

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	80 (1990-1991)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Les contraintes tectoniques dans la mise en place des gisements d'or discordants des "Greenstone Belts"
<b>Autor:</b>	Pélissonnier, Hubert
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-279551">https://doi.org/10.5169/seals-279551</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Les contraintes tectoniques dans la mise en place des gisements d'or discordants des «Greenstone Belts»

PAR

HUBERT PÉLISSONNIER<sup>1</sup>

*Sommaire.*—PÉLISSONNIER H., 1990. Les contraintes tectoniques dans la mise en place des gisements d'or discordants des «Greenstone Belts». *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 80.1: 63-82.

Il y a plus d'un quart de siècle, Robert Woodtli a montré à Moto (Zaïre) que des corps plats discordants pouvaient constituer des gisements aurifères de grande valeur économique. Par des exemples pris dans de nombreux districts aurifères discordants des «Greenstone belts», il est montré la très grande généralité de cette morphologie plate, le plus souvent associée à des structures fortement pentées également porteuses d'or. On l'interprète comme liée à des fractures de tension dans un système de contraintes où la plus petite des contraintes normales principales serait verticale. Ce système réactive avec jeu inverse les failles fortement pentées; la mise en place tardive de l'or est ainsi confirmée.

*Summary.*—PÉLISSONNIER H., 1990. Tectonic constraints in the emplacement of the discordant gold deposits of the greenstone belts. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 80.1: 63-82. More than a quarter of a century ago, Robert Woodtli demonstrated at the Moto Mines (Zaire) that flat unconformable ore bodies could constitute economically very important gold ore deposits. Several examples from numerous discordant auriferous districts in greenstone belts show the widespread generality of this flat morphology which is more often than not associated to very steep, equally gold-bearing, structures. The flat structures are interpreted as being related to tension fractures in a stress system where the smallest of the main normal stresses would be vertical. This system reactivates the steep faults with a reverse play; the late introduction of gold is thus confirmed.

---

<sup>1</sup>Ecole Nationale supérieure des Mines de Paris, 60 Bd. Saint Michel, 75272 Paris Cedex 06 (France)

## INTRODUCTION

Bien que j'aie travaillé avant de connaître Robert Woodtli sur le gisement aurifère de Salsigne, je peux dire que c'est lui qui m'a initié aux problèmes spécifiques des gisements d'or, que ce soit avec son modèle de simulation de prospection OKAPI qui a fonctionné à l'Ecole des Mines de Paris en mars 1972, avec le séminaire sur les gisements d'or qu'il a animé, toujours à l'Ecole des Mines de Paris, en septembre 1974, enfin lors des travaux que nous avons mené en commun au Hoggar pour la SONAREM entre 1975 et 1977.

## DES FILONS PEU PENTÉS DANS LA PLUPART DES DISTRICTS

Je voudrais d'abord rappeler le modèle OKAPI, du moins ce qu'il m'en souvient: 3 ensembles gigognes: dans un certain contexte des bandes de mylonites assez épaisse dans des «shear zones» relativement peu pentées; dans ces mylonites des filons de quartz et dans ces filons de quartz des colonnes riches en or (ou plutôt des taches en peau de léopard).

Au premier abord on pouvait penser que le caractère *peu penté* avait été introduit dans le modèle pour obtenir une bonne intersection avec les sondages obligatoirement verticaux à la disposition des participants au jeu. En réalité Robert Woodtli reprenait là des exemples qu'il avait vécu personnellement à Moto et à Kilo, probablement plus à Kilo qu'à Moto.

Ensuite, visitant la mine Lamaque à Val d'or (Québec) en 1978, j'ai été frappé par la juxtaposition de veines quartzeuses à or très peu pentées, sans trace de cisaillement dans le quartz, à des zones de cisaillement très pentées jouant en failles inverses et jalonnées par du quartz très tectonisé. La figure 1 tirée de WILSON (1948) en rend compte à un détail important près: les quartz des branches verticales et des branches horizontales ne sont pas synchrones; bien qu'il y ait connexité spatiale, il n'y a pas continuité entre branches verticales et horizontales. Le même dispositif a été décrit dans la mine voisine de Sigma par ROBERT *et al.* (1983).

Puis à l'Ecole des Mines de Paris notre équipe a été amenée à suivre un travail de thèse sur la mine d'or de Tiouit (Maroc): à Tiouit la minéralisation actuellement connue est liée à des fractures plates au sein d'un granite (fig. 2 et 3); le long de ces fractures le granite apparaît hydro-thermalement altéré, mais là il n'y a pas de caisse quartzeuse visible.

Il faut dire aussi que depuis longtemps j'avais été frappé par le fait que les filons aurifères de plusieurs grands districts mondiaux correspondaient à des zones de cisaillement de type inverse, par exemple la Mother Lode en Californie (KNOPF 1929, fig. 4) ou encore le district de Bendigo et Ballarat, Victoria, Australie Sud orientale (SANDIFORD et KEAYS 1980, figure 5). A Bendigo et Ballarat, les fameux «saddle-reefs», immortalisés par les magnifiques photos de l'ouvrage de LINDGREN (1933), suivent en partie des failles inverses, mais aussi remplissent des fentes de tension subhorizontales ou s'insèrent le long de joints stratigraphiques. Ce type de tectonique cassante cadre mal avec les idées actuelles: on pense en effet que les fluides

