en contiennent 10 à 15%. Les veines les plus anciennes à Siscoe contiennent peu de tourmaline tandis que les veines plus récentes en contiennent beaucoup plus (Trudel, 1985b). La veine aurifère de Stabell, qui est sans tourmaline, est recoupée par une veine de quartz-tourmaline stérile en or (Cook et al., 1931). De même, la tourmaline est toujours présente dans les veines à Shawkey, mais elle est peu abondante dans la seule veine exploitée. La tourmaline est toujours noire en

échantillon. Elle peut être dispersée et enchevêtrée avec le quartz et d'autres minéraux, mais elle forme souvent des couches de tourmaline massive avec un peu de quartz. Les aiguilles de tourmaline ont une orientation tantôt aléatoire, tantôt préférentielle. Dans certaines veines de tension, les aiguilles sont allongées presque perpendiculairement aux murs et elles semblent indiquer la direction d'ouverture de la veine (Robert et al., 1983; fig. 10). Des couches de tourmaline massive dans des veines de cisaillement sont foliées et montrent une linéation parallèle aux murs de la veine et à la direction du glissement. Ces couches de tourmaline contiennent souvent une petite quantité de rutile ou sphène finement disséminé qui suggère une dérivation à partir des épontes altérées.

Le carbonate forme souvent 5 à 15% des veines. La calcite et la dolomie ferrienne sont souvent présentes ensemble et l'une ou l'autre peut dominer. Robert (1983) et Daigneault (1983) rapportent surtout de la calcite à Sigma et à Lamaque, tandis que la dolomie ferrienne semble dominer à Bevcon et à Kiena. Dans les veines d'extension peu déformées de la mine Sigma, Robert (1983) a distingué trois mode d'occurrence du carbonate: (1) la plus grande part du carbonate (env. 70%) est en cristaux attachés aux parois de la veine; (2) une part importante est en agrégats ou plages millimétriques dans la veine; (3) une faible quantité est en micro-veinules de calcite recoupant le quartz ou autres minéraux et souvent associé à l'or. C'est plus complexe dans les veines de cisaillement. À Bevcon, la dolomie ferrienne, le quartz et la tourmaline forment des couches parfois presque monominéraliques qui se recoupent les unes les autres sans ordre évident.

Les minéraux d'alumine, de titane et de phosphate présents en abondance dans les épontes très altérées se retrouvent en petite quantité dans les veines. Certains ont pu être incorporés mécaniquement dans les veines de cisaillement, mais d'autres ont cristallisé dans les veines d'extension et ils se sont présumément déposés à partir de solutions. L'albite, très abondante dans les épontes, n'est présente qu'en faible quantité dans les veines d'extension. La chlorite est peu abondante dans les veines de Sigma, mais elle est localement importante dans des veines de Bevcon (Sharpe, 1968) où elle semble en partie

tardive. Des veinules chloriteuses tardives sont aussi rapportées à Kiena (Muir, 1981). La biotite est présente en faible quantité dans les veines aux endroits où la biotite métamorphique est commune dans les épontes. Elle est présente à Kiena, Louvicourt Goldfield, Akasaba et à des profondeurs de plus de 700 ou 1000 mètres à Sigma et à Lamaque. Elle semble absente à Bevcon, Belmoral, Sullivan, Siscoe, Perron et New Pascalis.

La scheelite est rapportée dans les gisements de Lamaque, Sigma, Sullivan, Siscoe, Bevcon, Perron et Shawkey. Elle est donc commune mais peu abondante. Kerrich (1982) ne rapporte que 3,2 ppm de W dans les veines de la mine Lamaque. Robert (1983) rapporte que la scheelite forme des cristaux automorphes de 1 à 20 cm près des parois des veines et que sa distribution est relativement uniforme dans les veines de la mine Sigma.

La magnétite est présente en petite quantité à Kiena, Siscoe, Greene-Stabell, Louvicourt Goldfield et en quantité appréciable à Akasaba. Ses relations sont complexes. La magnétite magmatique présente dans les épontes à Louvicourt Goldfield a été détruite en bordure de certaines veines tandis que d'autres veines contiennent de la magnétite. À Akasaba, la magnétite disséminée dans le tuf est souvent corrodée mais une petite veinule de quartz aurifère bordée de magnétite a été observée.

#### 4.4.2 Sulfures

Les gisements aurifères de Val d'Or contiennent habituellement un peu de pyrite et des traces des autres sulfures. Les seules exceptions sont Akasaba, Greene-Stabell, et quelques veines en profondeur à la mine Sigma. Dans ces gisements, la pyrrhotite est beaucoup plus abondante que la pyrite et la chalcopryrite est présente en quantité substantielle (1-2%).

La pyrite constitue généralement 1 ou 2% des veines de quartz aurifère et elle est généralement plus abondante dans l'éponte altérée où elle peut atteindre 2 à 20% en bordure immédiate de la veine. La teneur en pyrite est d'environ 5% à la mine Kiena, mais c'est un

gisement différent dont la minéralogie s'apparente plutôt aux épontes altérées des gisements filoniens. Le gisement Siscoe se distinguait des autres par une teneur en pyrite plus faible (Trudel, 1985b). Robert (1983) rapporte que la pyrite est répartie de façon assez uniforme dans les veines de la mine Sigma où sa teneur excède rarement 2 ou 3%. La distribution semble moins uniforme dans les veines déformées de Belmoral où la teneur rapportée en pyrite atteint localement 20%. Dans plusieurs gisements, la pyrite forme de gros cristaux cubiques de 1 à 5 cm d'arête dans la veine ou à la bordure de l'éponte. Les cristaux diminuent rapidement en grosseur et en abondance lorsqu'on laisse la veine et pénètre plus avant dans l'éponte. À la mine Bevcon, les gros cristaux de pyrite formaient des agrégats qui atteignaient parfois 0,3 m (Kempthorne, 1957). L'or est étroitement relié à la pyrite dans plusieurs gisements. À Belmoral et à Lamaque, la teneur d'or est directement proportionnelle à l'abondance de pyrite (Darling et al., 1985; Bédard et Imbault, 1980). À Bevcon, les agrégats de pyrite grenue sont riches en or et tellurures. L'or est également associé aux gros cristaux de pyrite à la mine Perron (Ames, 1948; Trudel, 1985c).

La pyrrhotite et la chalcopyrite sont en partie présents en fines inclusions dans la pyrite des gisements filoniens. La chalcopyrite est aussi présente dans les micro-fractures dans la pyrite ou les silicates. La teneur de 30 ppm de cuivre rapporté par Kerrich (1982) dans les veines de la mine Lamaque est indicatrice de la basse teneur en chalcopyrite de ces gisements. La sphalérite et la galène sont plus rares encore.

Les gisements de Greene-Stabell et d'Akasaba sont plus riches en sulfures que les autres. En plus de la pyrrhotite et de la chalcopyrite déjà mentionnées, ils contiennent plus de sphalérite et un peu de cubanite et de mackinawite (FeS nickélifère) en exsolution dans la chalcopyrite. Le gisement Akasaba est de plus légèrement enrichi en Ag-Co-Ni. Il contient un peu d'argentopentlandite  $[(Fe,Ni)_8AgS_8]$ , possiblement formée par exsolution dans la chalcopyrite, et des traces de pentlandite, violarite et cobaltite (tableau 4).

Des traces d'arsénopyrite ont été observées à Kiena. Les gisements de Val d'Or sont très bas en arsenic sauf celui de Sigma-2 ou Vicour où des cristaux centimétriques d'arsénopyrite constituent peut-être 1% du minerai.

Des traces de molybdénite sont présentes à Sigma et à Louvicourt Goldfield.

#### 4.4.3 Bismuth et tellurures

Les tellurures ne sont présents qu'en traces mais ils semblent communs à tous les gisements sauf possiblement celui de Kiena. Ils sont en association étroite avec l'or: dans les sections polies où l'on observe de l'or, on trouve généralement des tellurures et vice-versa. Comme l'or, les tellurures se présentent en fines inclusions dans la pyrite et en veinules tardives dans la pyrite et les silicates. Les grains de tellurures sont souvent côte-à-côte avec des grains d'or.

Les tellurures de bismuth sont de loin les plus abondants. La tétradymite est rapportée à Sigma, Bevcon, New Pascalis, Akasaba et Shawkey, tandis que la tellurobismuthite est présente à Sigma, Bevcon, Akasaba et Louvicourt Goldfield. Le bismuth natif et la hedleyite ( $\text{Bi}_7\text{Te}_3$ ) sont présents à Greene-Stabell. Ce dernier minéral est aussi présent à Akasaba. Une phase de composition  $\text{BiTe}$  est également présente à Bevcon. Une phase indéterminée  $\text{Bi-Pb-Te-S}$  est présente à New Pascalis (Gaumont, 1985).

Par ordre d'importance viennent ensuite les tellurures d'argent, d'or et parfois de plomb. Ils sont identifiés au tableau 4. La petzite ( $\text{AuAg}_3\text{Te}_2$ ) est également trouvée à Siscoe.

Un tellurure de fer, frohbergite ( $\text{FeTe}_2$ ), est rapporté à Sigma et un tellurure de mercure, coloradoïte ( $\text{HgTe}$ ), à Akasaba (tableau 4).

#### 4.4.4 Or, argent, mercure

L'or est présent dans les veines de quartz où il est parfois visible et quelquefois spectaculaire. Il est également présent dans les zones d'altération visible bordant les veines, mais il n'est pas visible

à l'oeil nu. Il est parfois plus abondant dans l'éponte altérée que dans la veine (Bédard et Imbault, 1980).

L'or a surtout été observé:

- 1- en micro-veinules dans la pyrite, à la bordure de la pyrite et en petits grains près de la pyrite;
- 2- en grains globulaires très fins dans la pyrite;
- 3- dans les interstices des zones cataclasées dans le quartz ou autres minéraux et dans les micro-fractures associées. D'après Robert (1983), ce dernier mode d'occurrence comprendrait la majeure partie de l'or dans les veines de la mine Sigma.

L'or est aussi présent en petits grains globulaires accompagnant des trainées d'inclusions fluides et solides dans le quartz. De l'or est interstitiel aux silicates métamorphiques à Akasaba.

L'or natif contient en général 2 à 15% en poids d'argent (tableau 4). Peu de variations dans la teneur d'argent sont rapportées par Robert (1983) à la mine Sigma (4 à 8% Ag) et par Giovenazzo (1984) à Kiena. Par contre, des variations importantes de cette teneur dans un même gisement sont présentes à Shawkey (2-14%), Greene-Stabell (7-28%) et Akasaba. Dresser et Denis (1951) font remarquer que l'or n'a pas partout la même finesse à la mine Siscoe. Il est jaune pâle dans certaines veines et jaune foncé dans d'autres.

De l'électrum contenant du mercure accompagne l'enrichissement en Cu-Ag-Ni-Co noté dans le gisement Akasaba. L'électrum contient des petits points bruns, possiblement de l'amalgame formé par exsolution. La teneur de quelques grains multiples est de 45-55% en poids Ag, 6-18% Hg, 30-45% Au. Akasaba est le seul gisement où des minéraux de mercure sont rapportés.

#### 4.5 Altération minéralogique des épontes

Les épontes en bordure des veines aurifères sont toujours affectées par la pyritisation, presque toujours par la carbonatation et par des additions plus ou moins importantes d'albite, de mica blanc ou de biotite et de tourmaline. L'importance relative de ces additions

varie d'un gisement à un autre et l'addition de tourmaline est insignifiante dans quelques gisements. Deux gisements, Akasaba et Greene-Stabell (Jacola), sont exceptionnels par le fait que la carbonatation y est négligeable. Nous avons déjà vu que ces deux mêmes gisements se distinguent des autres par l'abondance de pyrrhotite et de chalcopryrite.

Les veines de la mine Sigma sont, de nouveau, prises comme modèles car elles semblent représentatives de bien d'autres gisements et elles ont été décrites en détail par Robert (1983) et Robert et Brown (1984). Ces auteurs ont décrit séparément les transformations des épontes en bordure des veines sub-horizontales ou d'extension et celles bordant les veines sub-verticales ou de cisaillement.

Les veines d'extension montrent généralement une bordure "d'altération visible" centimétrique ou décimétrique et une zone "d'altération cryptique" beaucoup plus large mais décelable seulement au microscope (Robert et Brown, op. cit.). L'altération visible consiste en une zone fortement blanchie en bordure immédiate de la veine. Elle est toujours présente contre des veines à bonne teneur d'or mais peut être absente près des veines plus pauvres. Quelquefois, la zone blanchie n'est présente que d'un côté de la veine. Sa bordure externe est généralement franche contre la zone d'altération cryptique. Cette dernière est toujours présente et peut s'étendre jusqu'à deux mètres de la veine.

Les épontes à distance des veines sont constituées de minéraux compatibles au faciès métamorphique des schistes verts: albite-chlorite-épidote-quartz-mica blanc-biotite, avec un peu de carbonate, apatite, ilménite et pyrite. La transformation majeure dans la zone d'altération cryptique est la déstabilisation totale ou partielle de l'épidote avec formation concomitante de calcite et de mica blanc. La bordure d'altération visible est causée par la déstabilisation abrupte et complète de la chlorite et de la biotite auxquelles se substituent le carbonate, le mica blanc et l'albite. Le mica blanc peut lui aussi disparaître en bordure immédiate de la veine tandis que l'albite et la tourmaline deviennent plus abondants. La pyrite est relativement abondante en cubes jusqu'à 1 cm de côté en bordure de la veine. Elle diminue en grosseur et en abondance en s'éloignant de la veine mais s'étend

jusque dans la zone d'altération cryptique. La tourmaline a une distribution comparable. La pyrrhotite et des minéraux titanifères (rutile, sphène ou ilménite) ont une distribution assez semblable à celle de la pyrite mais sont un peu plus éloignées de la veine. La figure 7 tirée de Robert et Brown (1984) illustre schématiquement la répartition des différents minéraux en bordure des veines.

En bordure des veines de cisaillement de la mine Sigma, les altérations des épontes ressemblent à celles déjà décrites mais sont compliquées par la cataclase et le développement de la schistosité. Des couches parallèles riches en quartz et albite alternent avec des couches riches en phyllosilicates, en tourmaline et carbonate. Les transformations minéralogiques individuelles ne peuvent être facilement observées comme dans le cas des veines d'extension (Robert, 1983). L'altération cryptique déjà décrite est toujours présente et s'étend parfois jusqu'à 5 mètres de chaque côté de la veine. L'altération visible par contre a une distribution erratique et sa limite externe est irrégulière et diffuse (Robert, op. cit.). Les minéraux à "comportement particulier", soit la tourmaline, la pyrite, la pyrrhotite et les minéraux de titane, ne sont généralement présents qu'en bordure des veines montrant une altération visible. Ils sont fortement concentrés dans cette zone d'altération visible même s'ils s'étendent jusque dans la zone d'altération cryptique (Robert, op. cit.).

Les transformations minéralogiques dans les épontes des veines des autres mines sont généralement semblables à celles observées à Sigma. Les différences se situent surtout dans l'épaisseur des zones altérées et dans la répartition et l'apparence des zones d'altération visibles. Les veines de cisaillement situées dans les roches volcaniques près du puits principal de la mine Lamaque montrent une zone d'altération visible bien marquée dans leur éponte inférieure tandis que l'altération est étroite ou peu évidente dans l'éponte supérieure (Wilson, 1948; Karvinen, 1985; ces veines ont un pendage de 40-70°S). À la mine Bevcon, la zone d'altération visible passe graduellement à la zone d'altération cryptique plutôt que de montrer un contact franc comme à la mine Sigma. La distribution de la chlorite s'accompagne, dans ce gisement, de la formation de ferrocarbonate en plus de l'augmentation de mica blanc, de tourmaline et d'albite.

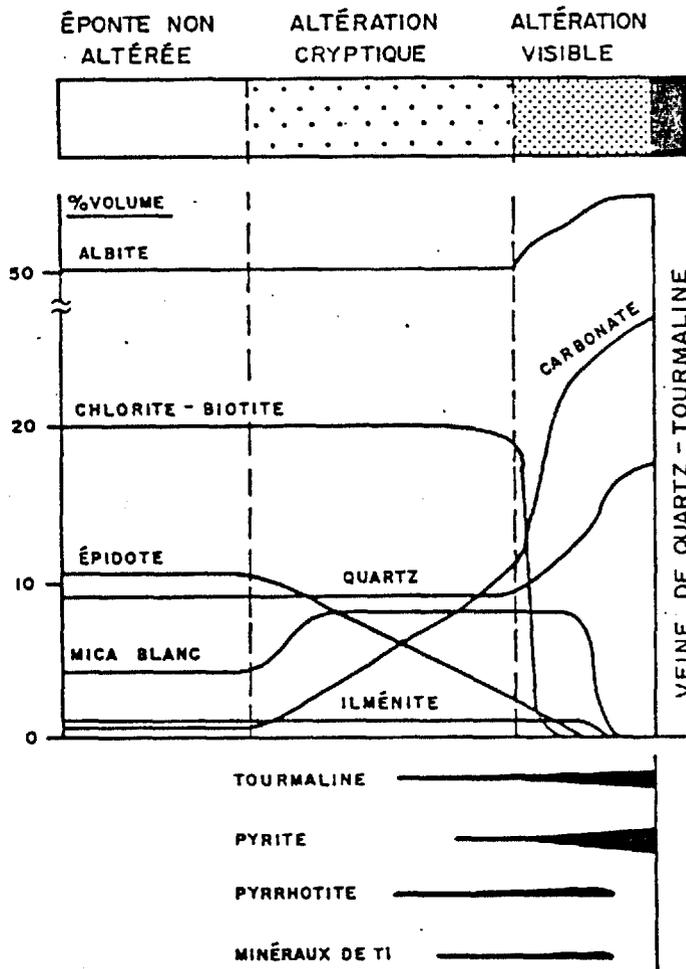


Figure 7: Distribution schématique des minéraux dans les zones d'altération cryptique et visible en bordure des veines d'extension de la mine Sigma. D'après Robert et Brown, 1984.

La déstabilisation de l'épidote qui caractérise l'altération cryptique à Sigma se détecte à l'oeil nu dans la quartzodiorite à la mine Sullivan. Le plagioclase du batholite de Bourlamaque est généralement blanc laiteux opaque car il est bourré d'inclusions de clinozoïsite. Il est à grain moyen (3-5 mm) et forme un contraste net avec les grains ferromagnésiens. Près des veines de Sullivan, le remplacement de la clinozoïsite par la calcite, l'albite, le mica blanc et parfois un peu de chlorite rend le plagioclase plus transparent et gris. La roche devient nettement plus foncée et le contraste s'estompe entre grains feldspathiques et grains mafiques. Cette altération s'observe parfois sur plusieurs mètres en bordure des veines dans des zones cisillées. L'albitisation est importante (Trudel, 1985) et implique une addition locale de soude.

L'albitisation est également importante près de la veine du gisement Shawkey. Elle s'étend plus loin que la zone de carbonatation intense contrairement au cas Sigma.

À Belmoral, toute la zone cisillée est profondément altérée et cette altération déborde sur une distance moyenne de 5 mètres dans la quartzodiorite non cisillée située en bordure. L'altération a été décrite par Darling et al. (1985). La quartzodiorite non altérée est constituée d'albite-chlorite-épidote-quartz avec un peu de hornblende (3%), de mica blanc (5%) et de carbonate (1%). La granodiorite altérée non cisillée a perdu toute sa hornblende et une bonne part de son épidote tandis qu'elle s'est enrichie en calcite (10%) et en mica blanc (15%). Dans la zone cisillée, l'épidote disparaît presque entièrement. La zone altérée est donc beaucoup plus large qu'autour des veines de Sigma, mais elle lui ressemble par la carbonatation et la séricitisation.

Les altérations déjà décrites sont surtout restreintes à quelques mètres seulement des veines. Une altération plus étendue mais indéfinie et plus subtile semble présente dans certains cas. L'actinote est généralement absente autour des gisements de New Pascalis, de Shawkey et de Sigma (excluant les roches en profondeur où le métamorphisme croît). Ces roches sont modérément enrichies en chlorite et en calcite et l'absence ou la rareté de l'actinote résulte sûrement d'une

carbonatation modérée. De même, les veines principales de la mine Siscoe sont dans une large zone fortement chloritisée du stock de Siscoe.

Même si on ne connaît pas la composition originale de la brèche du gisement de Kiena, sa composition minéralogique (tableau 4) indique une carbonatation intense (15-20% dolomie ferrienne) et une forte pyritisation (5%). Sa teneur relativement élevée en biotite (5%) suggère une légère addition de potassium puisque la teneur en potassium est très basse dans les roches volcaniques et intrusives du secteur.

La veine Stabell est exceptionnelle par le peu de carbonatation de ses épontes immédiates. L'épidote et l'amphibole y sont donc abondantes et l'épidote est présente dans la veine même. Les additions métasomatiques de soude, de potasse et de bore semblent nulles. Les seuls changements notés sont l'addition d'un peu d'épidote (addition de Ca) et d'un peu de pyrrhotite dans les épontes immédiates de la veine et, possiblement, l'enlèvement local d'un peu de calcium un peu plus loin dans les épontes (Sauvé, 1984b).

L'enrichissement en épidote est localement spectaculaire autour du gisement d'or disséminé d'Akasaba. Certaines brèches volcaniques en contiennent plus de 50%. Le tuf à lapillis, la roche hôte du gisement, est riche en hornblende (>50%) et localement enrichi en pyrrhotite et magnétite. Ces changements minéralogiques reflètent apparemment des additions marquées de calcium et de fer sur une étendue de plus de 800 m par 200 m. Certaines roches sont fortement biotitisées, mais le volume de roches impliquées est faible. La carbonatation et la chloritisation sont faibles (Sauvé, 1985c).

#### 4.6 Échanges chimiques dans les épontes

Par analyse chimique de suites d'échantillons pris systématiquement à diverses distances des veines, Daigneault et al. (1983) et Robert (1983) ont étudié quantitativement les échanges survenus dans les épontes de plusieurs veines aux mines Lamaque et Sigma. Des "profils" de la teneur chimique en fonction de la distance à la veine ont été tracés et un profil assez typique est reproduit à la figure 8. Des

échanges chimiques importants ont eu lieu, surtout dans la zone d'altération visible où même les éléments "immobiles" Al et Ti montrent une certaine mobilité. Les résultats les plus contrôlables ont été obtenus sur des profils au travers des veines d'extension car les bordures de ces veines sont nettes et la préservation de la texture originale des épontes montre que les changements se sont effectués à volume à peu près constant. Les changements de volume sont indéterminés pour les épontes des veines de cisaillement mais les échanges chimiques sont de même nature que pour les veines d'extension.

Dans la zone d'altération cryptique à quelques décimètres de la veine, les principaux changements à l'éponte sont une addition de CO<sub>2</sub> et de K accompagnés d'une légère addition de Ca. Ceci correspond à la formation de la calcite aux dépens de l'épidote et à la formation de séricite dans le plagioclase ou aux dépens de la chlorite. Du soufre est aussi ajouté pour former de la pyrite et de la pyrrhotite en bordure de la zone d'altération visible. Un peu de sodium peut être ajouté ou enlevé selon l'endroit. Les autres éléments majeurs ne sont habituellement que peu affectés.

Les modifications chimiques sont beaucoup plus intenses dans la zone d'altération visible qui montre:

- 1- des enrichissements marqués de CO<sub>2</sub>, Ca, Na, B, S, Au, P, Y, Zr, Nb, et souvent de Ti;
- 2- un appauvrissement en Al, K, Rb, Mg et souvent Fe;
- 3- un comportement variable du Si.

Les additions de CO<sub>2</sub> et surtout de Ca sont beaucoup plus importantes ici que dans la zone d'altération cryptique. Les additions notables de Na, B et S correspondent à la formation d'albite, de tourmaline et de pyrite. Les éléments "immobiles" P, Y, Zr et Nb sont nettement enrichis dans la zone d'altération visible. Le Ti est habituellement enrichi, mais quelques profils montrent un appauvrissement marqué de cet élément. L'or est également ajouté. Il accompagne la pyrite, la pyrrhotite et la chalcopryrite.