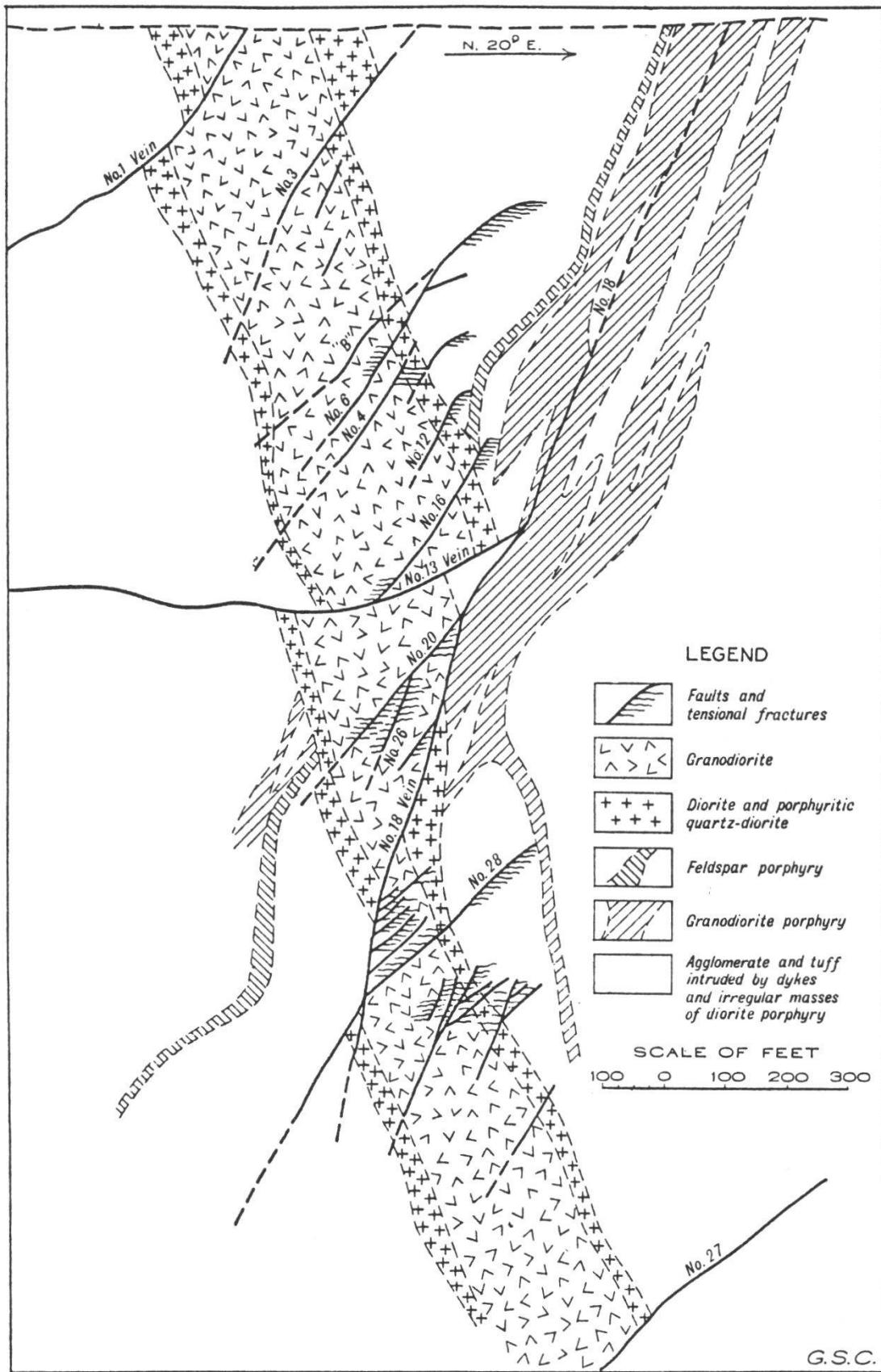


Figure 1.—Coupe verticale N20E-S20W de la mine LAMARQUE (Val d'Or, Québec) d'après WILSON (1948).

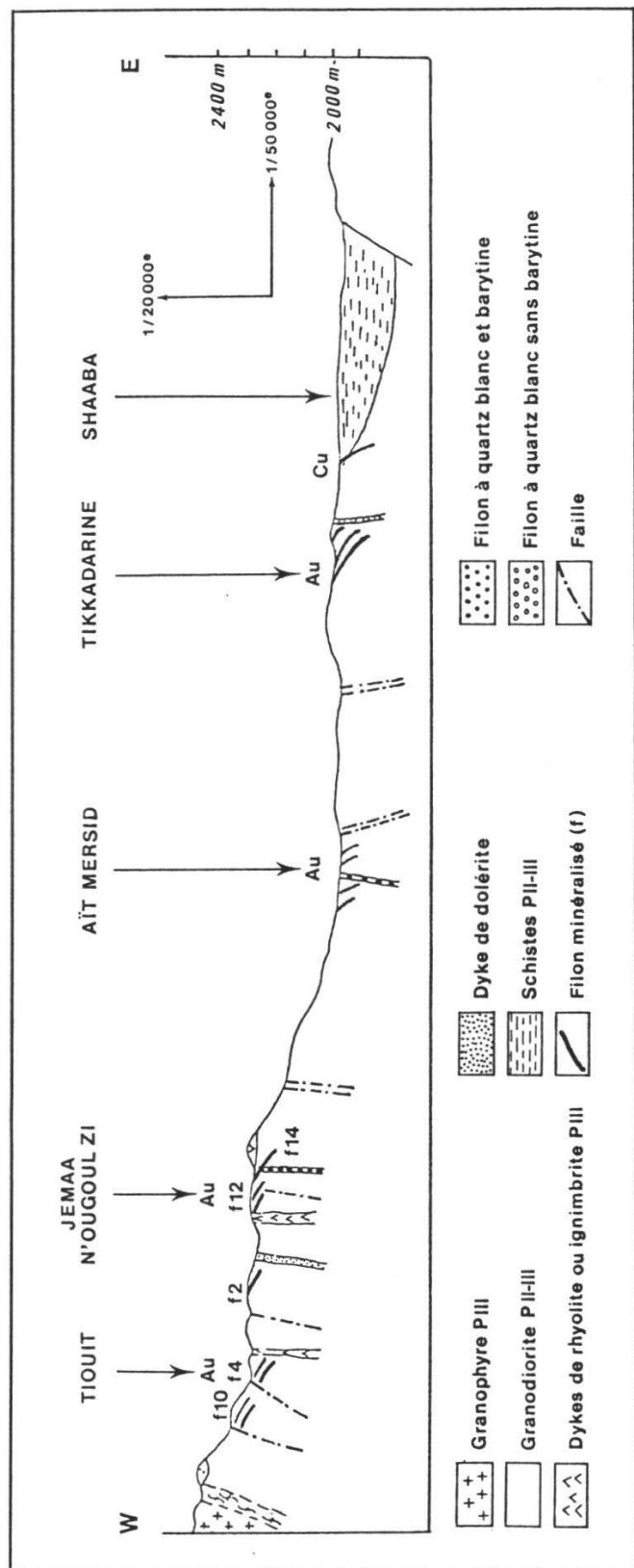


Figure 2.—Coupe schématique E-W de Tiout à Iknoun (d'après POPOV et MAGHRAOUI 1982).

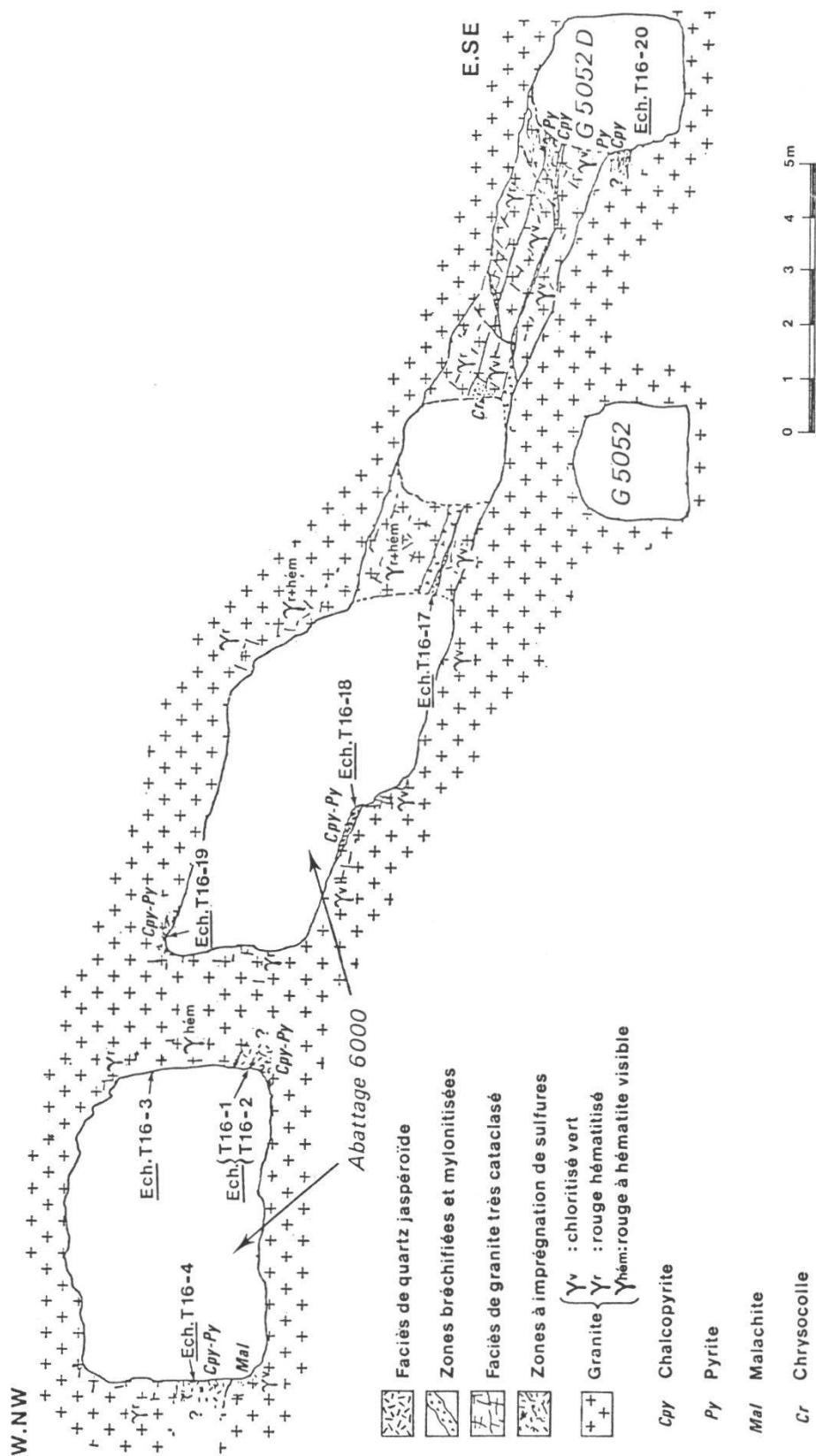


Figure 3.—Mine de Tiouit – Panneau 16 – Niveau 16 – Niveau 2158 – Coupe dans l'abattage 6000  
d'après MORELLI (1983).

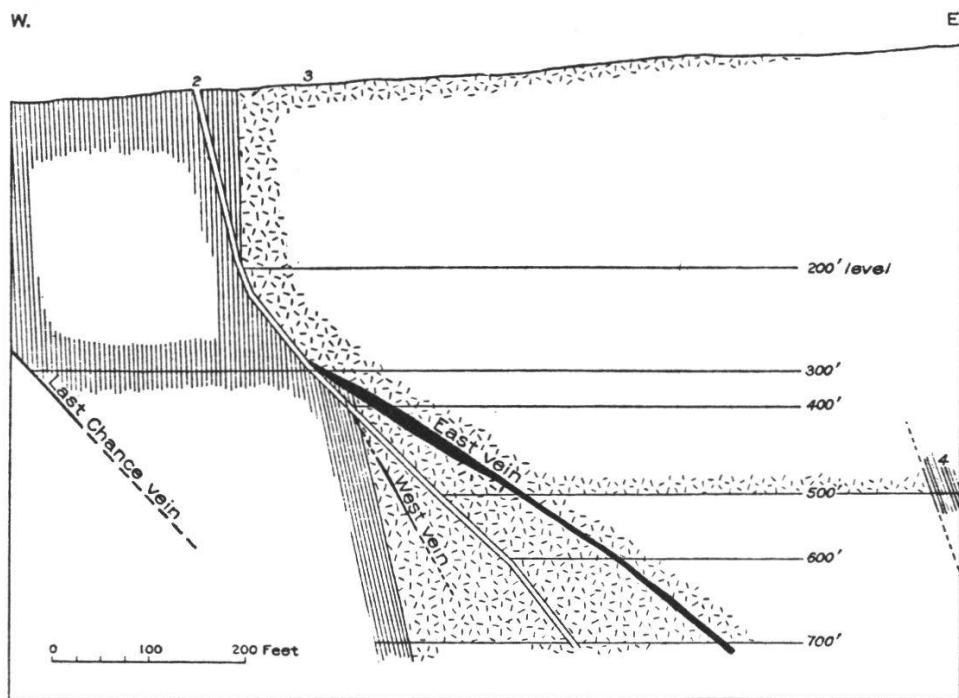


Figure 4.—Coupe E-W à la mine Original Amador (Mother Lode, Californie), d'après KNOPF (1929). 1.—Schistes noirs; 2.—Filon Original Amador (une descenderie a été creusée dans le filon jusqu'au niveau 300 pieds); 3.—Roches vertes; 4.—Schistes noirs avec intercalations de roches vertes.

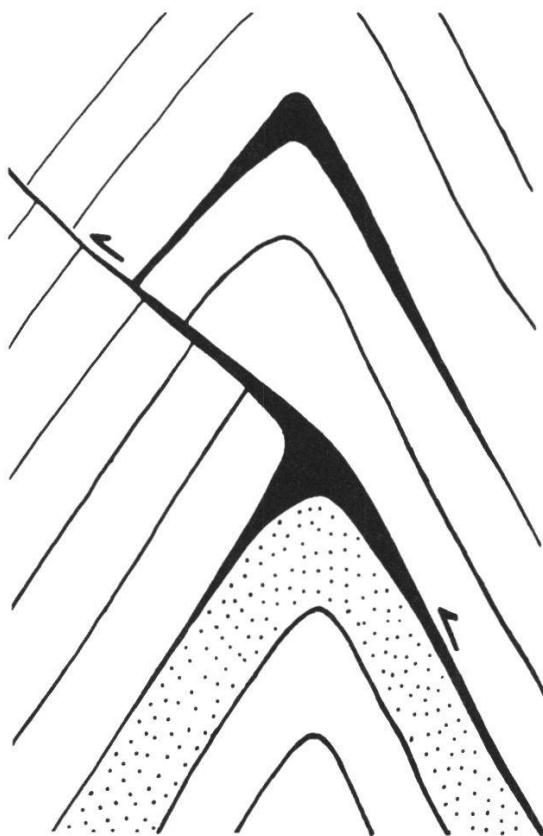


Figure 5.—Coupe schématique d'un «saddle reef» du Bendigo, d'après HILLS (1972).

hydrothermaux peuvent monter grâce à un système de contraintes d'extension horizontale (failles normales, fentes de tension verticales) qui développe une perméabilité de fissures verticales. Continuant cette investigation j'ai retrouvé le cas de Tiouit à la mine Oriental dans le district d'Alleghany en Californie au Nord de la Mother Lode d'après COVENEY (1981) (fig. 6), mais les zones plates sans gangue correspondent seulement à une fraction du gisement qui est principalement contrôlé par des failles inverses. Toujours en Californie, au Nord de la Mother Lode et à l'ouest d'Alleghany (fig. 7), dans le même contexte volcano-sédimentaire basique, le district de Grass Valley, centré sur une granodiorite, nous montre des présentations analogues: si le système filonien principal est perpendiculaire aux limites de la granodiorite (fig. 8), on note aussi des filons plats dans la granodiorite (fig. 9) (JOHNSTON 1940).