L'aluminium, contrairement au Ti, a été partiellement lixivié de la zone d'altération visible dans tous les profils étudiés. À noter que Al est assez abondant dans la veine sous forme de tourmaline et qu'il

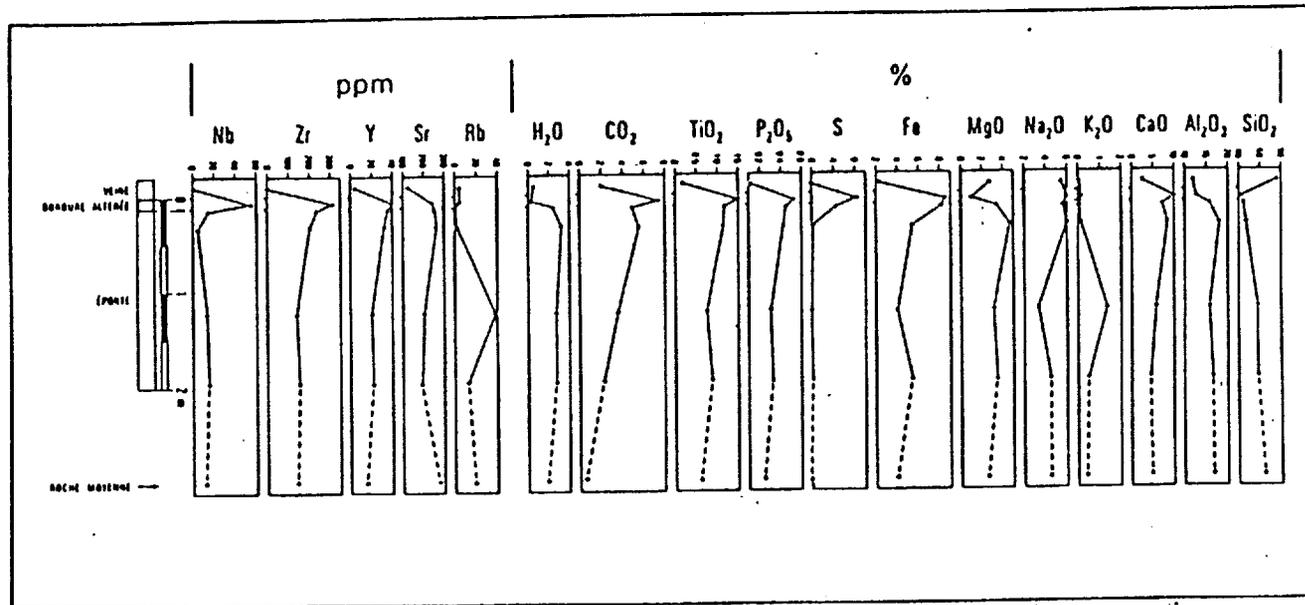


Figure 8: Profils géochimiques le long d'une veine d'extension dans le porphyre feldspathique à la mine Lamaque. Les changements majeurs dans l'éponte impliquent  $\text{CO}_2$ , S, K et Na. Mêmes les éléments immobiles comme Al et Ti sont modifiés dans la bordure d'altération visible. D'après Daigneault et al., 1983.

n'a peut-être pas migré loin. Nous ne savons pas cependant comment se comparent les quantités de Al présentes dans la veine et celles enlevées de l'éponte. Le magnésium est également appauvri dans tous les profils. Le fer est généralement appauvri sauf dans les cas où la pyrite est abondante.

La silice est ajoutée ou enlevée de la zone d'altération visible selon le profil mais semble le plus souvent ajoutée. Si l'on considère de plus toute la silice dans la veine, une addition nette de silice par les solutions hydrothermales est probable.

Le potassium a un comportement particulier: il peut être presque entièrement lixivié en bordure immédiate de la veine, mais il est nettement enrichi plus loin dans l'éponte. Il est plus "mobile" que tous les autres éléments sauf l'ion  $\text{CO}_3$  puisqu'il pénètre plus loin dans l'éponte. Le Rb a un comportement analogue à celui du K.

#### 4.7. Paragenèse

Ceci présente un problème complexe. Un grand nombre d'études paragenétiques ont été faites dans le passé sur divers gisements. Elles diffèrent beaucoup dans leurs conclusions ce qui reflète en partie des conditions variées aux différentes mines. Cependant, les études paragenétiques faites sur les mêmes gisements sont tout aussi contradictoires et il y a évidemment des problèmes d'interprétation des textures.

Il est difficile de généraliser à partir de ces études. L'altération des épontes est considérée hâtive dans le développement des veines dans les cas où elle est mentionnée. Le quartz, la tourmaline, le carbonate et la pyrite se sont ensuite déposés dans un désordre varié. Ici la tourmaline est hâtive, là elle est tardive. Certains auteurs proposent deux ou trois périodes de déposition pour plusieurs de ces minéraux. En général, l'or et les tellures sont considérés tardifs, mais il y a plusieurs gisements où des veines stériles de quartz ou de quartz et tourmaline recoupent les veines aurifères (Siscoe, Shawkey et Stabell par exemple).

Une bonne part des problèmes d'interprétation semblent reliés à la déformation, la cataclase et la recristallisation abondante. Dans ce cas, ordre de cristallisation ou de recristallisation ne signifie pas

nécessairement ordre d'introduction des divers éléments chimiques. Il est bien connu, par exemple, que la chalcopyrite déformée recristallise plus facilement que la pyrite: elle est rarement cataclasée et semble tardive comparée à la pyrite cataclasée. Dans les veines de cisaillement, les veinules et couches de quartz, de carbonate et de tourmaline se recourent les unes les autres. Une bonne part de ces veinules viennent probablement de recristallisation et de remobilisation locale lors de la déformation. Les veines d'extension sont moins déformées, mais elles montrent tout de même de nombreux signes de déformation soulignés par Daigneault et al. (1983): cataclase, cymoïdes, chevauchements.

La réouverture multiple des veines, même celles d'extension, a été décrite par Robert (1983). De vieilles bordures de veine et même des rubans d'éponte se retrouvent ainsi au coeur des veines multiples. Elles ne peuvent pas toujours être reconnues comme telles à cause de la déformation. Le renouvellement de la séquence paragenétique avec la réouverture complique cette séquence.

La finesse des grains d'or et leur répartition erratique causent aussi des problèmes lors de l'examen microscopique. Souvent, un nombre restreint de grains d'or sont observés et il est difficile de savoir s'ils sont représentatifs de tout l'or.

Vu tous les problèmes, nous présenterons simplement le cas bien étudié d'une veine simple, puis d'un groupe de veines. Enfin, nous mentionnerons certaines contradictions portant sur l'âge relatif de l'or natif.

#### 4.7.1 Paragenèse d'une veine simple

La figure 9 illustre la séquence paragenétique établie par Robert (1983) pour les veines d'extension de la mine Sigma. Elle s'applique au cas simple de veines formées d'une seule ouverture. Elle est cependant généralisée à partir d'observations faites sur plusieurs veines. La scheelite, une bonne part du carbonate et la tourmaline sont surtout en bordure de veines et ils se sont formés tôt. La pyrite, les divers sulfures et un peu d'or sont aussi hâtifs. L'or en fines

inclusions dans la pyrite appartient à cette période. La veine est ensuite remplie de quartz avec un peu de tourmaline. D'après Robert (1983), la majeure partie de l'or arrive lors d'une période de cataclase tardive. Ce point sera repris plus loin.

La figure 10 montre schématiquement la séquence d'altération et de déposition dans les épontes comme la conçoivent Robert et Brown (1984). L'altération cryptique fut suivie de l'introduction de la tourmaline, puis de la pyrite métasomatique et enfin de l'altération visible accompagnée de déposition de pyrite puis de pyrrhotite. L'or fut introduit surtout durant l'altération visible; l'or en inclusions globulaires dans la pyrite est un peu antérieur (Robert et Brown, 1984).

L'altération visible est parfois asymétrique et développée sur un mur seulement de la veine. Il semble qu'une couche de minéraux déjà déposés ont isolé l'autre mur des solutions altérantes (Robert et Brown, 1984). L'altération visible s'est donc formée assez tôt et Robert (1983) la place avant la déposition de la majeure partie du quartz de la veine. Tourmaline et pyrite dans les épontes et dans la veine pourraient donc être contemporains (figures 9 et 10).

#### 4.7.2 Paragenèse d'un groupe de veines

Robert (1983) a souligné que la paragenèse illustrée à la figure 9 s'applique à une veine simple. Dans le cas des veines multiples, la séquence a été répétée autant de fois qu'il y a eu de réouvertures. La cataclase et la fracturation ne sont généralement survenues qu'après un remplissage complet des veines de tension (Robert, 1983).

Audet (1980) a aussi mentionné que chaque veine de cisaillement est composée de plusieurs petites injections, chacune avec une quantité variable de quartz, de tourmaline, de pyrite et d'or.

Les centaines de veines d'extension de la mine Sigma ont dû se former successivement si c'étaient des fractures ouvertes. Les nombreuses veines de cisaillement sont contemporaines mais aussi un peu antérieures aux veines d'extension. Elles aussi sont formées de veines multiples, chacune avec une paragenèse assez semblable à celle indiquée à la figure 9 (Robert, 1983). On doit donc en conclure qu'il n'y a pas

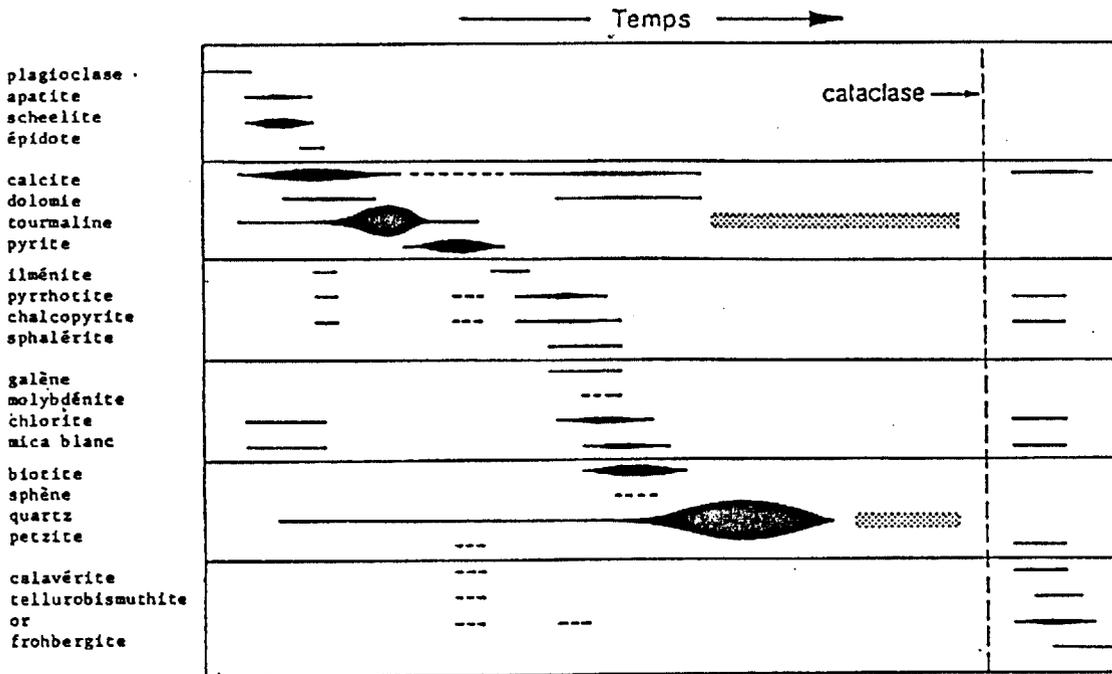


Figure 9: Diagramme paragenétique des veines d'extension de la mine Sigma, d'après Robert (1983). Cette séquence s'applique à une veine simple; elle est répétée dans le cas des veines à réouvertures multiples. L'épaisseur du trait reflète qualitativement, la quantité de minéral déposé. Le patron ombragé représente une déposition dans la partie centrale d'une bande de minéraux. La majeure partie de l'or est relié à la cataclase tardive.

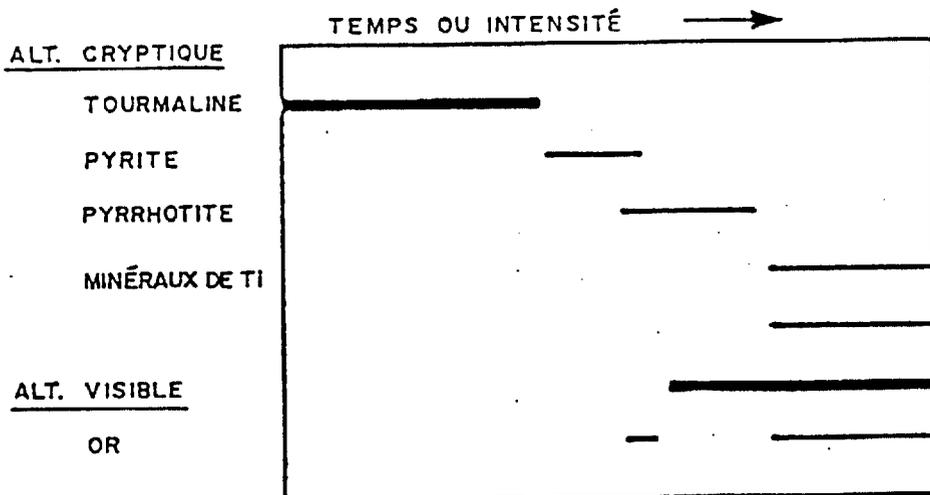


Figure 10: Séquence paragenétique de l'altération des épontes à la mine Sigma, d'après Robert et Brown (1984). La déposition de l'or est contemporaine à l'altération visible.

eu de période distincte de déposition de tourmaline à travers toute la mine, puis de pyrite, puis de quartz et enfin d'or. Il semble plutôt que chaque ouverture de veine contrôle sa propre séquence de déposition, peut-être par réaction des solutions minéralisatrices avec les épontes.

La période de minéralisation et de formation de toutes ces veines doit être considérable. Durant ce temps, il y a eu des milliers d'ouvertures de veines et de déposition des divers minéraux. Les conditions physico-chimiques des solutions ont pu fluctuer, mais pas tellement puisqu'elles pouvaient déposer presque en tout temps, presque "sur demande", la tourmaline, le quartz, la pyrite et l'or.

#### 4.7.3 Or tardif?

Plusieurs auteurs ont mentionné que l'or des veines est tardif et relié à la cataclase. D'après Daigneault et al. (1983), la minéralisation aurifère n'est présente que lorsque les veines (aux mines Sigma et Lamaque no 2) montrent une fracturation tardive telle qu'en témoigne le quartz cataclastique. Selon Robert (1984), la majeure partie de l'or occupe les interstices des zones fortement cataclasées et les microfractures dans le quartz et les autres minéraux. Il s'est introduit après le remplissage complet des veines par le quartz et accompagne la cataclase. Bédard et Imbault (1980) déclarent que la déposition de l'or est tardif puisqu'il remplit l'espace autour des grains de quartz bréché.

Ceci contredit d'autres données. L'association or-pyrite (ou pyrrhotite) est peut-être la seule constante du district. La teneur en or est directement liée à l'abondance de pyrite dans plusieurs gisements. Les cas de Belmoral, de Perron et de Bevcon ont déjà été mentionnés. D'après Audet (1980), la teneur en or est la plus haute où la pyrite est la plus abondante à la mine Sigma. Les valeurs d'or varient directement avec la quantité de pyrite à la mine Lamaque (Bédard et Imbault, 1980). Il y a donc anomalie si la pyrite est hâtive et l'or tardif dans ces gisements.

D'après Audet (1980), la teneur en or des veines d'extension est habituellement fonction de l'altération (visible) des épontes. Et l'altération visible est plutôt hâtive d'après Robert (1983). La-

scheelite est commune dans les veines à très haute teneur d'or (Audet, 1983). La scheelite est aussi un minéral hâtif.

Si l'or est introduit lors de la cataclase après remplissage complet de la veine, cela suggère que la relation entre l'or et la veine est plutôt accidentelle, qu'une fracturation n'importe où, mais au bon moment, pourrait être favorable. Mais Audet (1980) a souligné que la formation des veines de quartz-tourmaline est essentielle à la déposition de l'or et que les sulfures qui ne sont pas en contact avec le matériel de veine ou son éponte altérée ne sont jamais aurifères.

White (1943) a étudié un très grand nombre de gisements d'or dans plusieurs districts. Il a insisté sur l'importance de la cataclase tardive qui contrôle la distribution de l'or. Mais devant la grande quantité de veines à teneur pas si différente tout de même, il a conclu que l'or n'a pu s'introduire après le remplissage des veines et qu'il s'est introduit tôt dans la période de formation de la veine. Cette partie de son argument nous semble bien valable.

En résumé:

- 1- l'or des épontes altérées est déposé assez tôt, avec l'altération visible ou intense;
- 2- l'évidence texturale suggère que l'or des veines est très tardif;
- 3- il y a corrélation positive entre l'or et la pyrite et possiblement entre l'or et la scheelite. La pyrite et la scheelite sont assez tôt dans la séquence paragéométrique.

Se peut-il que l'or, comme la chalcopryrite, recristallise facilement durant la déformation et migre localement? Qu'il s'est déposé assez tôt mais a recristallisé tardivement? Considérant l'extrême ductilité de l'or, on ne peut évidemment s'attendre à trouver de l'or cataclasé.

#### 4.8 Isotopes d'oxygène, température de formation des veines

Par l'abondance relative des isotopes d'oxygène dans le quartz et la chlorite des veines, Kerrich (1983) évalue leur température de formation à 410°C à la mine Lamaque, à 420°C à Pascalis et à 430°C à Bras d'Or.

Winkler (1979) évalue à environ 350°C les températures prévalentes au début du faciès schiste vert et à environ 500-550°C la température de sa limite supérieure. Le métamorphisme régional de Val d'Or n'est pas à la limite inférieure du faciès schiste vert et des secteurs sont au-dessus de l'isograde de la biotite. D'après ces estimés, les veines se seraient donc formées à peu près à la température du métamorphisme régional.

#### 4.9 Inclusions fluides

Quelque soit le mode génétique qu'on favorise pour les gisements d'or, les fluides hydrothermaux sont les média par excellence pour la solution, le transport et la déposition de l'or. Donc toutes espèces de données sur la température, la pression, la densité et la composition chimique des fluides hydrothermaux peuvent aider à la compréhension de la genèse de ces gîtes. À quelques exceptions près, les seuls échantillons géologiques de ces fluides sont contenus dans les inclusions fluides des minéraux des gisements d'or.

Roedder (1984) a fait le point récemment sur l'application des inclusions fluides à la définition de l'environnement de déposition de l'or. La liste bibliographique de Roedder (1984) est particulièrement révélatrice. Sur 93 références citées, 80 sont russes, 8 américaines, 2 canadiennes (dont une québécoise!).

Les observations russes sont beaucoup plus nombreuses que la stricte proportionnalité aux gîtes d'or commanderait et les observations canadiennes et québécoises sont plutôt rares. En résumé, Roedder (1984) signale que les inclusions fluides des gîtes d'or ont des températures d'homogénéisation entre 100 et 400°C; certains gîtes ont même donné des températures d'homogénéisation sur toute la gamme de 100 à 400°C, mais la plupart montrent une gamme plus restreinte (ca. 100°C). En général, la salinité des fluides est < 10% poids NaCl. Les fluides étaient fréquemment riches en CO<sub>2</sub>, particulièrement pour les gîtes de dérivation métamorphique. Les inclusions fluides des gîtes épigénétiques contiennent souvent une deuxième phase gazeuse, ce qui suggère effervescence au moment de l'emprisonnement de l'inclusion fluide.

Guha et al. (1982) ont fait quelques observations sur les inclusions fluides du quartz de la mine Doyon; ils y reconnaissent des inclusions aquacarboniques et carboniques. Le CO<sub>2</sub> est la principale phase à contenir C; les températures de fusion des inclusions sont bien centrées sur -56,5°C (point de fusion de CO<sub>2</sub> pur). Les températures d'homogénéisation sont très variables (300 à 500°C); certaines inclusions carboniques décrépitent avant de s'homogénéiser.

Robert (1985) a étudié les inclusions fluides des veines de la mine Sigma. Il y a observé des inclusions aqueuses, des inclusions carboniques et des inclusions aquacarboniques. Il a analysé le fluide obtenu par la lixiviation à l'eau du quartz hôte après divers broyages; il a ainsi observé (ordre décroissant d'abondance) Na, Ca, K, Fe, Mg et Li dans le liquide des inclusions. De façon analogue, il a recueilli les gaz produits au concassage et les a analysés par chromatographie en phase gazeuse pour constater que ces gaz sont surtout H<sub>2</sub>O (75 à 95% mol.), CO<sub>2</sub> (2 à 30% mol.) et des quantités moindre (< 2 % mol.) de CH<sub>4</sub>, CO et N<sub>2</sub>. Il interprète que les inclusions sont le fait de deux liquides immiscibles entre 200 et 400°C, l'un riche en H<sub>2</sub>O, l'autre en CO<sub>2</sub>. Il constate de plus que ces liquides combinés peuvent correspondre à la composition du fluide hydrothermal qui a altéré les veines et leurs parois. Finalement, il opine que l'immiscibilité H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> entre 200 et 400°C peut avoir joué un rôle important dans la déposition de l'or.

Lao et al. (1985) ont analysé les inclusions fluides:

- 1- des veines de quartz aurifère du gîte Sigma-2 (canton de Louvicourt),
- 2- du quartz du granophyre hôte et
- 3- d'une veine de quartz stérile probablement d'origine métamorphique de la région. Cette dernière permet probablement de reconnaître quelques particularités des fluides métamorphiques de la région.

Ils rapportent:

- 1- un fluide aqueux dans les inclusions du granophyre hôte; salinité de 23% poids eq. NaCl et Th(\*) jusqu'à 350°C, présence de Ba dans le fluide,

---

(\*) Températures d'homogénéisation

2- des fluides aqueux, aquacarboniques et carboniques dans les inclusions du quartz métamorphique; salinités maximales de 23% poids éq. NaCl et Th jusqu'à 210°C, pas de Ba,

3- des fluides surtout aqueux (88%), mais aussi carboniques et aquacarboniques dans le quartz aurifère de Sigma-2; salinités de 11 à 31% poids éq. NaCl et Th jusqu'à 360°C avec présence de Ba.

Ils opinent que le fluide minéralisateur est un mélange d'un fluide de dérivation magmatique (via le granophyre et la présence de Ba est un argument important) avec un fluide métamorphogénique.

D'autres travaux en cours dans nos laboratoires portent sur les gîtes d'or de Belmoral, de Chadbourne et de New Pascalis; il appert déjà dans ces travaux que la nature des fluides, leur salinité et leurs températures d'homogénéisation sont variables avec les gîtes et que leur étude peut nous éclairer sur l'origine et la mise en place des minéralisations. C'est pourquoi, nous considérons la continuation de ces travaux avec notre projet.

## 5. ÂGE RELATIF DE LA MINÉRALISATION

Quelques auteurs ont affirmé que la minéralisation d'or est postérieure au métamorphisme et à la déformation régionale (Moss, 1939, à Siscoe; Robert, 1983, à Sigma). Robert et Brown (1984) ont montré que l'altération des épontes se superpose à des minéraux métamorphiques comme la chlorite.

Nous croyons que certaines veines sont tardives dans l'histoire géologique locale: elles se sont formées après le basculement à la verticale des couches volcaniques de l'homoclinal. Mais les veines sont cataclasées et nous croyons qu'elles sont syn-métamorphiques et syn-tectoniques pour les raisons suivantes: (1) les contraintes tectoniques actives lors de la formation des veines tardives étaient d'étendue régionale et elles sont compatibles avec celles responsables de la déformation régionale; (2) des dykes associés de près aux veines et contrôlés par les mêmes contraintes sont aussi métamorphisés; (3) la minéralogie des veines et de leur bordure d'altération est influencée

par le faciès métamorphique prévalant dans les épontes. D'autres veines sont plus anciennes et un gisement semble volcanogène. Ces points sont repris dans les pages suivantes.

### 5.1 Analyse structurale des veines

La direction des veines et autres éléments structuraux dans les divers gisements est rapportée au tableau 6. Certaines directions sont privilégiées, mais les veines sont d'orientations diverses et le patron de fracture est complexe. Une analyse structurale est essentielle pour y comprendre quelque chose et une tentative a donc été effectuée. Les axes principaux des contraintes responsables de la formation des veines ont été déterminés de la façon suivante. (1) L'axe intermédiaire  $\sigma_2$  des contraintes est parallèle à l'intersection des veines ou fractures qu'on suppose contemporaines. La solution peut être unique ou équivoque selon le cas. (2) Cet axe est dans le plan des zones cisailées et perpendiculaire à la direction du glissement (cas de Belmoral). (3) L'axe de compression maximum  $\sigma_1$  est perpendiculaire à la direction de  $\sigma_2$  et dans le plan des veines d'extension. Ces directions déterminées sont indiquées au tableau 6.