La grande province aurifère de l'Australie occidentale recèle aussi beaucoup de filons plats et/ou contrôlés par des systèmes de failles inverses. Citons, parmi les plus évidents :

- Victory Mine (fig. 10, 11) dans le district de Kambalda (CLARK *et al.* 1986);
- Mt Charlotte à l'ouest du district de Kalgoorlie (fig. 12A) (GROVES *et al.* 1984);
- Red Hill dans le district de Kanowna (fig. 12B) (GROVES *et al.* 1984);
- Water Tank Hill dans le district de Mt Magnet (fig. 12C) (GROVES *et al.* 1984);

Toujours en Australie, mais dans la partie orientale, au Queensland, dans le Géosynclinal Tasman, on peut signaler le gisement de Charters Towers constitué de corps tabulaires dans une granodiorite près de son contact avec les roches métamorphiques (MURRAY 1975).

Dans l'Abitibi, hors le cas de Val d'Or déjà cité, on remarque aussi

- des bandes plates à Dome Mine (Ontario) (HOLMES 1948);
- des failles inverses à Hallnor Mine dans le district de Porcupine (Ontario) (BELL 1948).

Sur Kilo et Moto, les publications de Robert WOODTLI (1957, 1961) précisent clairement qu'il s'agit principalement de fractures ou «shear zones» peu pentées. Ainsi la figure 13 montre en plan et en coupes une grande structure peu pentée à l'Ouest de Kilo dans le district de Mongbwalu. Mais ces structures plates peuvent être associées à des structures verticales, comme le montre la figure 14, tirée de LEGRAYE (1940). D'après Robert Woodtli, la différence entre Kilo et Moto réside dans l'importance de la gangue quartzeuse: Moto est constitué de «gîtes d'imprégnation non liés au quartz et aux sulfures»; par opposition les gîtes de Kilo présentent une caisse filonienne quartzeuse. Nous retrouvons là la distinction déjà faite entre Lamaque et Tiouit.

Ainsi dans la plupart de ces exemples, il y a apparemment dans les mêmes exploitations une certaine opposition entre des zones de cisaillement à très fortes déformations à jeu inverse, souvent fortement inclinées, mais non toujours, et des imprégnations plates souvent exemptes de cisaillement. Comment interpréter cette opposition ? Peut-être à partir d'une analyse de la chronologie des phénomènes ?

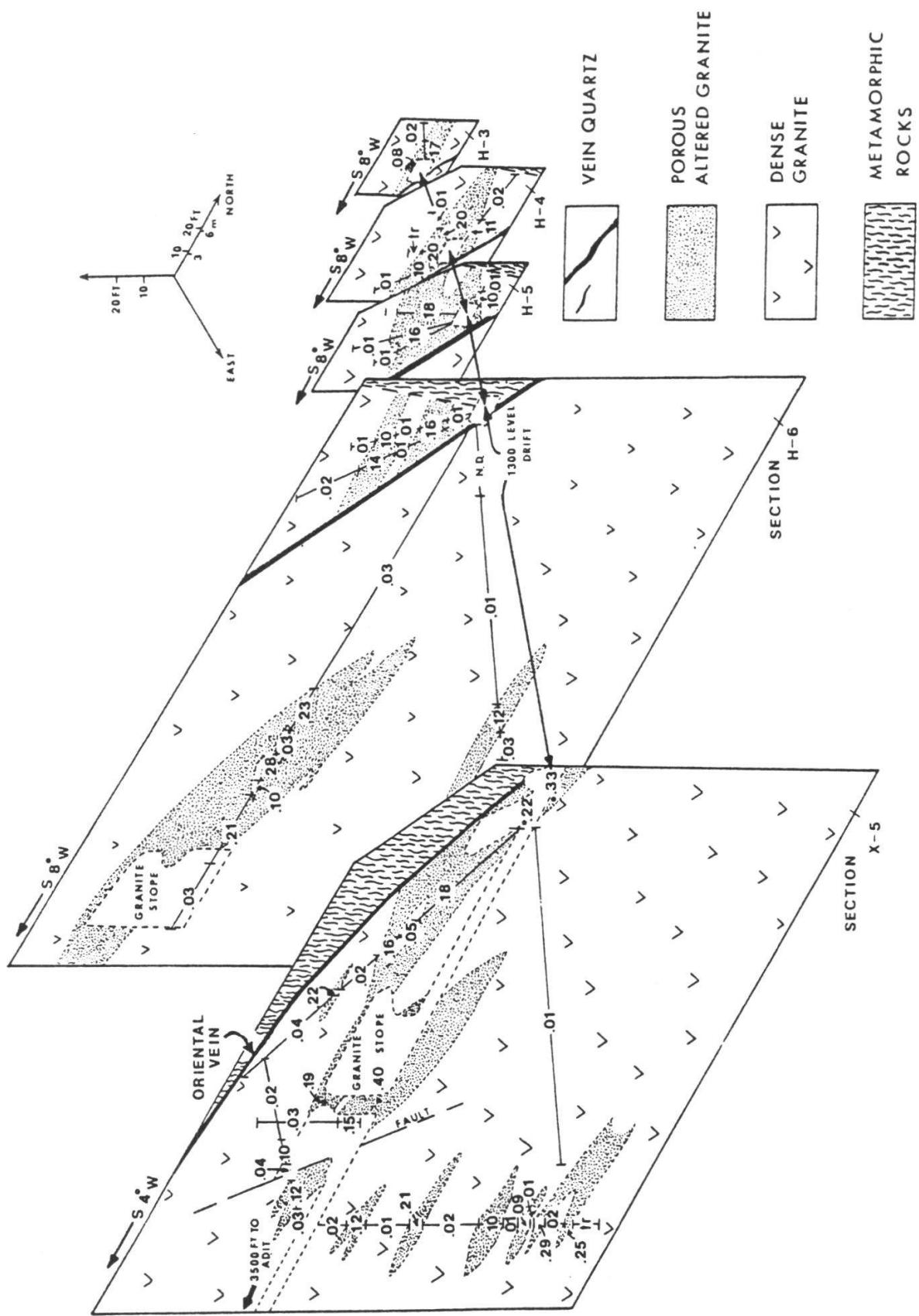


Figure 6.-D'après COVENY (1981), coupes séries à travers la mine Oriental (district d'Alleghany, Californie), montrant des zones minéralisées plates intragranitiques. Les teneurs en or sont indiquées en onces-troy par tonne.

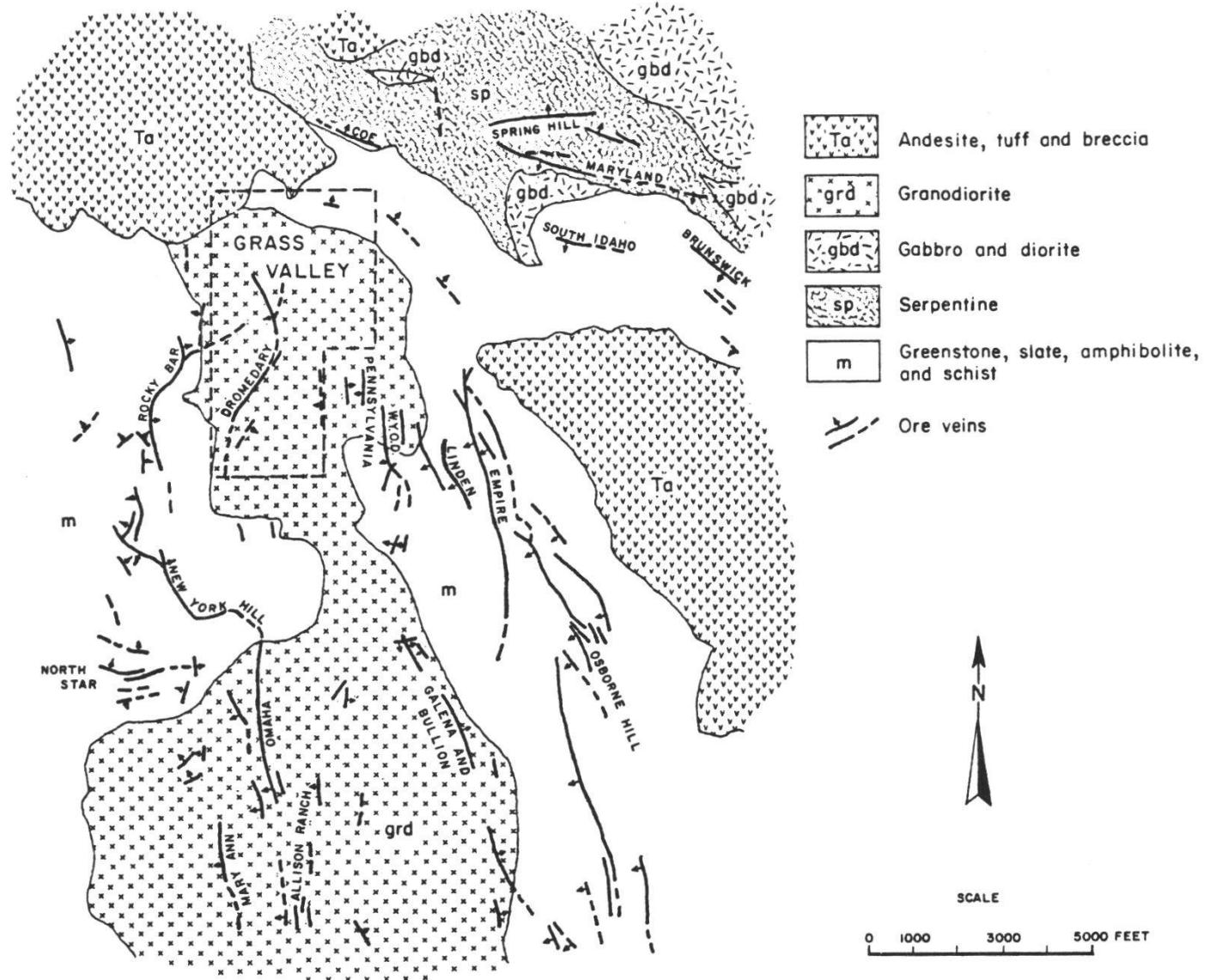


Figure 7.—Champ filonien de Grass Valley, Californie, d'après JOHNSTON (1940).

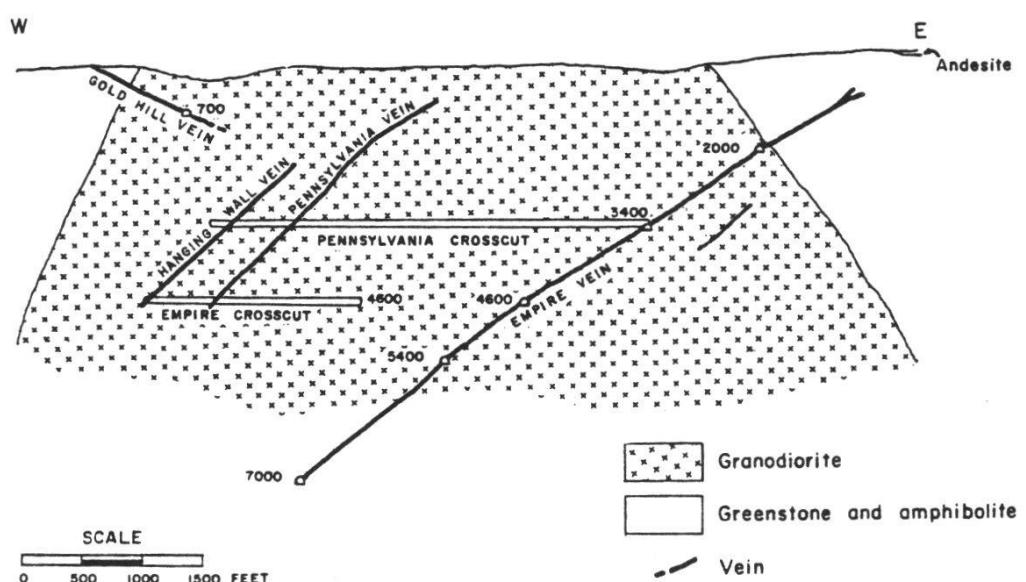


Figure 8.—Coupe E-W à travers le champ de Grass Valley, Californie, d'après JOHNSTON (1940).