L'orientation des contraintes à la mine Sigma a été déduite par Robert et al. (1983) et fait peu de doute. Ces auteurs ont pu distinguer nettement les veines de cisaillement et les veines d'extension et ils ont montré qu'elles sont contemporaines. Les veines d'extension sont de plus clairement allongées dans la direction de  $\sigma_2$ . La compression maximale est horizontale, N-S, et s'accorde bien avec celle de la déformation régionale.

Les veines d'extension et de cisaillement ne sont pas identifiées dans le gisement Bevcon mais le patron de trois groupes de veines se recoupant selon un même axe est simple. Un des groupes correspond à la bissectrice des deux autres. L'orientation déduite des contraintes est, de plus, identique à celle de la mine Sigma. La direction  $\sigma_2$  ne pose pas de problème à la mine Perron, mais la direction  $\sigma_1$  est obtenue en supposant que les veines à pendage plat sont des veines d'extension. Ceci concorde avec les déductions de Brossard à la mine Beaufor (Trudel,

TABLEAU 6. DIRECTION DES VEINES ET AUTRES ÉLÉMENTS STRUCTURAUX.

|   | Secteur est              |                                    |          |                                  |  |                                  | Secteur ouest                    |   |                         |                     |
|---|--------------------------|------------------------------------|----------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|---------------------|
|   | Sigma Lamaque 2          | Lamaque mine 1                     | Belmoral | Perron                           | Bevcon                                       | Louvicourt Goldfield             | Sullivan                         | Siscoe  | Greene-Stabell          | Shawkey             |
| Litage stratigraphique                        | ~90°/vert.               | ~90°/vert. variable                |          |                                  | ~90°/vert.                                   | 80/85 N                          |                                  |   | 90°/85 S                | 125/80 N ?          |
| Cisaillement majeur                           | ~90°/vert.               |                                    | 70°/65 S | Perron 100/80°N                  | 85°/80 N                                     |                                  | Siscoe K 110/80 N                | Zone K 105/80 N   | 50/60 SE à 75/85 S      | 120/70 N            |
| Intrusif                                      | dykes ~90/70-80 S        | cheminée                           | dykes    | dykes 130/35 S                   | dykes 85/80 N                                | dykes 80/85 N                    | dykes 150/40 NE                  | Intrusif dyke   | dyke 120/65 NE à 135/90 | dykes               |
| Veines de cisaillement d'extension            | ~90/65-80 S<br>000/15 W  | 90/20-70 S<br>Sub-horizontale      | 70°/65 S | 90/55 S à 130/35 SW<br>140/20 SW | I- 85/35 S<br>II- 85/30 N<br>sub-horizontale |                                  | 150/40 NE<br>745/45 SE           | K: 105/80 N<br>Z.M.P. 005/55-70 E                           | 120/65 NE               | 145/90              |
| Autres  | Veines de dykes NW/ ~35W |                                    |          |                                  |  | 50/40 NW<br>135/35 SW<br>85/60 S | 70/40 SE<br>65/60 SE<br>80/60 SE | G: 80/65 S<br>80/85 S<br>60/80 SE<br>105/70 S<br>G: 20/35 W |                         |                     |
| failles tardives                              | 90°/80 N<br>65°/45 NW    |                                    |          | 25/60 E                          |  |                                  |                                  |   | 30/80 W                 | 40/70 NW<br>75/70 S |
| Contraintes axe $\sigma_2$ *<br>intermédiaire | 270°/15 W                |                                    | 250/ ~00 | 260/20 W                         | 265/ ~00                                     | 260/25 W                         | 105/30 E                         | 105/55 E **   |                         |                     |
| Axe $\sigma_1$<br>compression                 | 000/00                   |                                    |          | 170/10 S                         | 175/05S                                      |                                  |                                  | 005/10 N  |                         |                     |
| Allongement des veines                        | d'extension:<br>270/15 W |                                    |          |                                  | 265/00                                       | zone minéralisée<br>260/25 W     | E/20 E                           |   |                         |                     |
|   |                          | veines plissées<br>axes: E/25-50 E |          |                                  |  |                                  |                                  |   |                         |                     |

\* Intersections de veines supposées contemporaines.

\*\* Intersections de veines anciennes dans l'intrusif Siscoe: zone minéralisée principale, veine "G" et "Zone K".

À noter: L'axe intermédiaire  $\sigma_2$  des contraintes a la même orientation pour les gisements du secteur est et une orientation différente pour les gisements de Siscoe et de Sullivan. De même, l'axe de compression  $\sigma_1$  est le même pour certains gisements du secteur est.

1985d). À Louvicourt Goldfield, les trois principaux groupes de veines se recoupent suivant une même direction qui définit  $\sigma_2$ , mais les veines d'extension restent indéterminées. Le problème est plus complexe à Siscoe et à Sullivan où un choix a dû être effectué. Le milieu est très hétérogène à Siscoe (intrusif, komatiite et basalte) et les veines sont d'âges différents (James, 1948; Trudel, 1985b). La direction  $\sigma_2$  indiquée au tableau est l'intersection des veines plus anciennes situées dans l'intrusif Siscoe ou à sa bordure immédiate, soit la zone minéralisée principale, la veine "G" et la "Zone K". Les veines de la zone minéralisée principale semblent être des veines d'extension (James, 1948). La solution obtenue s'accorde avec la direction approximative du glissement oblique rapporté sur la zone K. Les veines situées dans les roches basaltiques au sud ont des orientations différentes. La veine "C" (dans l'intrusif) est plus récente et ne s'accorde pas avec la solution proposée si elle est aussi une veine d'extension. La direction  $\sigma_2$  obtenue à Sullivan est l'intersection des veines principales, de la zone K de Siscoe et de veines à  $045^\circ/45^\circ$  SE. Cette direction de  $\sigma_2$  correspond à l'allongement des zones minéralisées principales. Les veines hors du secteur minéralisé principal dépendent probablement d'un champ de contraintes différentes.

De l'examen du tableau 6, on peut tirer les conclusions suivantes.

- 1- L'axe intermédiaire  $\sigma_2$  des contraintes a sensiblement la même orientation dans les gisements du secteur est, soit aux mines Sigma, Belmoral, Perron, Louvicourt Goldfield et Bevcon. Il est nettement différent du secteur ouest où la structure régionale a une direction de  $120^\circ$ .
- 2- De même, les gisements Sigma, Perron et Bevcon ont des veines d'extension (ou présumées d'extension) à pendage plat, une direction de compression maximum  $\sigma_1$  presque horizontale de direction N-S. L'angle entre  $\sigma_1$  et les veines de cisaillement est cependant de  $70^\circ$  à Sigma, de  $30^\circ$  à  $40^\circ$  à Bevcon et à Perron. C'est probablement que le cisaillement s'est effectué en milieu ductile à Sigma (Robert et al., 1983; Daigneault, 1983) et en milieu cassant ou fragile dans la quartzodiorite de Perron et de Bevcon.

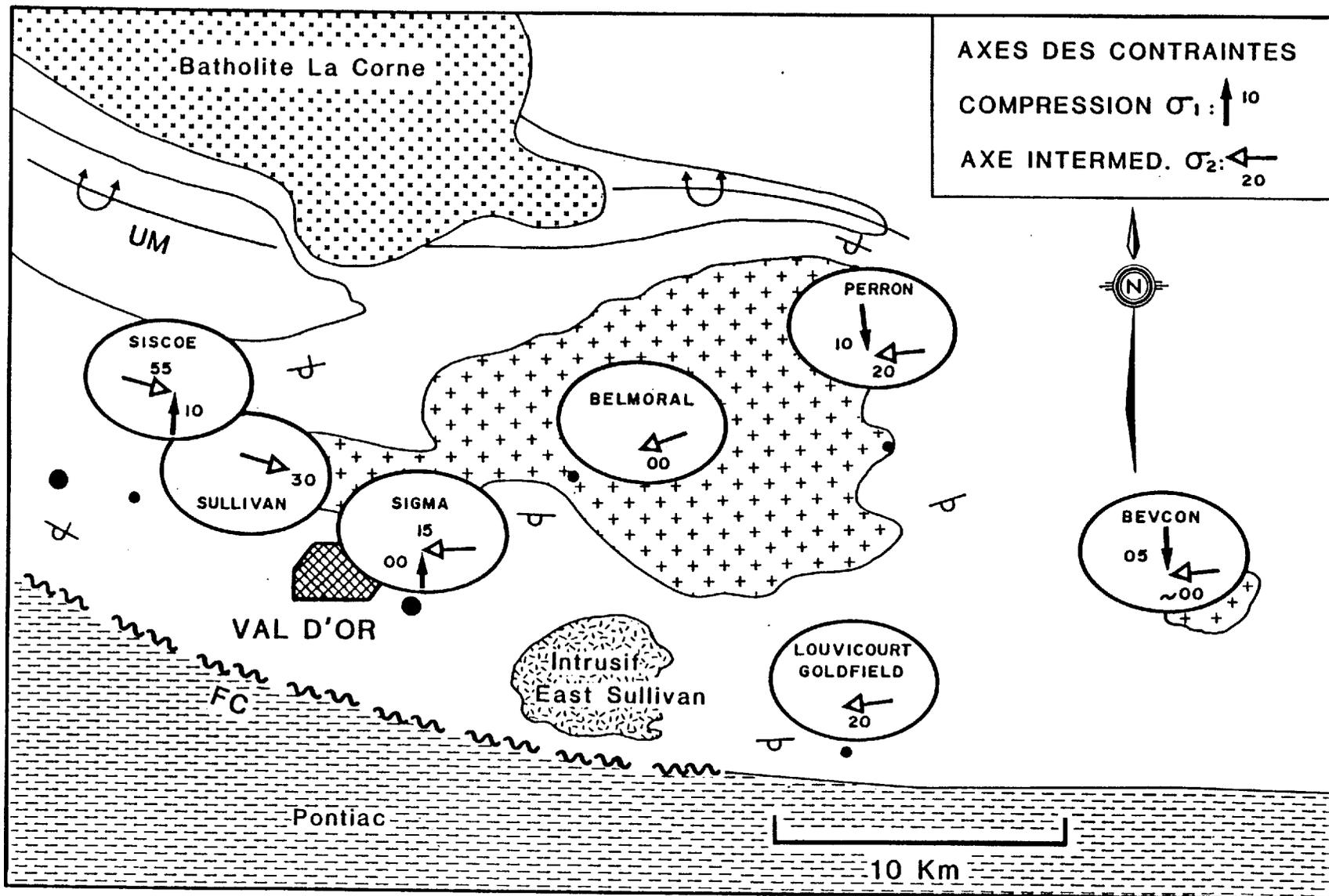


Figure 11: Carte montrant l'orientation présumée des contraintes responsables de la formation des veines. Les contraintes ont la même orientation dans plusieurs gisements et semblent régionales. Des gisements où les contraintes sont différentes sont probablement d'âges différents.

- 3- Les contraintes responsables des veines à Sigma, Perron et Bevcon étant d'orientation identique semblent donc régionales. La compression maximum NS concorde d'ailleurs avec la compression maximale responsable de la déformation régionale.
- 4- Les veines de ces trois gisements sont relativement tardives et n'ont subi que peu de rotation accompagnant la déformation régionale. Robert et al. (op. cit.) l'ont d'ailleurs souligné dans le cas de Sigma. Ceci est particulièrement vrai pour le gisement Bevcon où les deux groupes conjugués de veines de cisaillement semblent également développés. Présument, un groupe aurait été favorisé s'il y avait eu rotation (plissement) durant la période de formation des veines. Cette conclusion ne s'applique pas nécessairement aux autres gisements comme Louvicourt Goldfield où une rotation autour de l'axe  $\sigma_2$  est possible.
- 5- Les veines Siscoe et Sullivan, par leur patron différent de celui de Sigma-Perron-Bevcon, sont d'âges différents ou ont subi une rotation importante depuis leur formation. Il est d'ailleurs connu que les veines de Siscoe ne sont pas toutes du même âge et semblent s'être formées par des contraintes d'orientation différente (Trudel, 1985b).

La figure 11 illustre l'uniformité ou le caractère régional des contraintes responsables des veines de certains gisements, mais pas de tous.

## 5.2 Association veines et petits intrusifs hypabissaux

### 5.2.1 Dykes

Nous soulignons dans cette section les relations de terrain qui prouvent ou suggèrent que certaines veines et certains dykes étaient quasi-contemporains.

Des dykes d'aspects variés sont évidemment contemporains de la période de formation des veines à la mine Siscoe puisqu'ils recoupent les veines plus anciennes, mais ils sont recoupés par les plus récentes (Trudel, 1985b).

À Louvicourt Goldfield, la zone minéralisée principale est constituée d'un réseau de veinules multiples dans un secteur restreint d'un filon-couche de gabbro-diorite. La zone minéralisée s'interrompt contre un dyke de porphyre feldspathique qui recoupe le gabbro, pour reprendre de l'autre côté et se poursuivre (figure 12; Sauvé 1985b, figure 6). De rares veinules aurifères se retrouvent dans le porphyre qui était donc considéré antérieur à la minéralisation. Il est cependant difficile de concevoir comment la fracturation a pu se produire de part et d'autre du dyke sans affecter celui-ci. Il est plus simple de supposer que la majeure partie de la minéralisation est antérieure au dyke qui la recoupe (Sauvé, 1985b).

Une situation un peu semblable se présente au gisement Greene-Stabell où un dyke de porphyre feldspathique semble recouper localement la veine aurifère (Sauvé, 1984b). Un peu de chalcopryrite, d'or et de quartz se retrouvent en minces filonnets dans le dyke. Cooke et al. (1931) en ont conclu que toute la minéralisation est postérieure au dyke. Hawley (1931) croit que le cisaillement et les venues de pyrite et de pyrrhotite sont antérieures au dyke mais que la chalcopryrite et l'or lui sont postérieurs. Dyke et minéralisation sont donc contemporains.

Les relations mutuelles entre veines et porphyre feldspathique sont également troubles au gisement Shawkey (Sauvé, 1985a).

Les veines de cisaillement et les dykes de porphyre feldspathique de la mine Sigma montrent des relations mutuelles extraordinaires. Tous les deux sont concentrés dans le même secteur, leur orientation est pratiquement identique (figure 6; Robert et al., 1983) et même leurs longueurs semblent comparables. Veines et dykes sont obliques à la stratigraphie et à la schistosité régionale et leur orientation ne semble donc pas contrôlée par des structures antérieures. Les veines sont postérieures aux dykes, mais leur orientation commune suggère que tous deux ont été générés par les mêmes contraintes tectoniques et dans le même laps de temps où ces contraintes particulières ont persisté.

Des relations semblables se retrouvent entre veines et dykes à la mine Perron (figure 13, Trudel, 1985c). Ici encore les veines sont postérieures aux dykes, mais tous deux ont sensiblement les mêmes

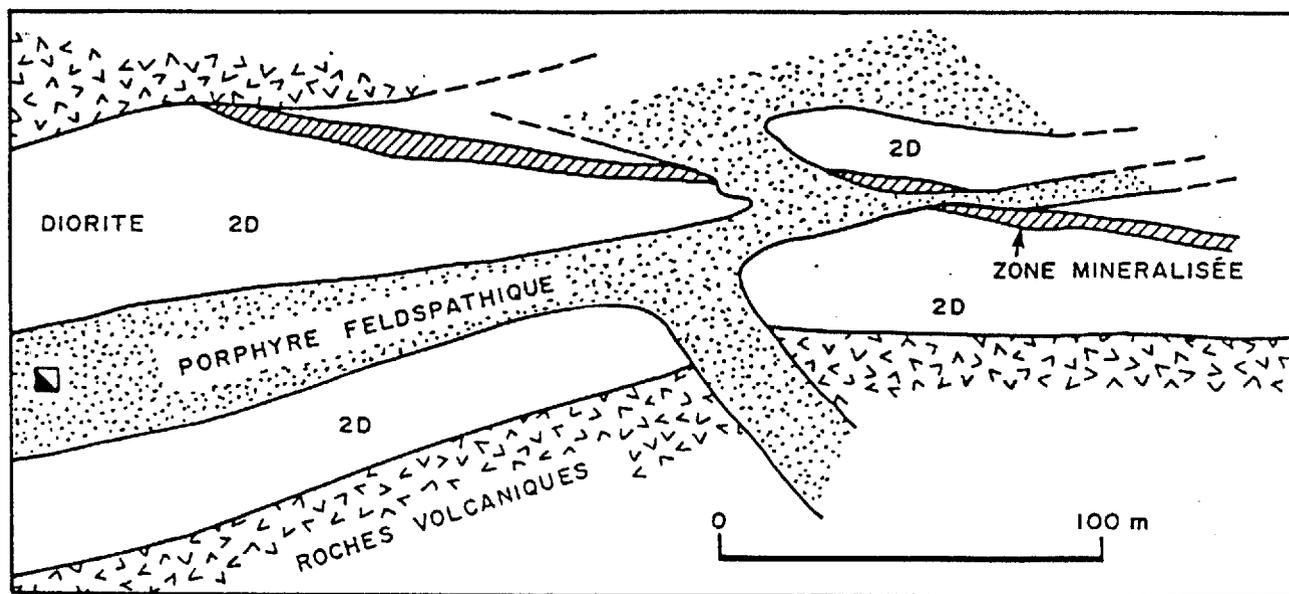


Figure 12: Plan géologique du premier étage de la mine Louvicourt Goldfield. La zone minéralisée constituée d'un réseau de veinules de quartz aurifère semble recoupée par le porphyre feldspathique. D'après Sauvé (1985b).

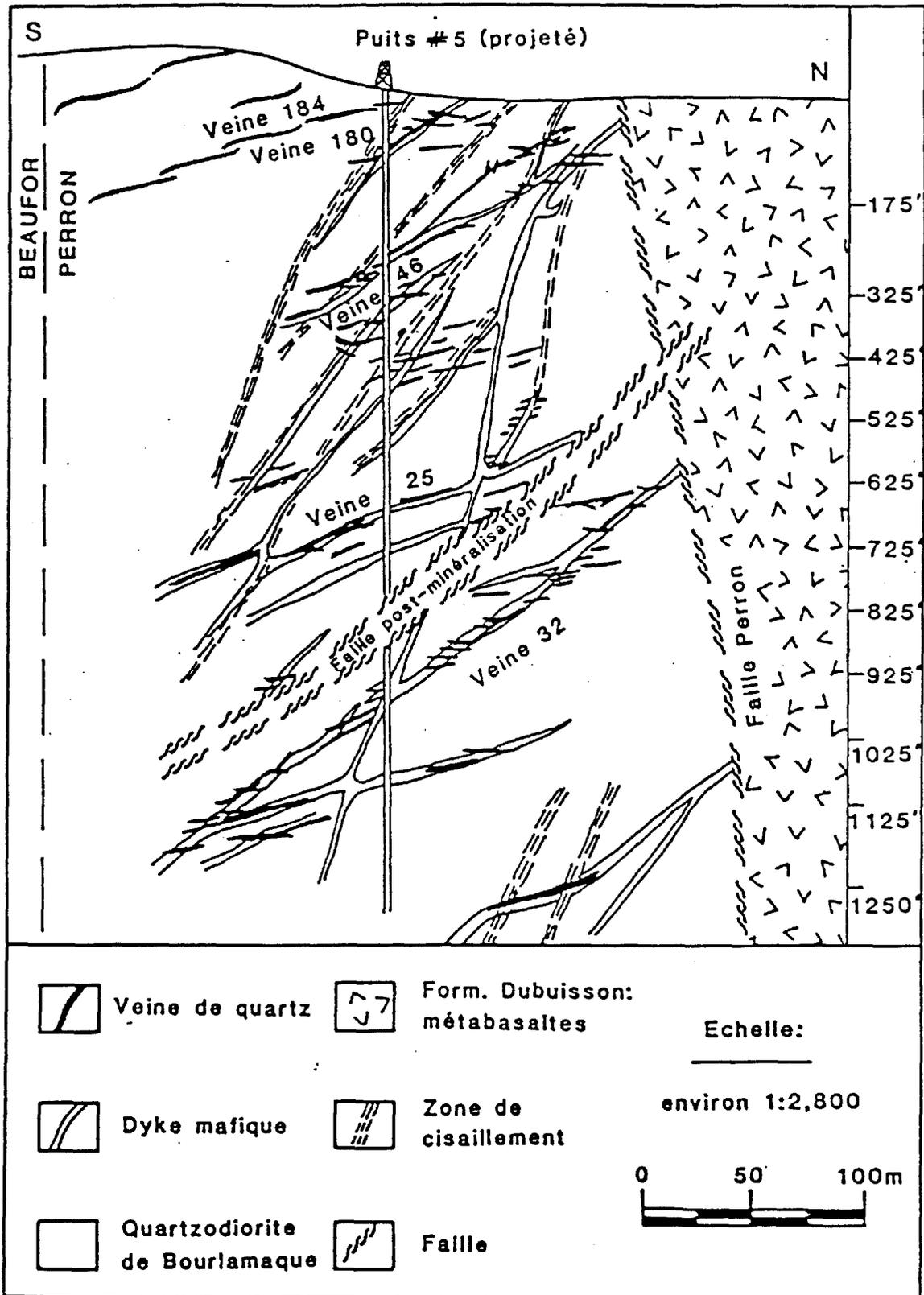


Figure 13: Coupe verticale transversale de la mine Perron. Les veines et les dykes plus anciens ont des orientations semblables. D'après Ames (1948), Trudel (1984c).

orientations et ils ont dû se former lors des mêmes contraintes tectoniques. Veines et dykes ont également la même orientation à la mine Sullivan (Trudel, 1985a).

L'évidence n'est peut-être pas concluante pour chacun des cas individuels mais, pris dans l'ensemble, il est évident que des systèmes de veines ont une étroite relation spatiale et temporelle avec des dykes, surtout avec des dykes de porphyre feldspathique.

### 5.2.2 Cheminées de Lamaque

La carte de Bédard (1976) montre des veines près de chacune des six cheminées de la mine Lamaque et près des dykes de porphyre feldspathique de la mine no 2 mais n'en montre pas ailleurs. Les statistiques de production, fournies par Bédard et Imbault (1980), indiquent que du minéral a été extrait des environs immédiats de quatre cheminées. L'association spatiale entre minéralisation aurifère et cheminées intrusives est donc marquée.

### 5.2.3 Composition des intrusifs associés

Le porphyre feldspathique calco-alcalin est associé aux veines aurifères à beaucoup d'endroits. Sa composition n'est pas uniforme et il peut contenir un peu de phénocristaux de quartz ou de minéraux ferromagnésiens selon l'endroit. À Bevcon, des dykes mafiques sont intermédiaires en âge entre le porphyre feldspathique et les veines d'or (Sharpe, 1968). À Sullivan, les dykes associés au minéral sont également mafiques.

Les travaux de Daigneault (1983) et de Daigneault et al. (1983) ont fourni des données précises sur la compositions des roches intrusives à Lamaque (tableau 3). Les dykes de porphyre feldspathique sont calco-alcalins. Les cheminées sont plus différenciées comme nous l'avons vu, certaines étant calco-alcalines, d'autres tholéitiques. La cheminée principale est calco-alcaline. Une cheminée productrice (no 3) est en tout ou en partie une diorite d'affinité tholéitique. La diorite calco-alcaline de la cheminée principale est fortement enrichie en strontium par rapport à la diorite tholéitique.

### 5.3 Veines et métamorphisme

La minéralogie des veines et de leurs épontes est simple et compatible au faciès métamorphique des roches environnantes: quartz, tourmaline, carbonate, albite, chlorite, mica blanc, biotite, sphène et rutile. Les minéraux incompatibles, comme les zéolites, sont absents, sauf pour des minéraux argileux dans les failles post-minéralisation de Belmoral. De tous les minéraux présents, seule la biotite est sensible aux conditions de température-pression à l'intérieur du faciès schiste vert. Elle n'est présente dans les veines et leurs bordures qu'aux endroits où l'isograde métamorphique de la biotite a été atteint (voir minéralogie des veines).