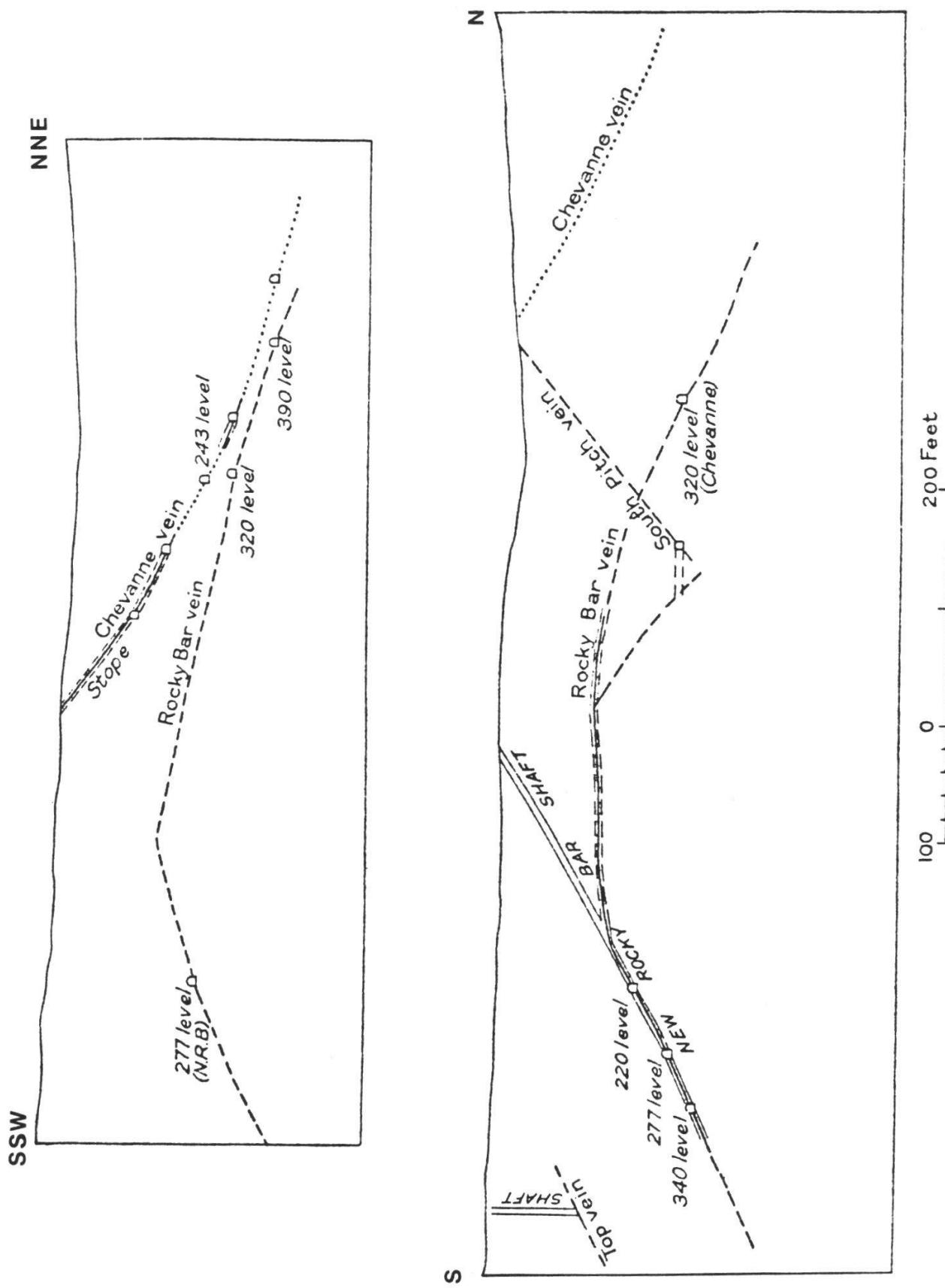


Figure 9.-Coupes à travers les filons New Rocky Bar et Chevanne, d'après LINDGREN in JOHNSTON (1940).

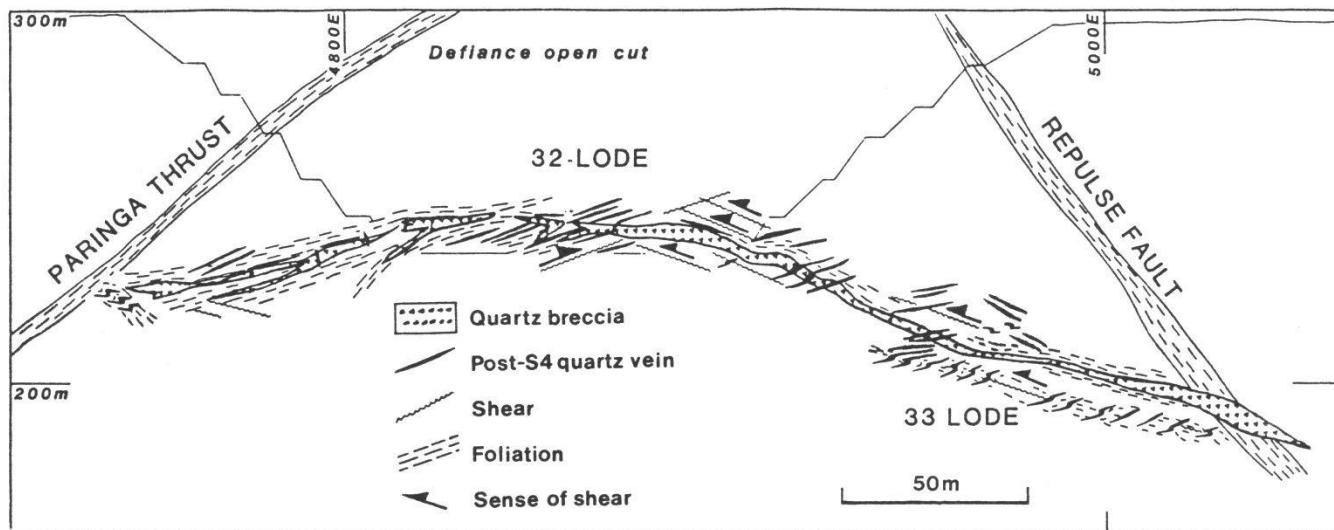


Figure 10.—Victory Mine (district de Kambalda, Australie occidentale): coupe E-W du «32-Lode», d'après CLARK *et al.* (1986).

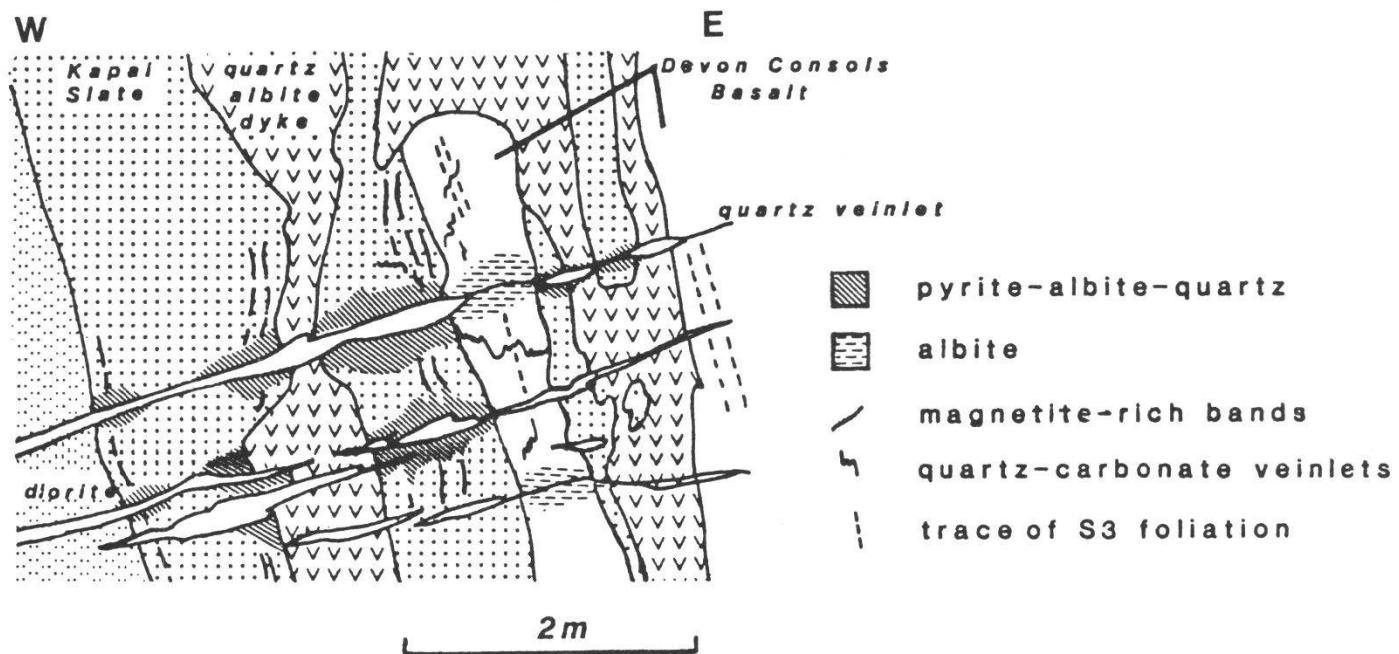


Figure 11.—Mine Victory, d'après CLARK *et al.* (1986). Coupe de détail de filons de quartz aurifère avec altérations des épontes.