Nous avons mentionné que l'isograde de la biotite se situe à environ 800 à 1200 mètres de profondeur aux mines Sigma et Lamaque (voir "métamorphisme"). Il s'agit ici de biotite métamorphique dans les épontes à distance des veines. Mais la biotite "hydrothermale" des veines et des épontes altérées est présente à plus de 1300 mètres de profondeur à la mine Sigma et très rare au-dessus (Robert, 1983). La composition des biotites est aussi la même. Ça n'est sûrement pas qu'une coïncidence.

La température de formation des veines, environ 400°C selon Kerrich (1983), est compatible avec les températures acceptées pour le métamorphisme du faciès schiste vert.

Les zones cisailées abritant les veines de cisaillement de la mine Sigma sont semblables par leur minéralogie et leur orientation aux nombreuses zones cisailées attribuées à la déformation régionale.

Les dykes étroitement associés aux veines sont tous métamorphisés. Selon Karvinen, la cheminée principale à Lamaque a subi la déformation régionale.

### 5.4 Âge des veines, gisement volcanogène

L'évidence présentée indique que les veines de Sigma, de Perron et de Bevcon sont tardives par rapport à la déformation régionale, mais leur orientation résulte de contraintes régionales.

D'autres veines, comme les veines anciennes de Siscoe, sont causées par des contraintes d'orientation différente. Elles sont présument plus anciennes que celles de Sigma.

L'or disséminé dans le tuf à Akasaba n'est pas contrôlé par des fractures apparentes mais plutôt par la porosité ou la perméabilité originale de la roche. La perméabilité disparaissant avec le métamorphisme, le gisement semble pré-métamorphique ou du début du métamorphisme. Les roches stratigraphiquement sous le gisement sont très altérées, celles au-dessus le sont moins. Une origine volcanogène-exhalative a été proposée selon laquelle le gisement se serait déposé au fond de la mer. Nous croyons plutôt qu'il s'est formé un peu en-dessous du fond de la mer (Sauvé, 1985c). Il est au sommet stratigraphique du groupe de Malartic. Il pourrait être, à la fois, contemporain aux roches volcaniques environnantes et à des veines ou gisements épigénitiques se formant en profondeur dans la séquence volcanique.

#### 5.5 Dilemme de Lamaque-Sigma

La plupart des auteurs (Wilson, 1948; Robert et al., 1983; Daigneault et al., 1983) considèrent les veines de ces gisements épigénitiques et contrôlées par des fractures tardives.

Karvinen (1985) a proposé que les veines les plus importantes à la mine Lamaque représentent des couches de sédiments volcanogènes-exhalatifs métamorphisés. Son argumentation repose surtout sur (1) la coïncidence de la mine Lamaque avec un centre d'émission volcanique; (2) les veines sont anciennes et affectées par la déformation régionale; (3) elles sont concordantes aux roches tuffacées environnantes et correspondent parfois à des discontinuités stratigraphiques; (4) l'altération visible près des veines de "cisaillement" est surtout restreinte à l'éponte inférieure. Karvinen admet cependant que certaines veines sont épigénitiques, telles les veines sub-horizontales qui auraient pu être sub-verticales à l'origine et auraient servi de conduits aux exhalaisons minéralisatrices. Il croit que la minéralisation a pu s'étendre sur une longue période d'activité volcanique qui n'était peut-être pas terminée quand a débuté la déformation tectonique. L'hypothèse de l'origine

sédimentaire de certaines veines apporte cependant d'autres problèmes. Puisque ces veines peuvent être tracées à travers la cheminée dioritique, Karvinen (op. cit.) se demande si les cheminées ne sont pas en partie des produits de remplacement plutôt que des roches intrusives.

L'hypothèse de gisements volcanogènes est attrayante, car elle explique la coïncidence des deux plus gros gisements aurifères de Val d'Or (70% de la production totale du district) avec le seul centre extrusif reconnu dans le complexe volcanique central de Val d'Or. L'hypothèse volcanogène n'implique pas nécessairement une dérivation sédimentaire des veines telle que proposée par Karvinen (1985): les veines peuvent être des gisements épigénétiques formés près d'un col volcanique. Cette hypothèse volcanogène est-elle réconciliable avec l'évidence présentée par Robert et al. (1983)? Nous admettons avec eux que les veines d'extension sub-horizontales sont tardives et postérieures au basculement à la verticale de l'homoclinal de Val d'Or. Les veines de cisaillements se sont formées par mouvements répétés. Leurs dernières phases sont tardives et contemporaines aux veines d'extension, mais les premières phases ont pu se produire longtemps avant et subir une rotation appréciable. Elles ne sont pas nécessairement si tardives. Mais, de là à supposer qu'elles sont volcaniques et formées lorsque les roches volcaniques étaient encore peu inclinées, il y a un grand pas que nous hésitons à franchir. Si la période requise pour le basculement de l'homoclinal est très courte et chevauche même en partie l'éruption des laves, alors les premières phases des veines pourraient être contemporaines aux phases tardives de l'activité volcanique.

L'angle actuel entre l'axe de la cheminée principale à Lamaque et les strates volcaniques est d'environ 30°. L'angle original a pu être réduit sensiblement par la déformation ductile lors de l'orogénèse. Il n'est pas impensable que la cheminée s'est injectée à peu près verticalement dans des couches volcaniques qui ne penchaient encore qu'à 30 ou 45° sud.

## 6. DISTRIBUTION ET CONTRÔLE DES GISEMENTS

### 6.1 Contrôles majeurs

Il est connu depuis longtemps qu'une longue zone éminemment favorable aux gisements d'or s'étend de Kirkland Lake à Noranda, Cadillac, Malartic et Val d'Or. Cette zone doit dépendre d'une structure majeure profonde dont la nature a été discutée par Dimroth et al. (1983). De nombreux gisements près de Cadillac et Malartic sont associés de près à la faille de Cadillac, qui est l'une des expressions locales de la structure majeure. À Val d'Or, par contre, les gisements ne sont pas regroupés autour de caussures majeures évidentes. Des zones longitudinales de cisaillement sont localement importantes, mais on n'y retrouve pas des chapelets de gisements comme à Malartic. La zone tectonisée de Cadillac passe au sud de Val d'Or. Les gisements de Lamaque et de Kiena sont à trois kilomètres au nord de cette zone. Celle-ci penche probablement vers le nord, mais la cheminée de Lamaque penche aussi vers le nord. Les relations entre la faille et ces gisements sont donc hypothétiques. Les autres gisements importants sont plus loin encore de la faille, mais des petits gisements, comme Akasaba, se retrouvent plus près.

Il n'y a pas de faille transcendante rapportée à Lamaque et à Sigma. L'association la plus évidente est avec des dykes de porphyre à Sigma, comme nous l'avons déjà rapporté.

Tous les autres gisements importants du secteur, excepté celui de Kiena, sont dans le batholite de Bourlamaque ou dans des plutons comparables. Ils sont surtout en périphérie des plutons.

En bref, la minéralisation à Val d'Or semble donc surtout associée à des intrusifs, petits ou gros. Les plus gros gisements exploités sont associés à des petits intrusifs dans les roches volcaniques. Mais les structures profondes qui ont contrôlées ces intrusifs ne sont pas évidentes.

## 6.2 Contrôles stratigraphiques

La plupart des gisements de Val d'Or semblent tardifs et sans relation directe avec la stratigraphie. Tout le district est évidemment favorable, présumément à cause de la teneur intrinsèque de l'or dans beaucoup de laves et dans les amas de quartzodiorite (voir ci-après).

Le gisement Akasaba semble volcanogène et donc relié à la stratigraphie. Il est petit mais compact et de bonne largeur et il se prêtait bien à une exploitation efficace. Il est tout près du sommet de la séquence volcanique.

Le gisement Lamaque est près d'un centre volcanique comme l'ont souligné Imreh (1984) et Karvinen (1985). Les relations entre roches volcaniques, cheminées et veines sont encore mal comprises comme on l'a vu. La volcanologie du secteur de la mine a malheureusement été négligée dans le passé.

Basé sur ces deux exemples seulement, les formations de Val d'Or et de Héva à la partie supérieure de la séquence semblent les plus favorables aux gisements volcanogènes.

## 6.3 Contrôles structuraux

Des zones de cisaillement de direction  $070^{\circ}$  à  $120^{\circ}$  et à pendage abrupt sont présentes près de nombreux gisements (tableau 6). La zone de cisaillement de Belmoral contrôle évidemment l'emplacement du gisement. La zone K de Siscoe contient également des veines et en contrôle d'autres. Deux zones parallèles de cisaillement limitent effectivement les veines à Sigma. Rien ne distingue particulièrement ces zones des nombreuses autres zones longitudinales de cisaillement.

La juxtaposition de roches de compétence ou ductilité différente est un lieu privilégié des veines. Celles-ci favorisent alors la roche la plus compétente, présumément parce que la perméabilité par fracturation se maintient plus facilement et sert de conduit aux solutions minéralisatrices. La distribution des veines à proximité des cheminées à Lamaque en est un exemple. De même, pour les veines d'extension limitées aux dykes de porphyre à Sigma. La diorite porphyrique est aussi

favorisée aux dépens des roches volcaniques et pyroclastiques à la même mine. À plus grande échelle, les gisements sont nombreux à la bordure du batholite de Bourlamaque et les veines s'étendent rarement dans les roches volcaniques. Le cas de Bevcon est semblable.

## 7. DISTRIBUTION LITHOGÉOCHIMIQUE RÉGIONALE DE L'OR

Nous avons d'abord intitulé la section qui suit "Géochimie". Nous nous sommes ravisés puisque notre approche géochimique pour la recherche de l'or jusqu'à maintenant a été très fortement biaisée du côté or. En autres mots, nous croyons vraiment que le meilleur indicateur pour l'or, c'est l'or. De plus, nos travaux ont été essentiellement lithogéochimiques. La recherche de l'or par l'analyse des sédiments de ruisseaux ou encore celle par analyse de l'humus des sols sont des techniques déjà reconnues comme effectives. Durant cette première année de notre convention de recherche sur la métallogénie de l'or, nous n'avons pas d'observation nouvelle sur ces deux méthodes de recherche; notre continuation passera peut-être prochainement par là!

### 7.1 Échantillonnage et analyse

C'est la partie critique de l'étude des distributions Au pour la recherche des gites.

Nous représentons au tableau 7 une comparaison récente entre deux séries de mesures sur un même site. Il est clair qu'on ne peut pas tirer les mêmes conclusions des analyses du laboratoire no 1 et de celles du laboratoire no 2. Nous avons répété cette expérience de comparaison plusieurs fois, toujours avec un résultat semblable. Nos résultats s'interprètent facilement; ceci nous porte à penser que nos résultats analytiques sont bons. À tout événement, nous présentons ci-après l'appréciation de notre erreur d'analyse et de notre erreur d'échantillonnage.

TABLEAU 7. ANALYSES ET ÉCHANTILLONNAGES COMPARÉS.

| NUMÉRO<br>ÉCHANTILLON | LABO 1<br>Au, mg/t | LABO 2<br>Au, mg/t | DISTANCE<br>DU GÎTE |
|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1                     | 24                 | 1                  | 550                 |
| 2                     | 21                 | 1                  | 450                 |
| 3                     | 36                 | 4                  | 425                 |
| 4                     | 11                 | 8                  | 400                 |
| 5                     | 22                 | 8                  | 375                 |
| 6                     | 22                 | 30                 | 350                 |
| 7                     | 60                 | 18                 | 100                 |
| 8                     | 391                | 12                 | 10                  |
| $\sigma$ analyse      | 3                  |                    |                     |
| moyenne, 1-6          | 23                 |                    |                     |
| $\sigma$ 1-6          | 8                  |                    |                     |

Nos mesures Au sont faites par activation neutronique. L'erreur analytique pour cette méthode est comme suit:

- 1- pour Au > 15 ppb, analyse par activation neutronique instrumentale (AANI): exposition de l'échantillon au champ de neutrons du réacteur nucléaire suivi d'un comptage au spectromètre ( $^{198}\text{Au}$  à 411,8 Kev). Suivant son mode d'emploi chez nous, cette technique nous donne  $\sigma \approx 3$  ppb Au et un seuil d'environ 10 ppb Au.
- 2- pour Au < 15 ppb, analyse par activation neutronique radiochimique (AANR): exposition de l'échantillon au champ de neutrons du réacteur nucléaire, extraction de l'or radioactif par voies chimiques, comptage au spectromètre  $\gamma$  sur l'or extrait. Chez nous, cette technique est plus précise ( $\sigma = 0,3$  ppb Au), plus sensible (seuil à 0,1 ppb Au), mais aussi plus couteuse (5x) que la technique AANI.

Donc, dans nos mesures, l'erreur analytique, chiffrée par l'écart-type, est de 3 ppb Au (AANI: de 10 à 1000 ppb Au) ou de 0,3 ppb Au (AANR: de 0,1 à 10 ppb Au).

L'erreur d'échantillonnage (ou erreur de représentation) est beaucoup plus difficile à estimer que l'erreur analytique. Nous croyons que les échantillons no 1 à 6 inclusivement du tableau 7 reflètent cette erreur, c'est-à-dire que ces six échantillons contiennent probablement une même quantité d'or et que la variation des teneurs est effectivement

le fruit de l'erreur de représentation. Pour ces six échantillons,  $\sigma \approx 8$  mg/t Au. L'erreur d'échantillonnage est principalement fonction de la granulométrie de l'or. Deux observations permettent au lecteur de saisir la grandeur du problème:

- 1- un échantillon de 2 g à 1 mg/t Au contient  $6 \times 10^{12}$  atomes Au: si l'or est suffisamment fin, il y en a assez pour une représentation précise;
- 2- un grain d'or d'un diamètre  $10 \mu\text{m}$  (pas encore visible à l'oeil nu) fait déjà 10 mg/t Au dans un échantillon dont la masse totale est de 2 g: donc, si l'or est grossier ( $>10 \mu\text{m}$ ), il n'y a pas de représentation précise possible par un échantillon de masse faible ( $< 2$  g).

Comme nous le signalons ci-après, jusqu'à maintenant nos résultats s'interprètent très facilement, ce qui nous porte à penser que nos échantillonnages et nos analyses sont bons.

## 7.2 La formation de Val d'Or

Selon Imreh (1984), la formation de Val d'Or est franchement calco-alcaline et elle comprend des coulées et brèches de coulées basaltiques et des pyroclastites surtout andésitiques. Nous ajoutons à cette liste de roches constituantes, de nombreux intrusifs hypabyssaux vraisemblablement cosanguins, dont surtout les diorites porphyriques et les porphyriques feldspathiques des mines Lamaque et Sigma (voir entre autres Robert 1983, Daigneault 1983).

Nous avons échantillonné la formation de Val d'Or pour Au en quatre lieux (figure 14):

- 1- à la mine Lamaque (198 échantillons);
- 2- à la mine Sigma (98 échantillons);
- 3- sur la propriété Brominco (38 échantillons);
- 4- sur les propriétés Val d'Or Mineral Holdings, Dorval et Dufresnoy (22 échantillons).

L'échantillonnage Lamaque est analysé aux figures 15, 16 et 17. À la figure 15, nous établissons que les pyroclastites et les andésites de la mine Lamaque, quant à leur teneur en or sont normales avec médiane à 13 ppb Au ( $P_{84}$  à 30 et  $P_{16}$  à 5,  $n = 110$ ); environ 20% des échantillons

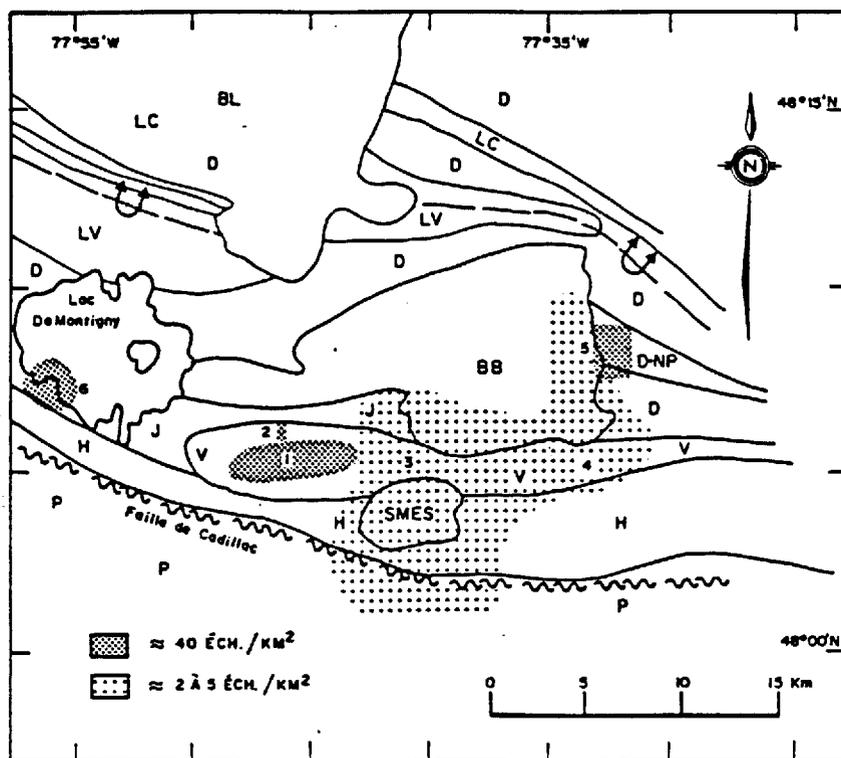


Figure 14: Traits géologiques de la région de Val d'Or, d'après Imreh (1984) et lieux d'échantillonnage. BL: batholite de Lacorne. BB: batholite de Bourlamaque. SMES: stock monzonitique de East Sullivan. P: groupe de Pontiac, grauwwacks. H: formation de Héva, basaltes et andésites, volcanoclastites felsiques. V: formation de Val d'Or, pyroclastites andésitiques. J: formation de Jacola, komatiites et basaltes. D: formation de Dubuisson, basaltes et komatiites. D-NP: faciès calco-alcalin à New Pascalis, basaltes et andésites, volcanoclastites felsiques. LC: formation du Lac Caste, grauwwacks. LV: formation de La Motte-Vassan, komatiites.  $\curvearrowright$ : anticlinal déversé de La Motte-Vassan. Lieux d'échantillonnage: 1- Lamaque, 2- Sigma, 3- Brominco, 4- Dorval et autres, 5- New Pascalis, 6- Kiena.

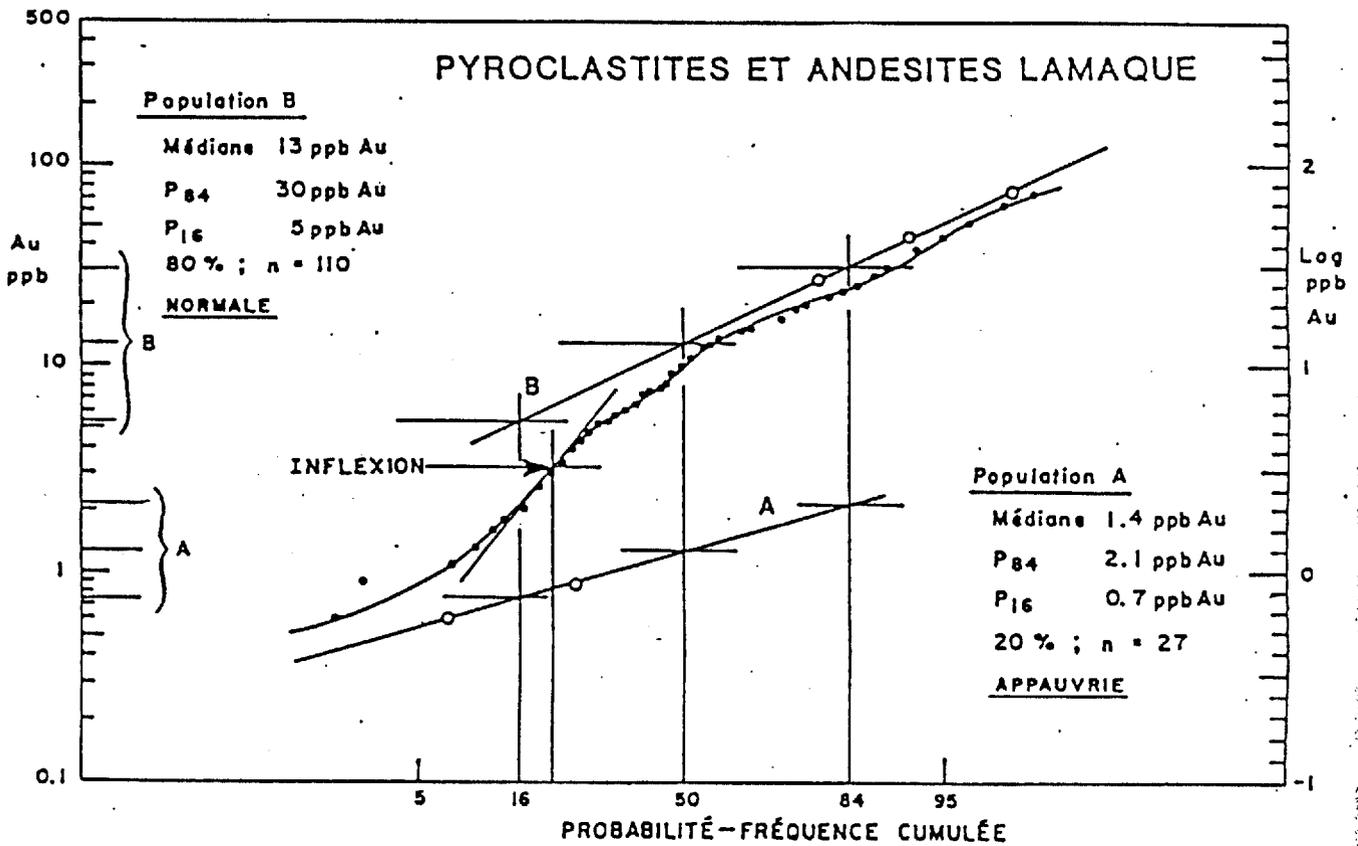


Figure 15: Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour les pyroclastites et andésites de la mine Lamaque.

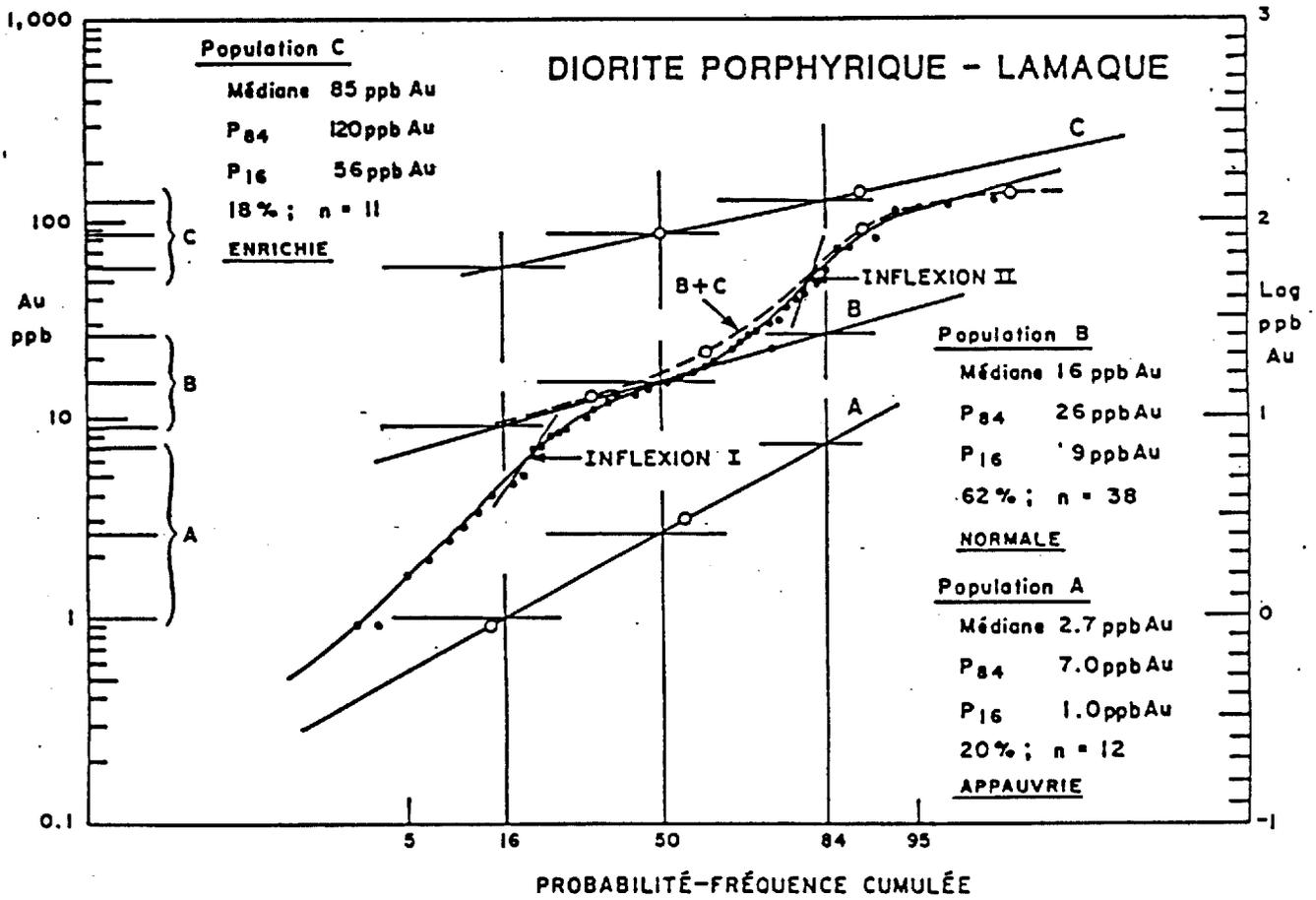


Figure 16: Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour la diorite porphyrique de la mine Lamaque.

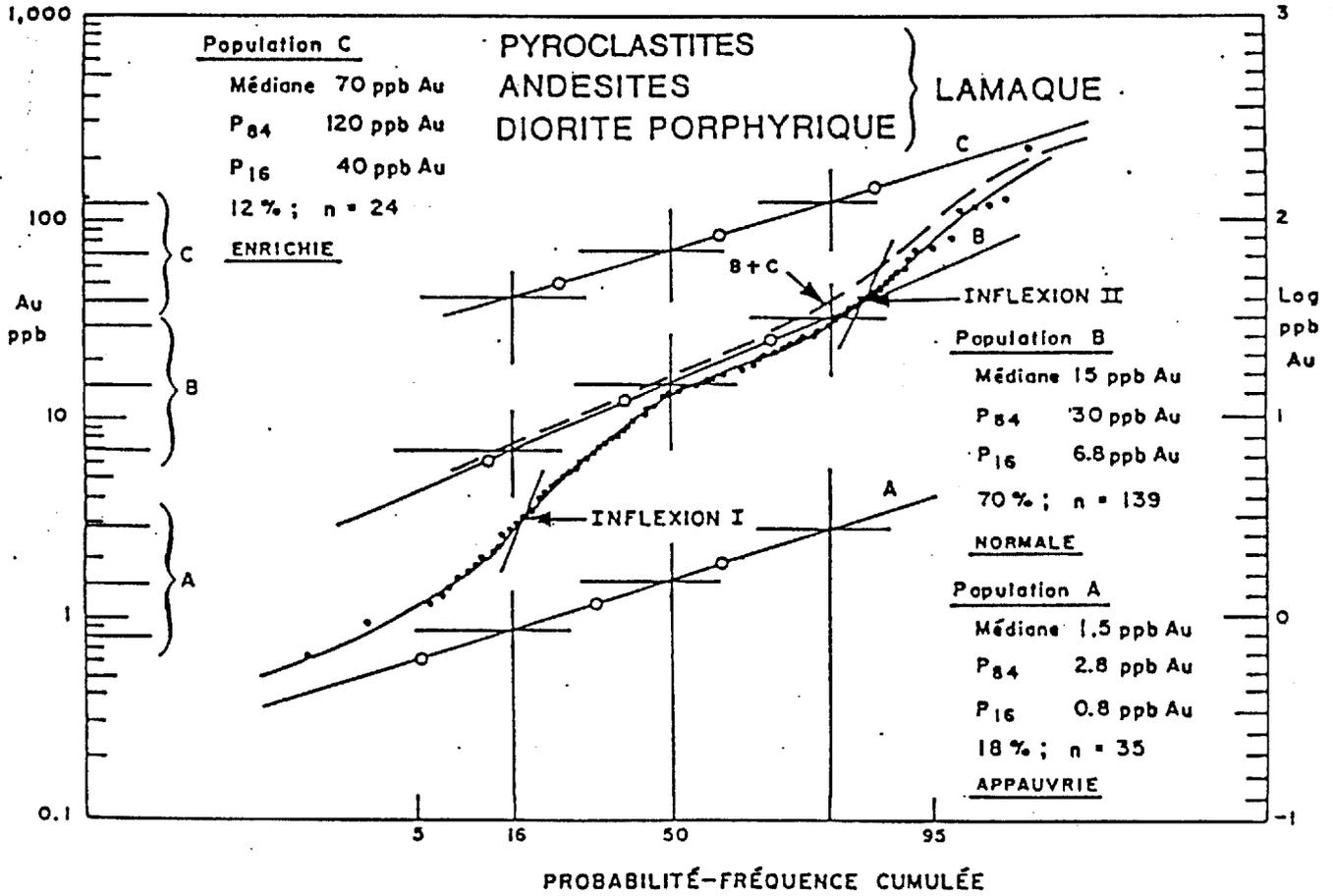


Figure 17: Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour l'ensemble des pyroclastites, des andésites et de la diorite porphyrique de la mine Lamaque (figure 15 et 16 ensemble).

ont des teneurs plus basses (médiane à 1,4 ppb Au; P<sub>84</sub> à 2,1 et P<sub>16</sub> à 0,7 ppb Au, n = 27) et nous croyons que ces roches ont pu être lixiviées et, effectivement, appauvries en Au.

Les diorites porphyriques, cosanguines aux premières, sont analysées à la figure 16. On y reconnaît trois populations: normale, appauvrie et enrichie. Les paramètres statistiques de ces populations sont donnés à la figure 16 et reportés au tableau 8. Sur la recommandation de plusieurs collègues, nous avons analysé nos données de Lamaque en distinguant les groupes lithologiques là où le nombre d'échantillons le permettait; la médiane à 13 ppb Au pour les pyroclastites et les andésites n'est pas différente de façon significative du 16 ppb Au de la diorite porphyrique. Nous avons répété cette étude spécifique des diverses lithologies constituant d'un ensemble cosanguin, toujours avec les mêmes résultats. D'où notre conclusion: il n'y a pas de différenciation marquée de l'or avec la différenciation magmatique.

Plusieurs autres auteurs dont Kwong et Crockett (1978) ont aussi fait cette constatation. C'est pourquoi, nous réunissons toutes nos observations sur la formation de Val d'Or à la mine Lamaque en une même figure (no 17); nous regroupons les autres ensembles de mesures pour une définition un peu meilleure des paramètres statistiques des populations.

À la mine Sigma, nous avons réalisé deux échantillonnages: un premier sur les niveaux 2 et 5 (ca. 70 et 180 m de profondeur respectivement), est représenté à la figure 18 et un deuxième sur des carottes de trous de forage centrées sur une profondeur de 2000 m à la figure 19. Après des résultats préliminaires, nous avons annoncé par communications personnelles que la médiane des teneurs à 2000 m était plus faible que celle à 150 m; les vérifications nécessaires ont montré que cette conclusion était hâtive et nous la retirons. D'ailleurs, les teneurs normales de la formation de Val d'Or à la mine Sigma s'accordent parfaitement à celles obtenues à la mine Lamaque.

Sur la propriété Brominco, notre échantillonnage est moins considérable (n = 38). On peut distinguer des échantillons enrichis et d'autres, appauvris. Nous n'avons pas reconnu de population normale avec médiane à environ 15 ppb Au.

TABLEAU 8. DISTRIBUTION DE L'OR, FORMATION DE VAL D'OR.

|  | ppb Au  |                 |                 |     |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
|--|---------|-----------------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----------------|----|-----------|-----------------|-----------------|----|
|  | Normale |                 |                 |     | Enrichie |                 |                 |    | Appauvrie |                 |                 |    |
|  | Méd.    | P <sub>84</sub> | P <sub>16</sub> | n   | Méd.     | P <sub>84</sub> | P <sub>16</sub> | n  | Méd.      | P <sub>84</sub> | P <sub>16</sub> | n  |
| LAMAQUE                                  |         |                 |                 |     |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| Pyroclastites et andésites               | 13      | 30              | 5               | 110 |          |                 |                 |    | 1,4       | 2,1             | 0,7             | 27 |
| Diorite porphyrique                      | 16      | 26              | 9               | 38  | 85       | 120             | 56              | 11 | 2,7       | 7,0             | 1,0             | 12 |
| Ensemble                                 | 15      | 30              | 7               | 139 | 70       | 120             | 40              | 24 | 1,5       | 2,8             | 0,8             | 35 |
| SIGMA                                    |         |                 |                 |     |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| 2 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> niveaux | 19      | 33              | 12              | 82  |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| Profondeur 2000 m                        | 17      | 31              | 10              | 44  |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| Ensemble                                 | 18      | 32              | 11              | 82  |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| BROMINCO                                 |         |                 |                 |     |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| Toutes lithologies                       |         |                 |                 |     | 52       | 52              | 36              | 27 | 7         | 11              | 4               | 11 |
| AILLEURS                                 |         |                 |                 |     |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| Toutes lithologies                       | 12      | 30              | 5               | 22  |          |                 |                 |    |           |                 |                 |    |
| FORMATION DE VAL D'OR                    | 18      | 28              | 12              | 132 | 35 à 125 |                 |                 |    | 1 à 10    |                 |                 |    |

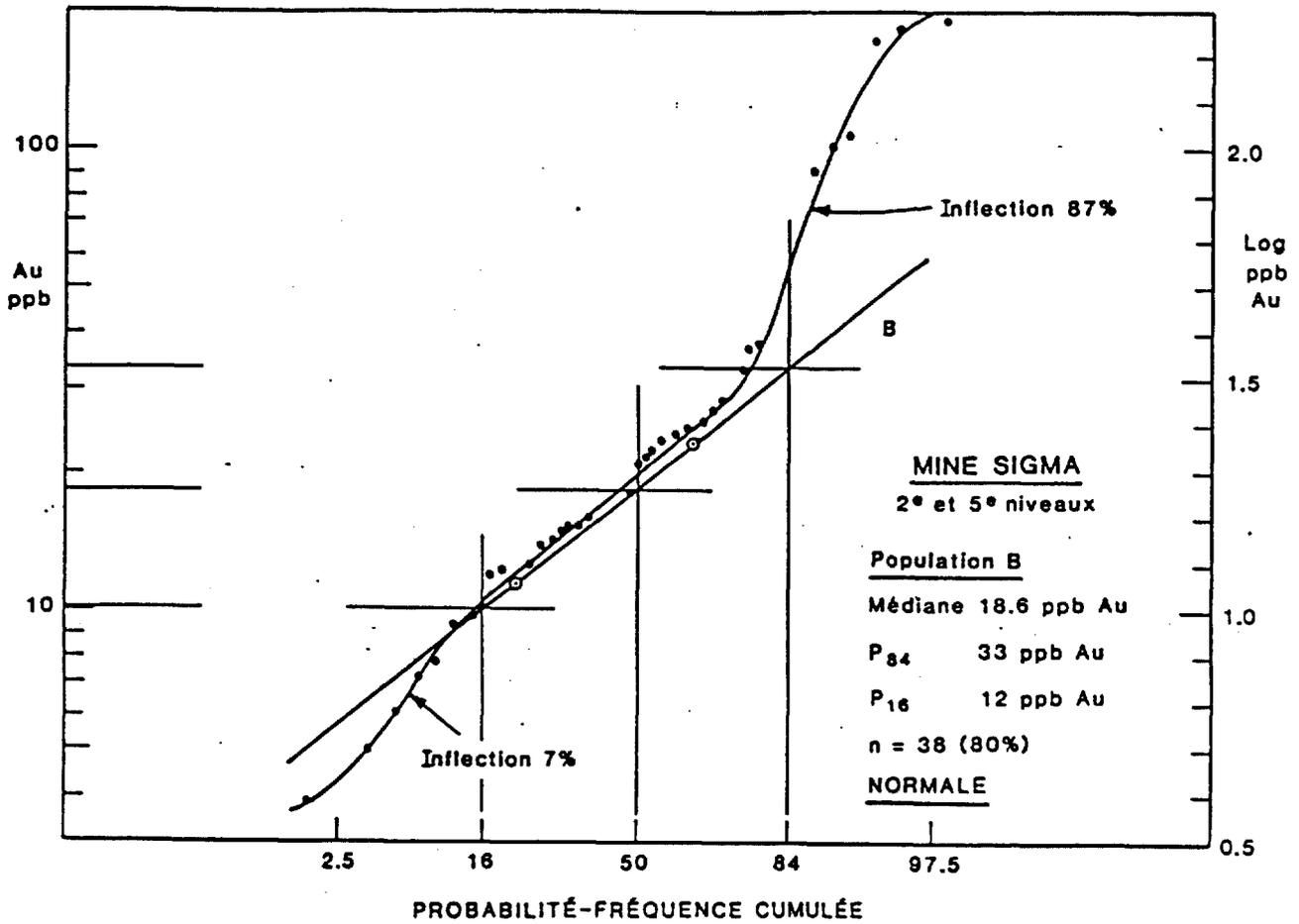


Figure 18: Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée, échantillons des 2<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> niveaux, mine Sigma.

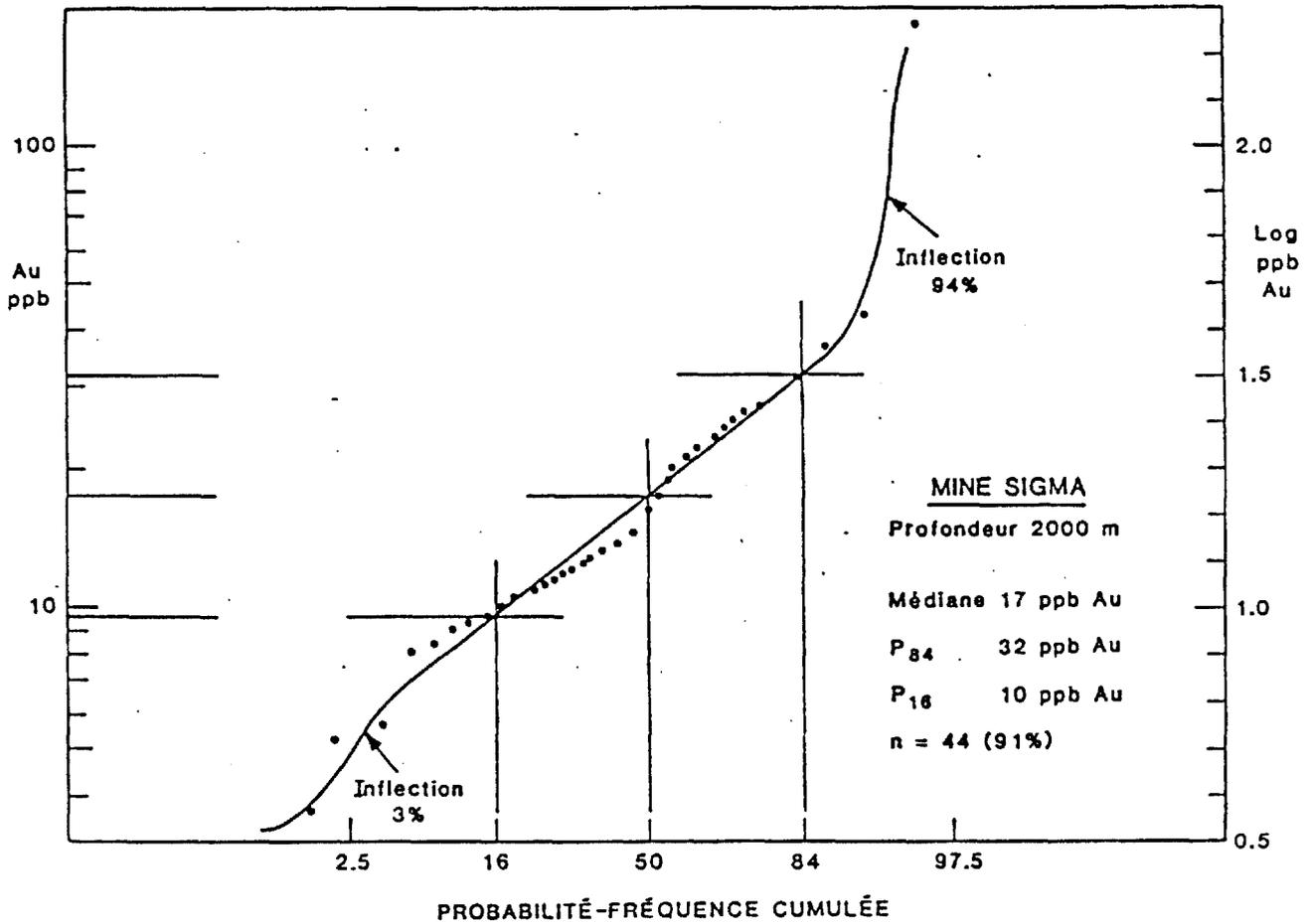


Figure 19: Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée, échantillons d'une profondeur de 2000 m, mine Sigma.

Finalement, on peut résumer la distribution de l'or dans la formation de Val d'Or par les propriétés statistiques des diverses populations observées, ce qui est présenté au tableau 8. Il est aussi utile de remarquer que les deux mines les plus importantes du camp minier de Val d'Or (Lamaque et Sigma) ont leurs assises dans la formation de Val d'Or et font ensemble 71% de la production d'or du camp minier de Val d'Or.

### 7.3 Le batholite de Bourlamaque

Nous avons échantillonné le batholite de Bourlamaque à sa bordure sud (propriétés Brominco, Dufresnoy et Dorval) et suivant sa bordure est (propriétés Perron et New Pascalis) pour un total de 79 échantillons; 46 de ces échantillons définissent une population que nous qualifions de normale à médiane de 21 ppb Au ( $P_{84}$  à 35 et  $P_{16}$  à 13). Cinq des échantillons contiennent moins de 13 ppb Au: ce nombre est trop petit pour définir une population appauvrie, mais il nous semble probable que ces échantillons ont effectivement été lixiviés d'une bonne partie de leur or. Vingt-huit échantillons sont enrichis, (tableau 9): médiane à 56 ppb Au ( $P_{84}$  à 72 et  $P_{16}$  à 44).

Notre échantillonnage du batholite de Bourlamaque se continue actuellement avec les travaux de Trudel, Darling, Waitzenneger et Dussault. Nonobstant le caractère partiel de nos observations, nous croyons que certaines conclusions préliminaires gagneraient à être diffusées dès maintenant. Il est clair que le batholite de Bourlamaque dans ces lieux que nous avons échantillonnés contient beaucoup d'or; nous opinons que cette haute teneur en or dans le batholite de Bourlamaque est beaucoup trop étendue et régulière pour être le fruit d'un enrichissement hydrothermal. Nous croyons plutôt que cette teneur est première.

Le batholite de Bourlamaque contient les mines Sullivan, Perron, Courvan, Beaufor, Belmoral, Bras d'Or et il est probable que la mine Siscoe ait son lieu sur un intrusif satellite du batholite de Bourlamaque; au total, ces mines cumulent 24% de la production totale d'or du camp minier de Val d'Or.

TABLEAU 9. TENEURS EN OR. INTRUSIFS ET FORMATIONS DES RÉGIONS DE VAL D'OR ET DE ROUYN-CADILLAC.

|  | ppb Au<br>Normalité |                 |                 |     | Remarques  |
|--|---------------------|-----------------|-----------------|-----|--|
|  | Méd.                | P <sub>84</sub> | P <sub>16</sub> | n   |  |
| VAL D'OR   |                     |                 |                 |     |  |
| Batholite de Bourlamaque                           | 21                  | 35              | 13              | 46  | Interprétation provisoire: échantillonnage de bordure surtout              |
| Formation de Héva                                  | 4,5                 | 12              | 1               | 18  | Interprétation provisoire  |
| Formation de Val d'Or                              | 18                  | 28              | 12              | 132 |  |
| Formation de Jacola                                | 4,2                 | 13,8            | 1,3             | 82  |  |
| Dubuisson-New Pascalis                             | 15,8                | 37,1            | 6,7             | 123 | Valeurs provisoires. Hautes teneurs en H <sub>2</sub> O et CO <sub>2</sub> |
| ROUYN-CADILLAC                                     |                     |                 |                 |     |  |
| Groupe de Blake River moitié supérieure mine Doyon | 28                  | 39              | 19              | 36  |  |
| Deguisier supérieur mine Dest-Or                   | 3,6                 | 8,8             | 1,5             | 88  |  |

#### 7.4 Les autres formations de la région de Val d'Or

Selon Imreh (1984), la formation de Jacola contient essentiellement des coulées ultramafiques, des coulées basaltiques et divers types de brèches. Nous avons échantillonné la formation de Jacola à la mine Kiena et sur la propriété Dufresnoy. Les 28 échantillons recueillis sur la propriété Dufresnoy ont tous donné des teneurs inférieures à 15 ppb Au par AANI et nous n'avons pas encore repris ces analyses par AANR. C'est pourquoi, nous avons retiré les échantillons Dufresnoy de l'analyse qui suit.

Les échantillons de la mine Kiena (Bourget 1986) définissent une population log-normale à médiane de 4,2 ppb ( $P_{84}$  à 13,8 et  $P_{16}$  à 1,3,  $n = 82$ ). Nous avons reproduit l'analyse graphique (figure 20); elle constitue un exemple meilleur qu'ordinaire de l'interprétation de ce genre de données.

Nous n'avons pas échantillonné la formation de Dubuisson dans ces lieux où Imreh l'a définie, soit surtout à l'ouest du batholite de Bourlamaque, mais nous l'avons échantillonnée sur la propriété New Pascalis, immédiatement à l'est du batholite. À l'ouest du batholite, Imreh définit la formation Dubuisson comme tholéitique et comprenant surtout des basaltes avec horizons intercalés de komatiites. Sur la propriété New Pascalis, les roches volcaniques sont intermédiaires et calco-alcalines (Lacroix, 1985); c'est pourquoi, nous utilisons provisoirement l'appellation Dubuisson - New Pascalis (figure 14) pour désigner cette partie de la colonne stratigraphique.

Nos données analytiques sur la propriété New Pascalis sont nombreuses (Lacroix 1985); toutefois, les roches volcaniques contiennent généralement 3,91%  $H_2O$  ( $\sigma = 0,93$ ) et 5,31%  $CO_2$  ( $\sigma = 3,95$ ). Il n'est donc pas certain que le métamorphisme ait été isochimique. Néanmoins, nous croyons reconnaître trois populations Au: normale, appauvrie et enrichie. Les paramètres statistiques sont fournis au tableau 9.