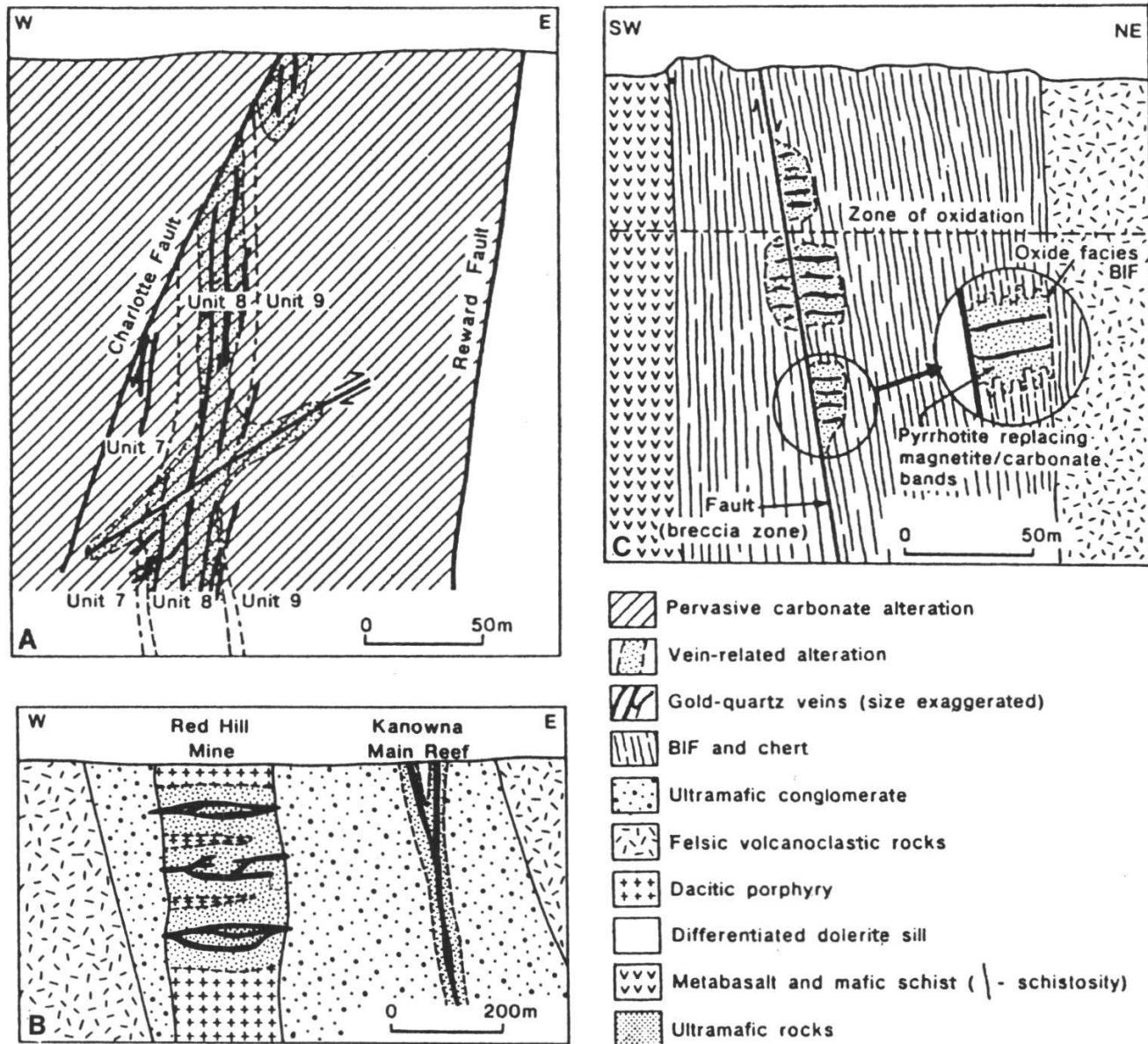


Figure 12.—D'après GROVES *et al.* (1984).

A.—Coupe du champ de Mt Charlotte, ouest du district de Kalgoorlie, Australie occidentale);  
 B.—Coupe de Red Hill Mine, district de Kanowna, Australie occidentale;  
 C.—Coupe de Water Tank Hill, district de Mt Magnet, Australie occidentale.