La formation de Héva, d'après Imreh, contient des basaltes massifs à octaèdres de magnétite, des basaltes coussinés et des volcanoclastites intermédiaires; à l'est du stock de East Sullivan, la formation Héva contient des coulées et des brèches de coulées andésitiques et

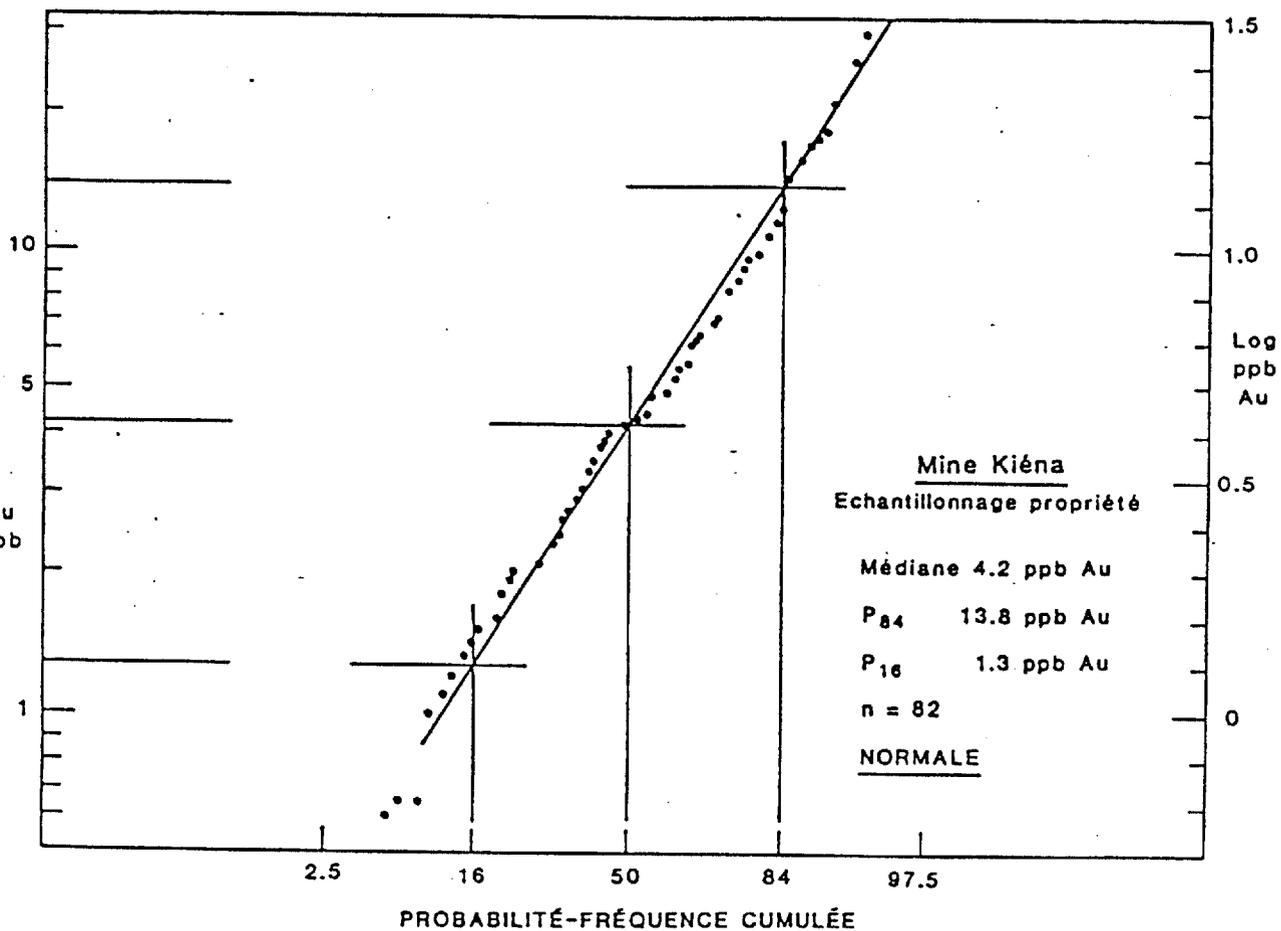


Figure 20: Log ppb Au versus probabilité de fréquence cumulée pour la mine Kiéna.

basaltiques et beaucoup de tuf intermédiaire à felsique. Nous l'avons échantillonnée sur la propriété Brominco. Notre interprétation est forcément provisoire (n = 16): médiane à 4,5 ppb Au; P<sub>84</sub> à 12 et P<sub>16</sub> à 1.

Nos observations sur les autres formations de la région de Val d'Or sont trop peu nombreuses pour permettre une interprétation. Nous sommes particulièrement anxieux de faire avancer nos observations dans le Groupe de Pontiac; déjà, au sud de Malartic, nous savons que les grauwackes contiennent beaucoup d'or (Gilbert 1984). De plus, nous avons cru utile d'intégrer au présent rapport les quelques observations sur la distribution Au faites sur les formations et gîtes des régions de Cadillac et Rouyn; elles donnent un peu plus de substance à nos conclusions.

#### 7.5 Autres formations, Cadillac et Rouyn-Noranda

Nous avons échantillonné le Groupe de Blake River à la mine Doyon. La section échantillonnée est la moitié supérieure du Groupe Blake River; à la mine Doyon, cette section comprend des tufs et laves intermédiaires à acides, des agglomérats, des volcanoclastites acides et l'ensemble est d'affinité calco-alcaline.

Cette formation est remarquable par sa haute teneur en or: médiane à 28 ppb Au (P<sub>84</sub> à 39 et P<sub>16</sub> à 19, n = 36). Nous signalons l'enrichissement autour du gîte ci-après.

À l'occasion de la recherche de A. Beaudoin à la mine Dest-Or, nous avons eu l'occasion d'échantillonner abondamment la partie supérieure de la formation Deguisier (Groupe de Kinojévis) autour de la mine Dest-Or. Les roches du Deguisier supérieur sont des gabbros (65%), des basaltes et des andésites (35%) d'affinité tholéitique. Les teneurs en or dans la roche normale sont basses: médiane à 3,6 ppb Au (P<sub>84</sub> à 8,8, P<sub>16</sub> à 1,5 et n = 88). Nous ferons état ci-après des enrichissements de zone et de gîte.

## 7.6 Premières conclusions

Il y a une distribution endogène de l'or dans les roches volcaniques et intrusives des régions de Val d'Or et Rouyn. À Val d'Or, nous avons montré que la formation de Val d'Or et la fraction de la formation Dubuisson qui affleure sur la propriété New Pascalis contiennent beaucoup d'or; médianes à 18 et 15,8 ppb Au. Les quartzodiorites des bordures sud et est du batholite de Bourlamaque contiennent aussi beaucoup d'or (médiane à 21 ppb Au). Les formations Héva et Jacola contiennent moins d'or: médianes à 4,5 et 4,2 respectivement.

Nos premiers travaux dans la région de Cadillac-Rouyn (Perrault et al. 1984) indiquent également une distribution stratigraphique de l'or. La moitié supérieure du groupe Blake River à la mine Doyon contient 28 ppb Au (P<sub>84</sub> à 39 et P<sub>16</sub> à 19, n = 36). Le Deguisier supérieur à la mine Dest Or contient 3,6 ppb Au (P<sub>84</sub> à 8,8 et P<sub>16</sub> à 1,5, n = 88).

Les formations étudiées à affinité calco-alcaline contiennent plus d'or; cette affirmation s'appuie pour le moment sur nos mesures des formations de Val d'Or, de Dubuisson - New Pascalis et de la moitié supérieure du Blake River. De plus, la quartzodiorite du batholite de Bourlamaque est d'affinité calco-alcaline et sa teneur normale en or est élevée. Les formations tholéitiques de Héva, de Jacola et de Deguisier supérieur contiennent moins d'or.

## 7.7 Halos endogènes d'or autour des gîtes

Nos premiers échantillonnages dans le pourtour immédiat des veines de la mine Lamaque nous ont montré qu'il y a enrichissement en or autour des veines (figure 21). Malheureusement, nous n'avons pu mener à terme ces échantillonnages et pour le moment, à la mine Lamaque, on peut constater un enrichissement à 50 ppb Au sur au moins 2 m dans l'éponte supérieure des "flats" (sic. veines quasi-horizontales de la mine no 2). Il est probable que cet enrichissement soit plus considérable, mais nous n'avons pas pu documenter davantage. Faute de mieux, nous estimons que le halo peut faire environ 10 m à la cote de 30 ppb Au.

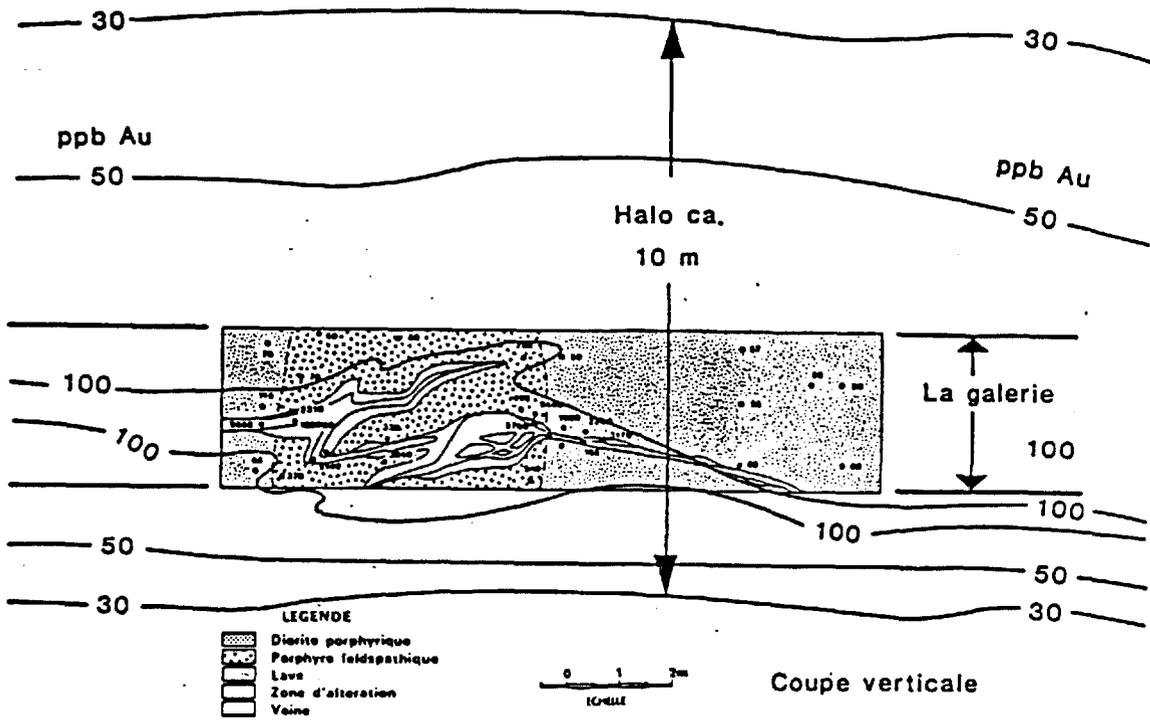


Figure 21: Distribution de l'or autour d'une veine aurifère horizontale ("flat") de quartz-carbonate-tourmaline, mine Lamaque, Val d'Or. D'après Perrault et al. (1984). Les contours sont en ppb Au.

Il y a un halo d'or important associé au gîte Dest-Or. Ce gîte de 2,44 Mt à 4,29 g/t Au donne un halo de gîte d'environ 100 m de large à la cote 20 ppb Au (figure 23), mais il donne aussi un halo de zone à teneur de 7 à 20 ppb Au; sur la propriété Dest-Or, 25% de la surface totale fait plus de 7 ppb Au et nous avons désigné ces aires, halos de zone (figure 22).

Il y a un halo d'or important autour du gîte no 2 (ca. 10 Mt à 5,2 g/t) de la mine Doyon. Ce halo fait environ 400 m à la cote de 50 ppb Au. Ce halo est plus ample dans les épontes supérieures que dans les épontes sous-jacentes; il coïncide d'ailleurs avec une zone de schiste à sérécite des épontes supérieures. Nous avons aussi mesuré des halos endogènes d'or autour des veines de la mine Sigma et autour du gîte S-50 de la mine Kiena. Nous regroupons et résumons ces observations au tableau 10.

TABLEAU 10. HALOS ENDOGÈNES D'OR AUTOUR DE GÎTES D'OR CONNUS, RÉGION DE VAL D'OR - CADILLAC - ROUYN.

|                           | Au, ppb      |                              |                   | Référence                               |
|---------------------------|--------------|------------------------------|-------------------|---|
|                           | Teneur seuil | Teneur formation encaissante | Largeur du halo m |   |
| "Flats" mine no 2 Lamaque | 30           | 18                           | 10                | Perrault et al. 1985<br>Daigneault 1983 |
| Veines mine Sigma         | 30           | 18                           | 10                |   |
| Zone S-50 mine Kiena      | 20           | 4                            | 200               | Bourget<br>(en préparation)             |
| Zone no 2 mine Doyon      | 50           | 28                           | 400               | Perrault et al. 1985                    |
| Mine Dest-Or              | 20           | 4 (1)                        | 100               | Beaudoin et al. 1986                    |

(1) Avec halo de zone, 7 à 20 ppb Au

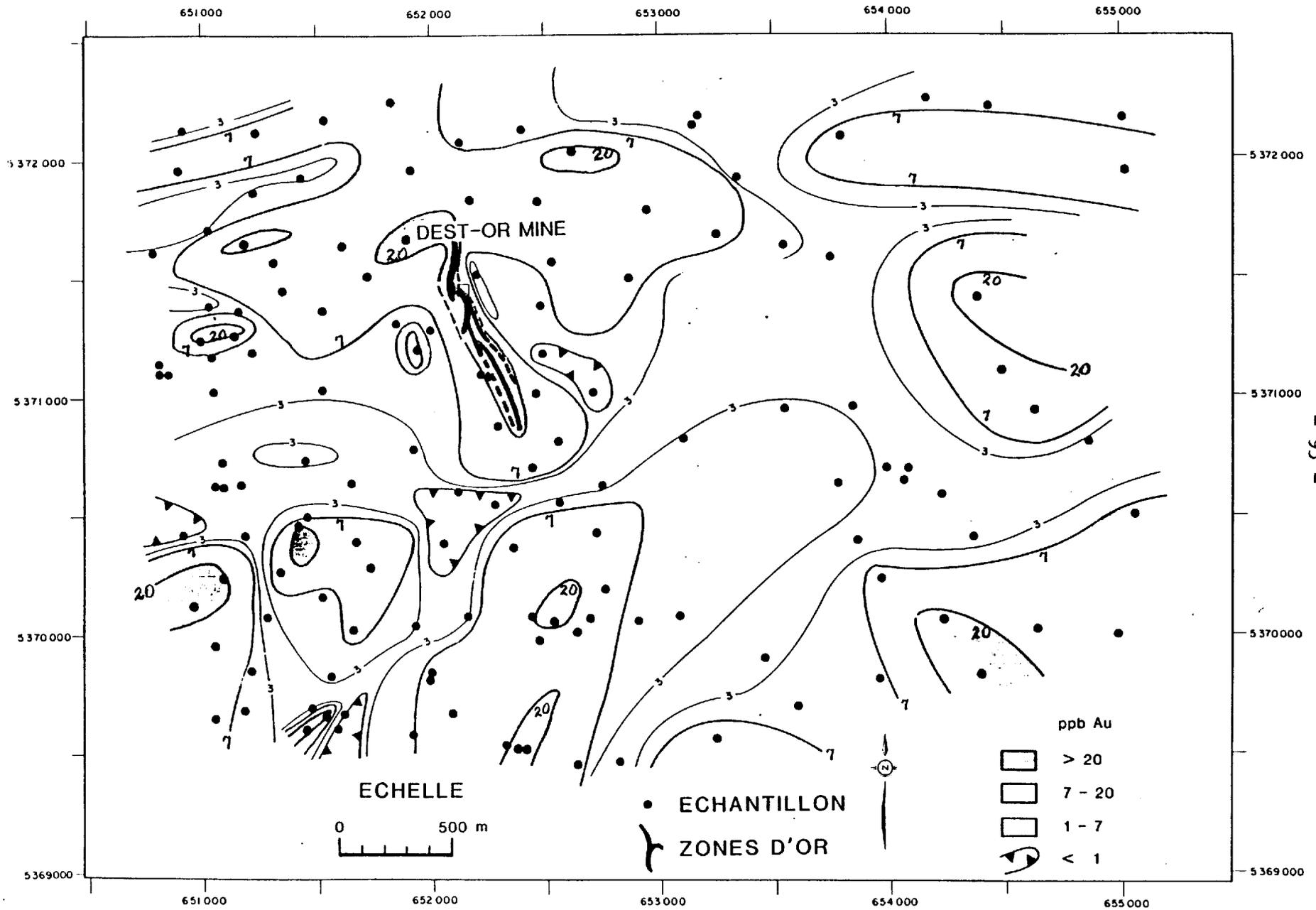


Figure 22: Distribution de l'or sur les propriétés Dest-Or et Bassignac. Observer le halo d'or autour du gîte Dest-Or et les halos de zone (>7 ppb Au). D'après Beaudoin et al. (1986).

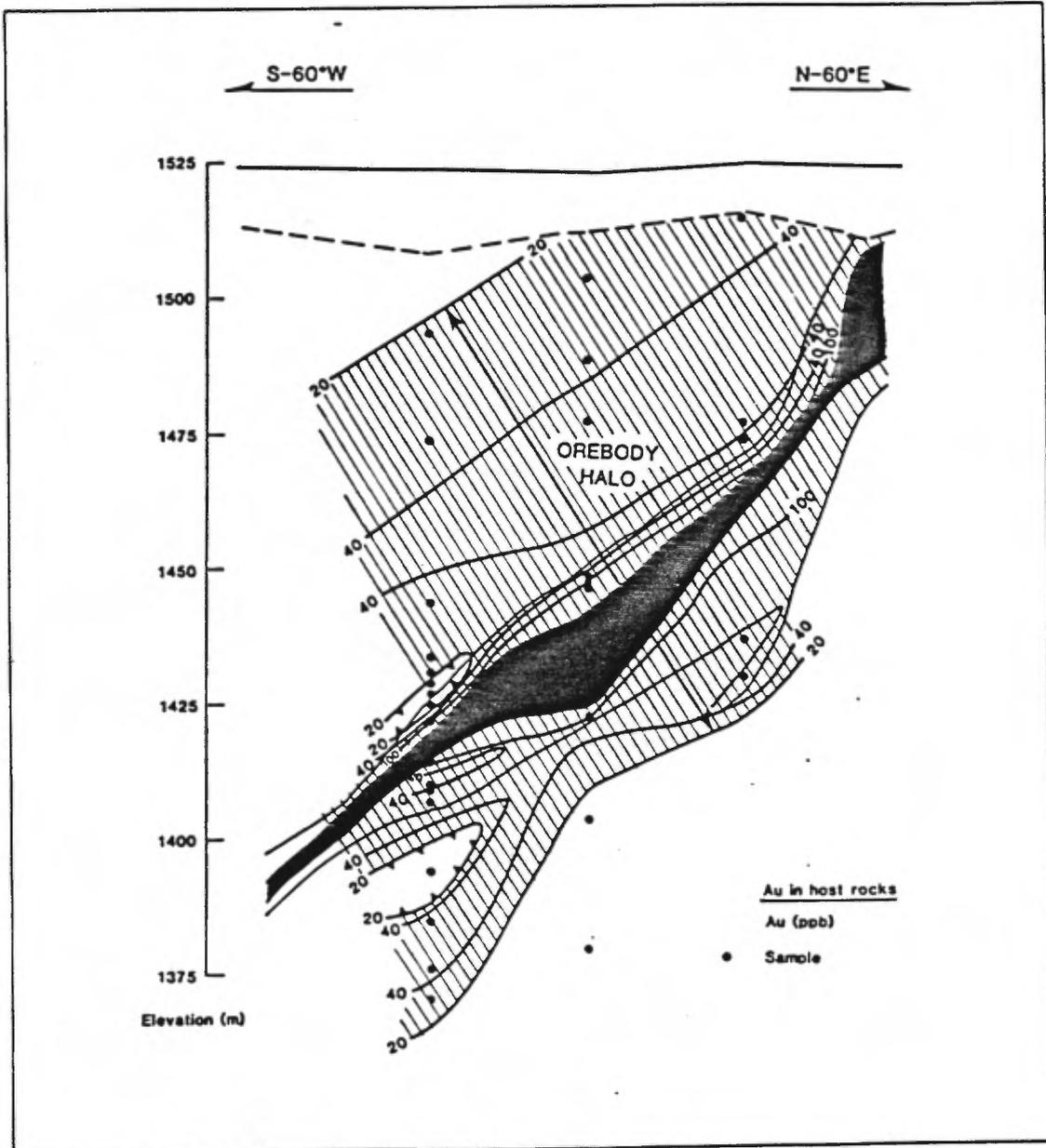


Figure 23: Détail du halo de gîte, mine Dest-Or, section verticale 165N. D'après Beaudoin et al. (1986).

### 7.8 Deuxièmes conclusions

Les gîtes d'or sont enveloppés de halos endogènes d'or. Les dimensions de ces halos varient: environ 10 m pour des veines du genre Lamaque et Sigma, 100 à 200 m pour des zones de brèches minéralisées du genre Dest-Or et Kiena, 400 m pour le gîte no 2. de Doyon avec éponte vraisemblablement très poreuse (aujourd'hui schiste à séricite). Pour ces gîtes pentés (40 à 70°), le halo endogène est plus large dans les épontes supérieures que dans les épontes inférieures. Les valeurs seuils varient de 20 à 50 ppb Au.

### 7.9 Considérations gîtologiques

Dans des travaux antérieurs (Taner et Perrault 1985), nous avons montré qu'au pourtour des gîtes d'or de la mine Lamaque, il existe des "trous" dans la distribution de l'or, lieux où les teneurs sont centrées sur 1,5 ppb Au (P<sub>84</sub> à 2,8 et P<sub>16</sub> à 0,8). Nous avons qualifié ces distributions de appauvries: lixiviées par solutions hydrothermales. Ces trous font 20% de la surface de la propriété Lamaque: ils ont été observés sur une longueur de 5 km, mais il peuvent vraisemblablement s'étendre sur 10 km dans une direction E-O. On les a observé sur 1 km d'épaisseur de roches volcaniques; ils peuvent vraisemblablement occuper les 3 km d'épaisseur de la formation de Val d'Or à la hauteur des mines Lamaque et Sigma. Ces trous à 1,5 ppb Au contrastent avec les teneurs normales à Lamaque qui sont centrées sur 15 ppb Au.

Si l'on suppose que ces "trous" s'étendent en profondeur sur 3 km, voilà un volume de  $10 \times 3 \times 3 \times 20\% = 18 \text{ km}^3$  possiblement lixivié d'une partie de son or. Pour une teneur initiale de 15 ppb Au et une teneur après lixiviation de 1,5 ppb Au, l'or lixivié du volume de  $18 \text{ km}^3$  fait environ 729 t Au. On peut aussi accepter qu'environ 20% de cet or sera dispersé en halo endogène; d'où un reste de 583 t Au, possiblement fixé dans des gîtes minéraux. Les productions cumulées des mines Lamaque et Sigma font 250 t Au. Le solde (sic. 333 t Au) pourrait fort bien être constitué de gîtes d'or à découvrir, de gîtes érodés et d'amas minéralisés sub-économiques. Grosso modo, nous opinons qu'il y a balance

géochimique de l'or à l'intérieur de ce volume de  $10 \times 3 \times 3 \text{ km}^3$ . Nous avons aussi retrouvé des "trous" d'or sur la propriété New Pascalis: malheureusement nos observations ne sont pas suffisamment complètes pour permettre des opinions semblables sur les minéralisations de ce secteur. Les pourtours immédiats de Dest-Or, Kiena et Doyon ne montrent pas de trous semblables.

Nos observations tendent à montrer que les formations à haute teneur normale en Au contiennent plus de gîtes d'or que les autres: 71% de l'or produit à Val d'Or était contenu dans des gîtes de la formation de Val d'Or et 24% dans le batholite de Bourlamaque, tous deux riches en Au. Il en est de même du gîte Doyon contenu dans une partie calco-alcaline du Blake River qui contient 28 ppb Au.

#### 7.10 "Normalité" en or

Notre entendement de la géochimie de l'or est très partiel et les mesures de son abondance dans les diverses roches de la croûte et du manteau sont trop peu nombreuses pour vraiment catégoriser quantitativement. La plupart des auteurs (voir entre autres Boyle 1979, Crocket 1973, Fryer et al. 1979) s'accordent pour reconnaître que les roches des ceintures de roches vertes archéennes contiennent peu d'or: 0,8 à 1,7 ppb Au dans des régions non minéralisées, et 1,2 à 4,8 ppb Au dans la région minéralisée de Timmins (Fyon et al. 1983 et Fryer et al. 1979). Somme toute, rien dans ces teneurs normales ne laisse prévoir les "normalités" que nous avons observées pour les formations Val d'Or, Dubuisson - New Pascalis et Blake River.

Pourtant, certaines observations nous portent à penser que certaines formations des ceintures de roches vertes archéennes contiennent plus d'or que le 1 à 4 ppb Au ci-avant. Fryer et al. (1979) donnent quand même plusieurs valeurs de 30 ppb Au pour des andésites faiblement "minéralisées" de la région de Timmins. Sur un ensemble d'environ 500 valeurs d'or pour des roches de ceintures volcaniques archéennes, Goodwin (1984) en donne environ 60 supérieures à 10 ppb Au et certains de ses diagrammes fréquence versus log ppb Au contiennent des suggestions de modes à  $\text{Au} > 10 \text{ ppb}$ .

Somme toute, nous soutenons que certaines formations des ceintures de roches vertes archéennes ont des teneurs NORMALES en Au plus élevées (15 à 30 ppb Au) et que plusieurs ensembles de données récentes mériteraient d'être examinés avec cette observation à l'esprit. Nous repoussons ainsi l'enrichissement en or de la formation à la chambre magmatique, voir même au manteau terrestre.

### 7.11 Conclusions

Nous regroupons nos principales conclusions:

- 1- Plusieurs formations de la région de Val d'Or - Cadillac - Noranda telles les formations de Val d'Or, de Dubuisson - New Pascalis et de Blake River ont des teneurs normales élevées en or (15 à 30 ppb Au). Le batholite de Bourlamaque contient aussi beaucoup d'or (ca. 22 ppb Au).
- 2- Ces masses intrusives et formations contiennent des gîtes d'or importants: Lamaque, Sigma, Sullivan, Perron, Courvan, Beaufor, Belmoral, Bras d'Or et Doyon.
- 3- La plupart des gîtes d'or sont enveloppés d'un halo endogène d'une portée de 10 à 400 m; la valeur seuil des enrichissements varie de 20 à 50 ppb Au.
- 4- L'échantillonnage régional et l'analyse des ppb Au peuvent permettre de trouver de nouvelles formations et de nouvelles masses intrusives à haute teneur en Au.

### 8. GENÈSE

Le gisement Akasaba semble formé lors de la déposition des couches volcaniques supérieures ou peu après. Par contre, les dernières veines à la mine Sigma ce sont formées tard dans l'orogénèse, après le basculement à la verticale des couches volcaniques. Elles résultent cependant de contraintes régionales. Les veines formées par des contraintes d'orientations différentes doivent être plus anciennes que celles de Sigma. Tous les gisements aurifères ont de grandes

ressemblances et appartiennent probablement à une même famille. La période de minéralisation aurifère a pu s'étendre du temps de déposition des laves supérieures jusqu'à la fin de l'orogénèse.

Le tableau 11 indique les éléments chimiques ajoutés dans les veines et leurs épontes altérées. Son but est de souligner la différence entre les gisements Akasaba et Stabell et les autres gisements aurifères.

TABLEAU 11: ÉLÉMENTS AJOUTÉS DANS LES VEINES ET LES ÉPONTES ALTÉRÉES AVEC TENEUR APPROXIMATIVE DE CERTAINS ÉLÉMENTS DANS LES VEINES ET ÉPONTES (PLUSIEURS VALEURS SONT TIRÉES DE KERRICH, 1983).

| Addition        | Type I, veines usuelles<br>Lamaque, Sigma, etc. | Type II, Akasaba<br>et Stabell |
|-----------------|---|--------------------------------|
| CO <sub>2</sub> | oui, 5-10%                                      | non                            |
| B               | souvent, 0-4000 ppm                             | non                            |
| Si              | oui   | non à Akasaba                  |
| K               | oui   | faible, locale                 |
| Na              | oui   | non                            |
| Ca              | oui   | oui à Akasaba                  |
| Fe              | non   | oui                            |
| S               | oui, 0,5-2%                                     | oui, 2-5%                      |
| Au              | oui, ~ 10 ppm                                   | oui, ~ 10 ppm                  |
| Ag              | peu   | oui, 5-50 ppm                  |
| Bi              | oui   | oui                            |
| Te              | oui   | oui                            |
| W               | oui, ~ 10 ppm                                   | ?                              |
| Cu              | non, ~ 40 ppm                                   | oui, 5000 ppm                  |
| Zn              | non, ~ 40 ppm                                   | oui, (500 ppm?)                |
| As              | non, 3 ppm                                      | non                            |
| Sb              | non, 0,3 ppm                                    | non                            |

Kerrich (1983) a étudié la géochimie des veines et calculé des "facteurs d'enrichissement" des éléments qui sont les rapports de la teneur de ces éléments dans les veines et dans les épontes non altérées. Dans le cas de la mine Lamaque, ces facteurs d'enrichissement sont d'environ 3000 pour l'or, 1000 pour le bore, 10 pour le tungstène, 2 seulement pour l'argent, l'arsenic et l'antimoine et aucun enrichissement notable pour le cuivre, le zinc et le plomb. Ces facteurs semblent acceptables pour presque tous les gisements de Val d'Or. Il n'y a pas de données pour le bismuth et le tellure, mais leurs facteurs d'enrichissement sont sûrement élevés. Un point fondamental de Kerrich (op. cit.) est que ces facteurs d'enrichissement sont typiques des filons aurifères archéens et ils sont franchement différents de ceux des gîtes de métaux de base de type sulfures massifs volcanogènes. Leurs systèmes hydrothermaux doivent être bien différents.

Les gisements d'Akasaba et de Stabell se distinguent des autres par une carbonatation négligeable et par un enrichissement marqué en cuivre, en zinc, en argent, en fer et en soufre. Ces distinctions reflètent probablement des différences dans la composition des solutions minéralisatrices. Le gisement Akasaba semble ancien. Stabell pourrait l'être aussi. Il y a peut-être eu évolution graduelle des solutions volcanogènes aux solutions métamorphogéniques.

Les solutions minéralisatrices étaient en déséquilibre chimique avec les épontes comme l'atteste clairement les bordures altérées des veines. Kerrich (op. cit.) a également souligné le déséquilibre dans les isotopes, dans les terres rares et dans l'état d'oxydation-réduction entre les veines et leurs épontes. En conséquence, les fluides aurifères peuvent difficilement venir des épontes par sécrétion latérale comme certains l'ont proposé. Ils pourraient cependant être générés par métamorphisme de ces mêmes formations situées à plus grande profondeur.

En se basant sur des considérations surtout géochimiques, Kerrich (1983) et Colvine et al. (1984) en sont venus à la conclusion que les gîtes d'or des ceintures volcaniques archéennes se sont formés à partir de solutions hydrothermales riches en CO<sub>2</sub> et de dérivation métamorphique. Le faible rapport fluide/roche à la source et la basse teneur en éléments halogènes limitent la mise en solution des métaux de base et

leur "facteur d'enrichissement" (Kerrick et Hodder, 1982). Colvine et al. (op. cit.) soulignent que les inclusions fluides des filons aurifères se distinguent par leur haute teneur en CO<sub>2</sub> des inclusions de la plupart des autres types de gîtes minéraux. La forte carbonatation des épontes des veines s'explique donc. Colvine et al. (op. cit.) font appel à des zones tectoniques majeures avec failles inverses ou transverses pour focaliser les solutions. Kerrich (1983) mentionne des zones de rift avec failles listriques qui peuvent se changer plus tard en failles inverses. Cependant, d'autres facteurs sont peut-être requis, car le métamorphisme est fréquent, mais les provinces aurifères sont rares.

Nous avons montré que les teneurs en or sont élevées dans de grandes étendues de roches calco-alcalines de Val d'Or. Le métamorphisme de la partie profonde de ces formations a pu favoriser la génération de fluides enrichis en or. Ça n'explique pas pourquoi ces formations sont enrichies au départ, ni à quel moment elles l'ont été.

L'association spatiale et temporelle entre la minéralisation aurifère et certains intrusifs surtout calco-alcalins a été montrée. Elle n'implique pas cependant que les solutions minéralisatrices dérivent de la cristallisation d'un magma. Les intrusifs connus à Lamaque et à Sigma semblent bien trop petits pour générer les quantités considérables de solutions requises. Un intrusif plus gros en profondeur est possible, mais les solutions peuvent être aussi métamorphogéniques. L'association entre solutions minéralisatrices et magma tiendrait alors à leur génération simultanée durant l'orogénèse.

## 9. RECHERCHES À POURSUIVRE

D'excellentes études ont été faites par Robert et al. (1983) et par Daigneault et al. (1983) sur la métallogénie des gisements du district. D'autres sont en cours. Malheureusement, beaucoup de gisements sont maintenant inaccessibles et beaucoup d'informations utiles ont été perdues. Vu la nature éphémère des mines, tous les gisements activement exploités devraient être étudiés en détail et une description devrait être publiée. Des études compréhensives de gîtes individuels

devraient se poursuivre. Un aspect négligé des études passées est le lien possible entre volcanologie et minéralisation. Le cas de Lamaque est probant: les roches volcaniques n'ont jamais été décrites et leurs relations avec les cheminées intrusives sont mal connues.

La structure est aussi peu connue, la déformation n'ayant jamais été étudiée systématiquement et à travers toute la région. Les quelques travaux disponibles se limitent surtout à des études ponctuelles sur quelques gisements. De même, la structure des veines n'a été décrite en détail qu'à Sigma et à la mine no 2 de Lamaque. La courte description de Karvinen (1985) montre que les veines de la mine principale de Lamaque étaient riches en caractères structuraux non décrits. Une étude structurale et comparative des systèmes de veines dans tous les gisements accessibles devrait être effectuée dans le cadre de l'étude tectonique régionale.

Une étude pétrographique et chimico-stratigraphique de la partie orientale de la formation Héva et d'une partie de celle de Val d'Or serait bien utile. En plus des roches volcaniques mal connues de Lamaque, la séquence comprend les gisements de East Sullivan, de Manitou et de Dunraine, le gisement volcanogène (?) Akasaba et quelques autres. L'altération métasomatique est très étendue à Akasaba, mais la composition originale des épontes n'est pas connue. Le métasomatisme est nettement différent du métasomatisme magnésien qui accompagne souvent les gisements de sulfures massifs et du métasomatisme en CO<sub>2</sub> des gisements aurifères. L'étude chimico-stratigraphique permettrait de caractériser les unités principales et aiderait à reconnaître les altérations variées dans les tufs. Le barium et le strontium semblent enrichis dans des intrusifs favorables à Lamaque et à Camflo. D'autres intrusifs également enrichis pourraient être découverts.

La relation granophyre et or dans Louvicourt est intrigante et devrait être poursuivie. D'ailleurs, une bonne part du "Golden Mile" de Kalgoorlie est dans un granophyre.

Les études de distribution de l'or (en ppb) dans les roches des diverses formations de la région de Val d'Or méritent d'être poursuivies: il serait particulièrement utile d'établir quelles sont les teneurs normales en Au pour la formation de Héva, de Dubuisson, de

quelques unités lithologiques du groupe de Pontiac et du stock monzonitique de East Sullivan. En un deuxième temps, il nous semblerait utile de faire des études semblables pour les roches du sillon de Lamotte-Vassan et pour le batholite de Lacorne.

Beaucoup reste à faire dans l'étude des gisements de Val d'Or. Les travaux sur les halos d'or et sur les inclusions fluides n'ont débuté que récemment. Les études d'isotopes stables se limitent encore aux travaux de Kerrich (1983). Nous ne traitons pas de ce sujet dans ce rapport, mais il serait intéressant de faire le point sur l'application des méthodes géophysiques à la recherche des gîtes d'or et à la solution de certains problèmes tectoniques du district.

## 10. EXPLORATION

Nous laisserons aux spécialistes le soin de traiter de l'application des techniques de géophysique et de géochimie des sols à la prospection pour l'or. Notons cependant que de grands secteurs peu affleurants du district se prêteraient à la technique de forage à circulation renversée qui s'est avéré efficace à plusieurs endroits (en particulier pour les découvertes du canton Casa-Berardi).

### 10.1 Géochimie

Les zones d'altérations intenses observées autour des veines aurifères des mines Lamaque et Sigma sont malheureusement très étroites: les zones d'altération identifiables à l'oeil nu font entre 5 et 50 cm en bordure des veines. Ces zones d'altération ont davantage d'intérêt pour l'exploitant minier que pour l'explorateur: les veines à larges bordures d'altération sont riches et vice versa. Pour l'explorateur, la bordure d'altération visible de 5 à 50 cm ne rend pas la cible (sic. la veine aurifère) beaucoup plus grande! Le gîte Kiena, à l'étude chez nous actuellement (Bourget, A., thèse M.Sc.A. en cours) est susceptible de comporter une altération sur une plus grande distance depuis la structure minéralisée, mais nos observations pétrographiques sur les roches altérées ne se prêtent pas encore à interprétation.

La diorite de la cheminée principale de Lamaque est nettement enrichie en Sr (Daigneault et al., 1983). Les travaux de Chainey (1983) indiquent un enrichissement en Ba et en Sr dans l'intrusif minéralisé de Camflo. Ces éléments pourraient servir à distinguer les cheminées favorables.

Les gisements filoniens aurifères s'entourent généralement d'un grand nombre d'indices constitués de petites veinules aurifères. En stimulant la prospection, ces indices ont été à l'origine de beaucoup de découvertes.

Contrairement aux gisements filoniens, le gisement volcanogène (?) Akasaba est accompagné d'une large zone d'altération qui s'étend sur quelques centaines de mètres. La couche de tuf qui le contient est enrichie en magnétite et en pyrrhotite. La lave mafique et le tuf sous-jacent sont très riches en épidote et semblent fortement enrichis en calcium. L'étendue des zones altérées devrait favoriser la prospection par techniques géochimiques.

La dispersion de l'or dans les épontes des gîtes constitue encore, à notre avis, le meilleur argument géochimique pour l'exploration. Les quelques études que nous avons réalisées à Lamaque et à Sigma montrent que la teneur en or des épontes des veines aurifères est sensiblement plus haute que la teneur de la roche encaissante (30 ppb Au versus 15) et ce, sur une distance de l'ordre de 10 m, soit beaucoup plus que la largeur de la zone d'altération visible. Même là, 10 m d'anomalie géochimique autour d'une veine aurifère, c'est bien peu.

L'anomalie Au autour du gîte Kiena est toutefois beaucoup plus importante (200 m à 20 ppb Au, dont 100 m à 100 ppb Au). Il est donc pensable que les mesures Au en ppb dans une région à explorer puissent aider à la découverte d'un gîte via l'identification d'un halo.

Au-delà des halos de gîtes, nous avons aussi fait valoir que certaines formations (e.g. Val d'Or) et certains intrusifs (e.g. le batholite de Bourlamaque) sont riches en or (15<sup>+</sup> ppb Au). Pour le moment, nous constatons que ces formations et intrusifs riches en or contiennent de nombreux gîtes. En levé de grande reconnaissance, il est donc possible d'identifier ces formations riches en Au et les reconnaître comme régions favorables à l'exploration détaillée.

## 10.2 Géologie, métallotectes

Imreh (1984) a discuté en détail des métallotectes, c'est-à-dire des facteurs ou phénomènes géologiques empiriquement favorables à la minéralisation d'or. Latulippe (1976) a également souligné les critères stratigraphiques, structuraux et chimiques favorables. Nous nous bornerons donc à une simple énumération des métallotectes locaux, notre rapport ayant d'ailleurs touché plusieurs de ces points.

- 1- Faille et zone tectonisée régionale, comme la faille de Cadillac.
- 2- Faille locale et pli, zone de flexion.
- 3- Strates ou lithologies différentes présentant un contraste de ductilité.
- 4- Intrusions dioritiques ou quartzodioritiques, souvent porphyriques. Dans les gros intrusifs comme le batholite de Bourlamaque, les secteurs injectés par des petits intrusifs nombreux sont plus favorables, exemple: Sullivan.
- 5- Zones altérées ou métasomatisées: carbonatation, chloritisation, silicification, etc. Les intrusifs métasomatisés sont favorisés: Lamaque, Siscoe.
- 6- Granophyre dans les filons de diorite, du moins dans le secteur de Louvicourt.
- 7- Environnement pyroclastique proximal. Les plus gros gisements de Val d'Or sont près d'un centre d'émission volcanique.
- 8- Roches riches en fer: Les gites Akasaba, Louvicourt Goldfield et Greene-Stabell sont dans des roches mafiques où le rapport Fe/Mg est très élevé. Latulippe (1976) a insisté sur l'association fer et or et rappelé que les mines Camflo et Chimo (dans les cantons de Malartic et Vauquelin respectivement) sont à proximité de formations de fer.

## 11. CONCLUSIONS

Durant les cinquante années de son existence, le camp minier de Val d'Or a déjà produit 30% de l'or du Québec.

Après une année de recherche dans le cadre de notre convention avec le M.E.R., nous concluons que la focalisation scientifique que nous avons commencée sur les gîtes d'or de Val d'Or est utile; elle nous a permis de reconnaître:

- plusieurs espèces de gîtes: filon de quartz-carbonate-tourmaline, réseau de veines miné en vrac, zones de cisaillement, zones de brèche carbonatisée et minéralisée, gîte disséminé volcanogène;
- un lien structural: les axes intermédiaires des contraintes dans les gîtes sont est-ouest dans un milieu de déformation régionale où les axes de plis sont est-ouest;
- des liens stratigraphiques: la formation de Val d'Or est riche en or, le gîte Akasaba semble volcanogène et a son lieu au sommet de la formation Héva;
- un lien avec le volcanisme: les deux principaux gîtes, Lamaque et Sigma, sont près d'un centre d'émission volcanique;
- un intrusif riche en or: la quartzodiorite du batholite de Bourlamaque et du pluton de Bevcon;
- un métamorphisme régional dont le paroxysme a précédé les veines tardives et dont le fluide peut avoir été l'agent minéralisateur;
- une minéralogie spécifique: les tellurures sont nombreux et la pyrite est l'associé principal de l'or;
- un lien géochimique: le bore est enrichi dans le minerai alors que l'arsenic et l'antimoine ne le sont pas.

Nous estimons que le district minier de Val d'Or contient encore autant de gîtes d'or qu'on en a exploité. Ils seront sans doute plus difficiles à trouver; les régions moins explorées dont plusieurs sont prometteuses sont recouvertes d'une couche épaisse de mort terrain.

L'exploitation d'une mine d'or est nécessairement limitée dans le temps; quelquefois, la chose est éphémère et les gisements deviennent vite inaccessibles. Il est important de bien documenter la gîtologie de chacune des exploitations alors que l'exploitation dure. Voici une

énumération de certaines espèces d'observations que nous avons faites récemment, chaque fois avec l'impression d'avoir amélioré notre entendement des gîtes en cause:

- géologie structurale détaillée;
- cartographie des structures minéralisées (e.g. 1/200);
- définition du grade métamorphique, cartographie des isogrades, relations aux grandes et aux petites intrusions;
- définition de la minéralogie et de la géochimie de la minéralisation aurifère; e.g. 50 éléments sur 10 échantillons représentatifs d'un minerai;
- définition de la minéralogie et de la géochimie de l'altération centrée sur le gîte;
- étude de la granulométrie et du titre de grains d'or, définition des minéraux associés (tellurures ou autres);
- définition de la relation or-pyrite, or-arsénopyrite, granulométrie de la pyrite;
- détermination des teneurs normales en Au des formations hôtes;
- étude de la dispersion de l'or autour des gîtes.

Il serait souhaitable d'assurer qu'un gîte soit connu au moins suivant ces paramètres avant que son exploitation soit terminée.

Au-delà de cette remarque générale au titre de recherche à faire, nous signalons plusieurs recherches spécifiques au camp minier de Val d'Or ci-après:

- étude structurale et comparative des systèmes de veines dans tous les gisements accessibles;
- étude pétrographique et chimico-stratigraphique de la partie orientale de la formation de Héva et d'une partie de celle de Val d'Or;
- étude de la relation gabbro-granophyre-minéralisation aurifère à Louvicourt Goldfield et à Sigma-2;
- définition de la distribution de l'or dans les formations de Héva et Dubuisson et dans le groupe de Pontiac.

Pour un progrès équivalent à un saut quantique dans la métallogénie de l'or, nous croyons que les efforts de recherche doivent être concertés et soutenus pour une décennie.

## 12. REMERCIEMENTS

Le travail dont il est fait état dans ce rapport a demandé une concertation:

- des scientifiques du Ministère de l'Énergie et des Ressources,
- du personnel scientifique et professionnel de l'industrie,
- des scientifiques du milieu universitaire.

Du M.E.R., nous désirons spécifiquement remercier les officiers responsables de la coordination avec nous, Laszlo Imreh et Alain Simard; nous remercions aussi le personnel du M.E.R. de Val d'Or, Maurice Latulippe, Marc Germain et Denis Racicot.

Nous avons remercié spécifiquement les professionnels de l'industrie qui ont collaboré dans les mémoires sur chacune des mines. Plusieurs ne s'y retrouvent pas à ce titre et nous désirons les remercier ici: A. Audet (Sigma), W. Karvinen (Karvinen and Assoc., Kingston, Ontario), G. Imbault (Lamaque), J. Descarreaux (Descarreaux et Assoc., Val d'Or), J. Boissonneault et J.P. Cloutier (Falconbridge Exploration), A. Gagnon (Kiena), G. Gagnon (SOQUEM), J. Gill (Brominco) et plusieurs autres. Bon nombre de sociétés minières ont non seulement fourni la collaboration de leur personnel mais ont aussi fourni un appui financier à un projet de recherche spécifique, dont Sigma, Lamaque, Brominco et SOQUEM.

Nous remercions nos collègues de l'École Polytechnique et de l'Université de Montréal pour les discussions utiles, la lecture de manuscrits et la collaboration à la direction de travaux spécifiques; nous désirons tout particulièrement remercier R. Darling, M.F. Taner et A.C. Brown, J. Béland, C. Hubert et feu L. Gélinas. Bon nombre d'étudiants ont contribué à notre entendement des gîtes de Val d'Or; la liste est trop longue pour qu'elle soit faite ici, mais qu'il suffise de remarquer que nous en comptons 12 dans la liste de références.

Finalement, nous avons utilisé nos fonds de recherche CRSNG (subventions A-1180 de G.P. et A-0635 de P.T.) et FCAR (EQ-2148 de A.C. Brown, G.P. et P.T.) pour certains des travaux en laboratoire.

Nonobstant la large mesure de collaboration reçue, nous assumons l'entière responsabilité pour les propos tenus et les idées émises dans ce rapport.

13. BIBLIOGRAPHIE

- AMES, H. G. (1948): Perron mine. Dans: "Structural geology of Canadian ore deposits". Can. Inst. of Mining and Metallurgy, Jubilee volume, pp. 893 à 898.
- BABINEAU, Jacques (1983): Carte géologique et structurale de la région du lac Malartic. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DP 83-20, 1 carte.
- BEAUDOIN, A., PERRAULT, G., and BOUCHARD, M. (1985): Distribution of Gold around the Dest-Or Orebody, Noranda District, Abitibi, Quebec. 11th International Geochemical Exploration Symposium, Toronto, May 1985. Abstract in Program with Abstracts, p. 39.
- BEAUDOIN, A. (1985): Pétrographie et géochimie de l'altération reliée au gîte aurifère Dest-Or, Abitibi, Québec. Thèse M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, octobre 1985.
- BÉDARD, P. (1976): La mine Lamaque. Excursion géologique, la région de Val d'Or-Malartic. Min. Rich. Nat du Québec, DP-367, pp. 107-117.
- BÉDARD, P. et IMBAULT, G. (1980): Compagnie minière Lamaque 1964 Limitée. Gold Symposium and Field Excursion, Val d'Or - Kirkland Lake - Timmins. Can. Inst. Mining and Metallurgy, pp. 52-60.
- BERTONI, C. H. (1983): Gold production in the Superior Province of the Canadian Shield. CIM Bulletin, 76, no 857, pp. 62-69.
- BOURGET, A. (1986): Distribution de l'or autour du gîte S-50, mine Kiéna, Québec. Thèse M.Sc.A., à être déposée en 1986.
- BOYLE, R. W. (1979): The geochemistry of gold and its deposits. Commission géologique du Canada, Bulletin 280, 584 p.
- CAMPIGLIO, C. (1977): Batholite de Bourlamaque. ES-26, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.
- CAMPIGLIO, C. et DARLING, R. (1976): The geochemistry of the Archéan Bourlamaque batholith, Abitibi, Quebec. Canadian Jour. of Earth Sciences, 13, pp. 972-982.
- COOKE, H. C., JAMES, W. F. et MAWDSLEY, J. B. (1931): Geology and ore deposits of Rouyn-Harricanaw region, Quebec. Geological Survey of Canada, Mem. 166, 314 p.
- CROCKET, J. H. (1973): Gold. In "Handbok of Geochemistry"; éd. K. H. Wedepohl; 79. Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg & New York.
- DAIGNEAULT, R. (1983): Géologie et géochimie du gisement d'or de la mine Lamaque, Val d'Or, Québec. Mémoire de maîtrise ès sciences appliquées, département de Génie minéral, École Polytechnique, 174 p.

- DAIGNEAULT, R., PERRAULT, G. et BÉDARD, P. (1983): Géologie et géochimie de la mine Lamaque, Val d'Or, Québec. Bull. Institut Canadien des Mines et Métallurgie, vol.. 76, pp. 111-127.
- DARLING, R., VU, L., POPOV, V., DUSSAULT, C. et WAITZENEGGER, B. (1985): Géologie de la mine Belmoral, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 11<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 47 p.
- DIMROTH, E., IMREH, L., ROCHELEAU, M. et GOULET, N. (1982): Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. Canadian Jour. of Earth Sciences, 19, pp. 1729-1758.
- DIMROTH, E., IMREH, L., GOULET, N. et ROCHELEAU, M. (1983): Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model, Canadian Jour. of Earth Sciences, 20, pp. 1355-1373.
- DIMROTH, E., IMREH, L., GOULET, N. et ROCHELEAU, M. (1983): Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi belt. Part III: Plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model. Canadian Jour. of Earth Sciences, 20, pp. 1374-1388.
- DRESSER, J. A. et DENIS, T. C. (1951): Géologie du Québec. Ministère des Mines du Québec, R.G. 20, vol. III, Géologie Économique, 641 p.
- FRYER, B. J., KERRICH, R., HUTCHINSON, R. W., PEIRCE, M. G. and ROGERS, D. S. (1979): Archean precious-metal hydrothermal systems, Dome Mine, Abitibi Greenstone Belt. I. Patterns of alteration and metal distribution. Canadian Journal of Earth Sciences, 16, pp. 421-439.
- FYON, J. A., CROCKET, J. C. et SCHWARCZ, H. P. (1983): Timmins gold deposit types: characteristics and exploration criteria. Montreal, Mineral Exploration Research Institute. IREM-MERI, Paper 83-1, 64 p.
- GARIÉPY, C., ALLÈGRE, C. J. et LAJOIE, J. (1984): U-Pb systematics in single zircons from the Pontiac sediments, Abitibi greenstone belt. Jour. canadien des sciences de la terre, 21, pp. 1296-1304.
- GAUMOND, A. (1984): Etude minéralogique et minéragraphique de sections de forage sur la propriété New Pascalis. Projet et projet-colloque, Université Laval, février 1984.
- GILBERT, M. (1984): Étude géochimique et pétrographique du dépôt aurifère de la zone P, canton Fournière, région de Malartic. Projet de fin d'études, École Polytechnique, mars 1984, 35 pages.
- GIOVENAZZO, D. et PERRAULT, G. (1983): Quelques notes sur l'or de la mine Kiena, Québec. Rapport professionnel à Falconbridge Nickel Mine.

- GOODWIN, A. M. (1984): Archean greenstone belts and gold mineralization, Superior Province, Canada. In Gold '82, edited by R. P. Foster, published by A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 71-95.
- GUHA, J., GAUTHIER, A., VALLÉE, M., DESCARREAU, J. et LANGE-BRARD, F. (1982): Gold mineralization patterns at the Doyon Mine (Silverstack), Bousquet, Quebec. C.I.M., Special Vol. 24, pp. 50-57.
- GUNNING, H. C. and AMBROSE, J. W. (1949): Malartic area. Geol. Surv. of Canada, Memoir 222, 142 p.
- HAWLEY, J. E. (1931): Gisements d'or et de cuivre des cantons de Dubuisson et de Bourlamaque, comté d'Abitibi. Service des mines du Québec, Rapport annuel 1930, partie C, pp. 3-106.
- HUBERT, C., TRUDEL, P. et GÉLINAS, L. (1984): Archean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River group, Abitibi belt, Quebec. Jour. canadien des sciences de la terre, 21, pp. 1024-1032.
- IMREH, L. (1976): Nouvelle lithostratigraphie à l'ouest de Val d'Or et son incidence géologique. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Québec, DPY-349, 73 p.
- IMREH, L. (1978): Album photographique des coulées méta-ultramafiques de La Motte-Vassan. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Québec, V-6, 131 p.
- IMREH, L. (1980): Variations morphologiques des coulées méta-ultramafiques komatiitiques du sillon archéen de La Motte-Vassan, Abitibi-Est. Precambrian Research, 12, pp. 3-30.
- IMREH, L. (1984): Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanique, lithostratigraphique et géologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MM 82-04, 72 p.
- JAMES, W. F. (1948): Siscoe mine. Dans: "Structural geology of canadian ore deposits". Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Jubilee volume, pp. 876-882.
- JOLLY, W. T. (1978): Metamorphic history of the Archean Abitibi belt. Dans "Metamorphism in the canadian shield", Frazer, J. A. et Heywood, W. W., éditeurs. Geological Survey of Canada, Paper 78-10, pp. 63-78.
- KARVINEN, W. O. (1985): Geology of the Lamaque mine property, Val d'Or, Quebec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 7<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 35 p.
- KEMPTHORNE, H. R. (1957): Bevcon mine. Dans "Structural geology of canadian ore deposits", vol. II. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, pp. 416-419.

- KERRICH, R. (1983): Geochemistry of gold deposits in the Abitibi greenstone belt. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special volume 27.
- KERRICH, R. et HODDER, R. W. (1982): Archean lode gold and base metal deposits: evidence for metal separation into independent hydrothermal systems. Dans: R. W. Hodder et W. Petruck (éditeurs), Gold Deposits, CIM, Special Vol. 24, pp. 144-160.
- KWONG, Y. T. J. and CROCKET, J. H. (1978): Background and anomalous gold in rocks of an Archean greenstone assemblage, Kakagi Lake area, Northwestern Ontario. Economic Geology, 73, pp. 50-63.
- LACROIX, R. (1985): Pétrographie et géochimie des minéralisations aurifères, New Pascalis, Québec. Thèse M.Sc.A., École Polytechnique, décembre 1985.
- LAJOIE, J. et LUDDEN, J. (1984): Petrology of the Archean Pontiac and Kewagama sediments and implications for the stratigraphy of the southern Abitibi belt. Journal canadien des sciences de la terre, 21, pp. 1305-1314.
- LAO, K., PERRAULT, G. et AUDET, A. (1985): Thermo-chemistry of aqueous fluid related to the formation of Sigma-2 gold deposit, Louvicourt, Quebec. Ann. Meeting, GAC-MAC, Fredericton, mai 1985, Résumé dans Program with Abstracts, p. A-31.
- LATULIPPE, Maurice (1976): Excursion géologique Val d'Or-Malartic. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, DP-367, 124 p.
- McKINSTRY, H. E. (1948): Mining geology. Prentice-Hall, New York, 680 p.
- MUIR, J. E. (1981): Les mines d'or Kiena Limitée, Val d'Or. Rapport interne de la compagnie Falconbridge, 13 p.
- NORMAN, G. W. H. (1943): Région de la carte de Vassan-Dubuisson, comté d'Abitibi, Québec. Commission Géologique du Canada, Brochure 41-6.
- NORMAN, G. W. H. (1947): Dubuisson, Bourlamaque, Louvicourt, comté d'Abitibi, Québec. Commission Géologique du Canada, Brochure 47-20.
- NUNES, P. D. and JENSEN, L. S. (1980): Geochronology of the Abitibi metavolcanic belt, Kirkland Lake area. Progress report. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 92, pp. 40-45.
- PERRAULT, G., SAVOIE, A., TANER, M.F. and VIENS, M. (1984): Distribution of gold in host rocks around the Doyon mine No. 2 ore body. Paper 154, AGM, Ottawa, Abstract in Bull. CIM, 77, No. 863, p. 92.
- ROBERT, F. (1983): Étude du mode de mise en place des veines aurifères de la mine Sigma, Val d'Or, Québec. Thèse de doctorat ès sciences appliquées, département de Génie minéral, École Polytechnique, 274 p.

- ROBERT, F., BROWN, A. C. et AUDET, A. J. (1983): Structural control of gold mineralisation at the Sigma mine, Val d'Or, Quebec. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin, 76, pp. 72-80.
- ROBERT, F. et BROWN, A. C. (1984): Progressive alteration associated with gold-quartz-tourmaline veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec. Economic Geology, 79, pp. 393-399.
- ROBERT, F. (1985): Fluid inclusion study of the gold-bearing veins of the Sigma Mine. Final report to G.S.C., quoted with permission.
- ROEDDER, E. (1984): Fluid-inclusion evidence bearing on the environments of gold deposition. Dans: Gold '82, édité par R. P. Foster, publié par A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 129-164.
- ROY, Charles (1983): Géologie de la mine d'or Kiena. Mémoire de maîtrise ès sciences appliquées, département de Génie minéral, École Polytechnique, 201 p.
- SAUVÉ, Pierre (1984a): Géologie de la mine Bevcon, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 1<sup>er</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 36 p.
- SAUVÉ, Pierre (1984b): Géologie de la mine d'Or Jacola ou Greene-Stabell, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 2<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 36 p.
- SAUVÉ, Pierre (1985a): Géologie de la mine d'or Shawkey. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 4<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 28 p.
- SAUVÉ, Pierre (1985b): Géologie de la mine d'or Louvicourt Goldfield, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 6<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 28 p.
- SAUVÉ, Pierre (1985c): Géologie de la mine d'or Akasaba, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21, 12<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 40 p.
- SHARPE, J. I. (1968): Canton Louvicourt. Ministère des Richesses naturelles du Québec, Rapport Géologique 135, 53 p.
- TANER, M. F. et PERRAULT, G. (1985): Distribution of Au, As, Sb and W in the host rocks of the eastern Val d'Or area, Quebec. CIM Bulletin, 77, p. 88 (Abstract). AGM of CIM, Paper no 137.

- TRUDEL, Pierre (1985a): Géologie de la mine Sullivan, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21. 3<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 33 p.
- TRUDEL, Pierre (1985b): Géologie de la mine Siscoe, Val d'Or, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21. 5<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 38 p.
- TRUDEL, Pierre (1985c): Géologie de la mine Perron, Pascalis, Québec, 8<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 30 p.
- TRUDEL, Pierre (1985d): Géologie de la mine Beaufor, Pascalis, Québec. Projet de l'Institut de Recherche en Exploration Minérale, P83-21. 10<sup>e</sup> rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 25 p.
- WHITE, H. W. (1943): The mechanism and environment of gold deposition in veins. *Economic Geology*, vol. 38, pp. 511-532.
- WHITE, A. J. R. et CHAPPELL, B. W. (1977): Ultrametamorphism and granitoid genesis. *Tectonophysics*, U3, pp. 7-22.
- WILSON, H. S. (1948): Lamaque mine. Dans "Structural geology of canadian ore deposits". Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Jubilee Volume, pp. 882-891.
- WINKLER, H. G. F. (1979): Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag, 348 p.

ANNEXE 1

PRODUCTION D'OR, CAMP MINIER DE VAL D'OR  
1929 - 1983

ANNEXE 1: PRODUCTION D'OR, CAMP MINIER DE VAL D'OR, 1929 - 1983, ONCES TROT PAR MINE, PAR ANNÉE ET CUMULATIFS.

|           | MINES D'OR SEULEMENT |          |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           |                       | MINES DE MÉTAUX USUELS |                   |                  |         | GRAND TOTAL |              |           |      |
|-----------|----------------------|----------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|----------|-------------|----------|------------|-----------|----------|-----------|-----------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------|-------------|--------------|-----------|------|
|           | SISCOE               | COURNOR  | PERRON    | GREENE-STABELL<br>ou JACOLA | SULLIVAN    | LAMAQUE     | SHAWKEY  | SIGMA       | BEAUFOR  | LOUVICOURT | REVCOURT  | AKASABA  | KIENA     | BELMORAL<br>BRAS D'OR | TOTAL                  | GOLDEN<br>MAMITOU | EAST<br>SULLIVAN | LOUVIEN |             |              | TOTAL     |      |
| 1929      | 14 871               |          |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           | 14 871                |                        |                   |                  |         | 14 871      | 1929         |           |      |
| 1930      | 17 768               |          |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           | 17 768                |                        |                   |                  |         | 17 768      | 1930         |           |      |
| Cumulatif | (32 639)             |          |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           | (32 639)              |                        |                   |                  |         | (32 639)    | Cumulatif    |           |      |
| 1931      | 35 936               |          |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           | 35 936                |                        |                   |                  |         | 35 936      | 1931         |           |      |
| 1932      | 48 675               | 1 982    |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           | 50 657                |                        |                   |                  |         | 50 657      | 1932         |           |      |
| 1933      | 54 810               | 7 500    |           |                             |             |             |          |             |          |            |           |          |           | 62 310                |                        |                   |                  |         | 62 310      | 1933         |           |      |
| 1934      | 63 694               | 5 039    | 392       | 5 682                       | 4 062       |             |          |             |          |            |           |          |           | 78 869                |                        |                   |                  |         | 78 869      | 1934         |           |      |
| 1935      | 64 637               | 1 190    | 729       | 11 813                      | 47 437      | 20 548      |          |             |          |            |           |          |           | 146 354               |                        |                   |                  |         | 146 354     | 1935         |           |      |
| 1936      | 69 386               |          | 13 302    |                             | 17 923      | 76 697      | 7 325    |             |          |            |           |          |           | 184 633               |                        |                   |                  |         | 184 633     | 1936         |           |      |
| 1937      | 75 248               | 2 300    | 29 013    |                             | 21 751      | 82 473      | 10 364   |             |          |            |           |          |           | 249 413               |                        |                   |                  |         | 249 413     | 1937         |           |      |
| 1938      | 66 783               | 8 151    | 35 614    |                             | 22 453      | 129 357     | 7 702    |             |          |            |           |          |           | 321 545               |                        |                   |                  |         | 321 545     | 1938         |           |      |
| 1939      | 53 982               | 5 841    | 40 436    |                             | 32 358      | 132 684     |          |             |          | 9 265      |           |          |           | 330 276               |                        |                   |                  |         | 330 276     | 1939         |           |      |
| 1940      | 46 159               | 4 018    | 49 256    |                             | 32 310      | 127 039     |          |             |          | 12 054     |           |          |           | 330 711               |                        |                   |                  |         | 330 711     | 1940         |           |      |
| Cumulatif | (611 949)            | (36 021) | (168 742) | (17 495)                    | (178 294)   | (568 798)   | (25 391) | (195 334)   | (21 319) |            |           |          |           | (1 823 343)           |                        |                   |                  |         | (1 823 343) | Cumulatif    |           |      |
| 1941      | 44 461               | 3 921    | 49 654    |                             | 35 348      | 128 451     |          |             |          | 11 762     |           |          |           | 350 553               |                        |                   |                  |         | 350 553     | 1941         |           |      |
| 1942      | 46 087               | 1 740    | 45 448    |                             | 43 068      | 112 196     |          |             |          | 5 220      |           |          |           | 332 903               | 1 306                  |                   |                  | 1 306   | 334 209     | 1942         |           |      |
| 1943      | 40 656               |          | 29 246    |                             | 38 516      | 65 969      |          |             |          |            |           |          |           | 249 162               | 11 925                 |                   |                  | 11 925  | 261 087     | 1943         |           |      |
| 1944      | 39 384               |          | 23 296    |                             | 30 925      | 52 696      |          |             |          |            |           |          |           | 203 456               | 10 947                 |                   |                  | 10 947  | 214 403     | 1944         |           |      |
| 1945      | 33 610               |          | 19 432    |                             | 28 643      | 44 983      |          |             |          |            |           |          |           | 175 588               | 11 712                 |                   |                  | 11 712  | 187 300     | 1945         |           |      |
| 1946      | 22 799               |          | 18 796    |                             | 26 706      | 36 687      |          |             |          |            |           |          |           | 155 824               | 8 090                  |                   |                  | 8 090   | 163 914     | 1946         |           |      |
| 1947      | 21 556               |          | 18 789    |                             | 24 882      | 50 585      |          |             |          | 7 982      |           |          |           | 183 670               | 4 867                  |                   |                  | 4 867   | 188 537     | 1947         |           |      |
| 1948      | 16 212               |          | 20 384    |                             | 31 418      | 71 797      |          |             |          | 16 440     |           |          |           | 224 578               | 7 977                  |                   |                  | 7 977   | 232 555     | 1948         |           |      |
| 1949      | 6 957                |          | 19 796    |                             | 43 446      | 111 821     |          |             |          | 7 493      |           |          |           | 261 969               | 10 461                 | 12 074            |                  | 12 074  | 22 535      | 284 504      | 1949      |      |
| 1950      |                      |          | 14 816    |                             | 44 151      | 111 482     |          |             |          |            |           |          |           | 259 790               | 10 810                 | 16 633            |                  | 16 633  | 27 443      | 287 233      | 1950      |      |
| Cumulatif | (883 671)            | (41 682) | (428 399) | (17 495)                    | (525 397)   | (1 365 465) | (25 391) | (846 349)   | (38 301) | (31 915)   | (16 771)  |          |           | (4 220 836)           | (78 095)               | (28 707)          |                  |         | (106 802)   | (4 327 638)  | Cumulatif |      |
| 1951      |                      |          | 6 066     |                             | 41 564      | 119 520     |          |             |          |            |           |          |           | 252 152               | 9 437                  | 12 891            |                  |         | 12 891      | 22 328       | 274 480   | 1951 |
| 1952      |                      |          |           |                             | 45 567      | 134 021     |          |             |          |            |           |          |           | 268 937               | 8 143                  | 11 462            |                  |         | 11 462      | 19 605       | 288 542   | 1952 |
| 1953      |                      |          |           |                             | 43 942      | 135 855     |          |             |          |            |           |          |           | 282 566               | 11 376                 | 4 252             |                  |         | 4 252       | 15 628       | 298 194   | 1953 |
| 1954      |                      |          | 1 019     |                             | 42 294      | 130 518     |          |             |          |            |           |          |           | 34 250                | 15 334                 | 5 235             |                  |         | 5 235       | 20 569       | 303 836   | 1954 |
| 1955      |                      |          |           |                             | 43 453      | 128 751     |          |             |          |            |           |          |           | 29 510                | 12 538                 | 6 902             |                  |         | 6 902       | 19 440       | 296 445   | 1955 |
| 1956      |                      |          |           |                             | 22 238      | 120 784     |          |             |          |            |           |          |           | 245 286               | 10 514                 | 5 362             |                  |         | 5 362       | 15 876       | 261 162   | 1956 |
| 1957      |                      |          |           |                             |             | 124 868     |          |             |          |            |           |          |           | 31 345                | 12 732                 | 4 414             |                  |         | 4 414       | 17 146       | 249 971   | 1957 |
| 1958      |                      |          |           |                             | 12 705      | 126 800     |          |             |          |            |           |          |           | 31 445                | 13 577                 | 2 161             |                  |         | 2 161       | 15 738       | 263 393   | 1958 |
| 1959      |                      |          |           |                             | 41 048      | 122 934     |          |             |          |            |           |          |           | 29 420                | 10 741                 | 4 112             |                  |         | 4 112       | 14 853       | 279 449   | 1959 |
| 1960      |                      |          |           |                             | 42 929      | 131 438     |          |             |          |            |           |          |           | 27 359                | 9 692                  | 7 373             |                  |         | 7 373       | 17 065       | 304 233   | 1960 |
| Cumulatif | (883 671)            | (41 682) | (435 484) | (17 495)                    | (861 137)   | (2 640 954) | (25 391) | (1 601 245) | (38 301) | (31 915)   | (277 008) | (8 010)  |           | (6 862 293)           | (192 179)              | (92 871)          |                  |         | (285 050)   | (7 147 343)  | Cumulatif |      |
| 1961      |                      |          |           |                             | 50 120      | 133 339     |          |             |          |            |           |          |           | 28 068                | 15 526                 | 5 868             |                  |         | 5 868       | 16 394       | 318 025   | 1961 |
| 1962      |                      |          |           |                             | 47 437      | 131 598     |          |             |          |            |           |          |           | 29 480                | 9 078                  | 4 485             |                  |         | 4 485       | 15 563       | 307 043   | 1962 |
| 1963      |                      |          |           |                             | 47 146      | 123 407     |          |             |          |            |           |          |           | 28 459                | 8 922                  | 3 524             |                  |         | 3 524       | 12 446       | 291 394   | 1963 |
| 1964      |                      |          |           |                             | 43 847      | 122 080     |          |             |          |            |           |          |           | 30 143                | 14 136                 | 3 461             |                  |         | 3 461       | 17 597       | 291 499   | 1964 |
| 1965      |                      |          |           |                             | 38 000      | 110 900     |          |             |          |            |           |          |           | 20 549                | 5 742                  | 1 800             |                  |         | 1 800       | 7 542        | 256 191   | 1965 |
| 1966      |                      |          |           |                             | 35 900      | 115 500     |          |             |          |            |           |          |           | 229 800               | 6 800                  | 1 700             |                  |         | 1 700       | 8 500        | 238 300   | 1966 |
| 1967      |                      |          |           |                             | 34 100      | 114 000     |          |             |          |            |           |          |           | 228 200               | 5 400                  |                   |                  |         | 5 400       | 233 600      | 1967      |      |
| 1968      |                      |          |           |                             |             | 111 400     |          |             |          |            |           |          |           | 194 000               | 9 503                  |                   |                  |         | 9 503       | 203 503      | 1968      |      |
| 1969      |                      |          |           |                             |             | 99 000      |          |             |          |            |           |          |           | 183 900               | 6 239                  |                   |                  |         | 6 239       | 190 139      | 1969      |      |
| 1970      |                      |          |           |                             |             | 94 500      |          |             |          |            |           |          |           | 183 600               | 6 257                  |                   |                  |         | 6 257       | 189 857      | 1970      |      |
| Cumulatif | (883 671)            | (41 682) | (435 484) | (17 495)                    | (1 156 787) | (3 796 678) | (25 391) | (2 482 213) | (38 301) | (31 915)   | (609 042) | (39 744) |           | (9 278 403)           | (274 782)              | (113 709)         |                  |         | (388 491)   | (9 666 894)  | Cumulatif |      |
| 1971      |                      |          |           |                             |             | 91 350      |          |             |          |            |           |          |           | 181 510               | 4 247                  |                   |                  |         | 4 247       | 186 737      | 1971      |      |
| 1972      |                      |          |           |                             |             | 78 800      |          |             |          |            |           |          |           | 164 400               | 7 000                  |                   |                  |         | 7 000       | 166 100      | 1972      |      |
| 1973      |                      |          |           |                             |             | 60 110      |          |             |          |            |           |          |           | 138 310               | 2 598                  |                   |                  |         | 2 598       | 141 478      | 1973      |      |
| 1974      |                      |          |           |                             |             | 53 760      |          |             |          |            |           |          |           | 126 780               | 2 780                  |                   |                  |         | 2 780       | 130 800      | 1974      |      |
| 1975      |                      |          |           |                             |             | 64 495      |          |             |          |            |           |          |           | 139 779               | 3 270                  |                   |                  |         | 3 270       | 143 049      | 1975      |      |
| 1976      |                      |          |           |                             |             | 54 920      |          |             |          |            |           |          |           | 127 320               | 1 710                  |                   |                  |         | 1 710       | 133 106      | 1976      |      |
| 1977      |                      |          |           |                             |             | 62 187      |          |             |          |            |           |          |           | 137 487               |                        |                   | 980              |         | 980         | 137 487      | 1977      |      |
| 1978      |                      |          |           |                             |             | 57 363      |          |             |          |            |           |          |           | 130 463               |                        |                   |                  |         |             | 130 463      | 1978      |      |
| 1979      |                      |          |           |                             |             | 46 372      |          |             |          |            |           |          |           | 114 272               |                        |                   |                  |         |             | 114 272      | 1979      |      |
| 1980      |                      |          |           |                             |             | 32 077      |          |             |          |            |           |          |           | 93 713                |                        |                   |                  |         |             | 93 713       | 1980      |      |
| Cumulatif | (883 671)            | (41 682) | (435 484) | (17 495)                    | (1 156 787) | (4 398 112) | (25 391) | (3 146 834) | (38 301) | (31 915)   | (609 042) | (39 744) |           | (7 979)               | (10 632 437)           | (290 087)         | (113 709)        | (7 864) | (23 171)    | (11 044 099) | Cumulatif |      |
| 1981      |                      |          |           |                             |             | 33 566      |          |             |          |            |           |          |           | 116 731               |                        |                   |                  |         |             | 116 731      | 1981      |      |
| 1982      |                      |          |           |                             |             | 36 744      |          |             |          |            |           |          |           | 191 663               |                        |                   |                  |         |             | 191 663      | 1982      |      |
| 1983      |                      |          |           |                             |             | 31 488      |          |             |          |            |           |          |           | 204 475               |                        |                   |                  |         |             | 204 475      | 1983      |      |
| Cumulatif | (883 671)            | (41 682) | (435 484) | (17 495)                    | (1 156 787) | (4 499 910) | (25 391) | (3 329 200) | (38 301) | (31 915)   | (609 042) | (39 744) | (139 250) | (97 434)              | (11 145 306)           | (290 087)         | (113 709)        | (7 864) | (411 662)   | (11 556 968) | Cumulatif |      |