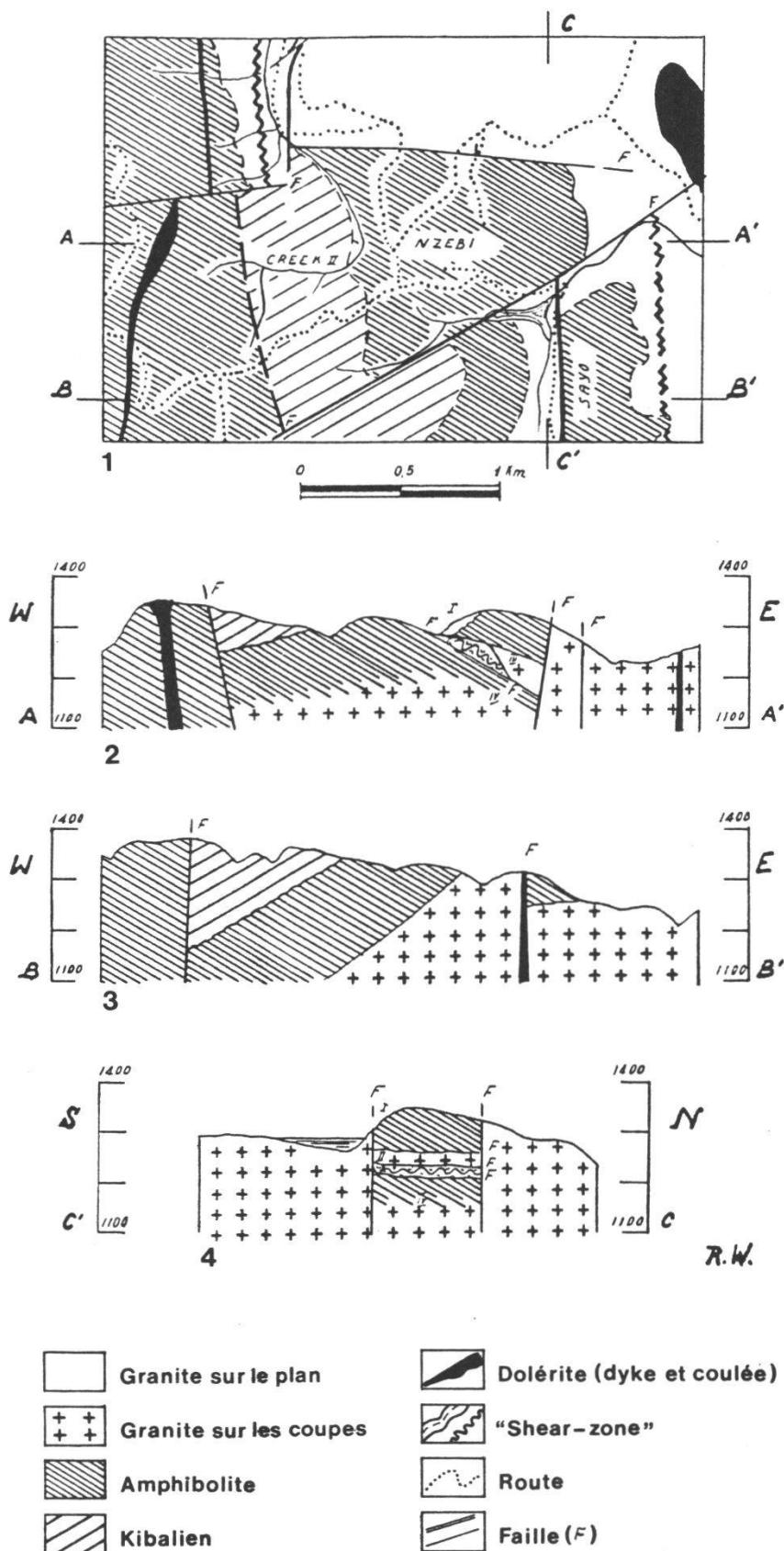


Figure 13.—«Shear Zone» aurifère peu pentée dans le district de Mongwalu, W Kilo, Zaïre, d'après WOODTLI (1957).

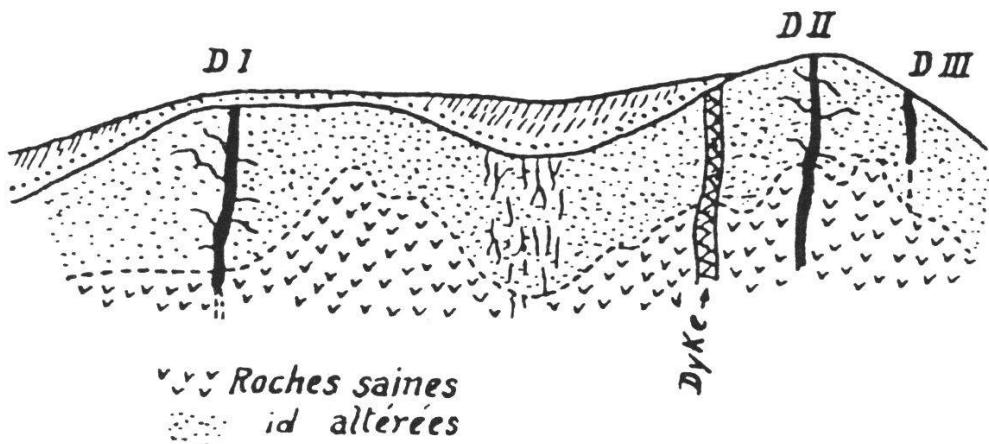


Figure 14.—Coupe à travers le champ filonien de Moto (Zaïre), d'après LEGRAYE (1940).

#### ROCHES ENCAISSANTES

Auparavant il faut dire un mot des roches encaissantes.

Dans la plupart des districts on a pu baptiser les ensembles encaissants «greenstone belts», piles épaisses de roches volcaniques et volcano-sédimentaires à dominante basique, particulièrement développées dans les terrains archéens. Ces séries sont métamorphisées dans les faciès schiste vert à amphibolite supérieur et sont intrudées par des plutons granodioritiques tardi-orogéniques. Les champs filoniers aurifères sont souvent associés spatialement à ces plutons ou à leur périphérie (Grass Valley, Alleghany, Sigma, Lamaque, Kilo, Moto, Red Hill, Charters Towers....), mais non toujours (on peut alors envisager la présence du pluton en profondeur).

Cette définition de l'environnement est peut-être un peu étroite, car, dans les exemples précédents, certains champs filoniers, bien que montrant les mêmes normes du point de vue de la minéralisation, sont dans des terrains qui ne peuvent être classés «greenstone belts» ; c'est le cas de Bendigo et de Ballarat. HUTCHINSON (1987) les classe dans un autre type: type graywacke-turbidite. On peut aussi prétendre que les roches encaissantes ne jouent qu'un rôle passif dans la mise en place et n'interviennent que comme cadre géotectonique d'ensemble impliquant une certaine croûte particulière, indicateur d'une zone source plus profonde.

### CHRONOLOGIE

Dans tous les filons aurifères envisagés, il y a toujours au moins deux venues de quartz, dont l'une est antérieure à la mise en place de l'or. Ce premier quartz, le plus important en volume, est postérieur aux plutons granodioritiques. Il est cependant fortement déformé (extinction roulante sous le microscope) et fracturé. La minéralisation aurifère le pénètre par ses fractures. Ainsi la mise en place de l'or est très tardive.

Le quartz, directement lié à la minéralisation aurifère, est tantôt très discret (pas de caisse filonienne à Moto; Tiouit; granite altéré de l'Oriental Mine, district d'Alleghany...), tantôt bien visible sans déformation appréciable (Val d'Or, Bendigo, Ballarat...). Ce quartz est associé à des ouvertures dont les principales sont subhorizontales.

### INTERPRÉTATION MÉCANIQUE

Rappelons qu'un champ de contraintes, défini par 3 composantes normales principales  $\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$  avec  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ , peut entraîner la rupture d'un massif rocheux non précédemment fracturé (fig. 15):

- soit selon des plans de cisaillement passant par  $\sigma_2$  et faisant avec  $\sigma_1$  un angle inférieur à  $45^\circ$ .
- soit selon un plan de tension perpendiculaire à  $\sigma_3$ , c'est-à-dire parallèle à  $\sigma_1 \sigma_2$ , si la pression fluide dépasse  $\sigma_3$  d'une valeur suffisante.

Si le massif est déjà fracturé, le champ de contraintes entraîne généralement un rejet des fractures préexistantes, sans en créer de nouvelles; les conditions précédentes ne sont plus réalisées.

Autre rappel: on a l'habitude de distinguer schématiquement trois types de rupture selon que  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  ou  $\sigma_3$  est vertical:  $\sigma_1$  vertical correspond aux failles normales (extension horizontale),  $\sigma_2$  vertical aux failles de décrochement à jeu horizontal,  $\sigma_3$  vertical aux failles inverses (contraction horizontale) (fig. 16).

L'analyse chronologique nous enseigne que l'or se met en place tardivement dans des fentes de tension subhorizontales. On en déduit que, à cette époque,  $\sigma_3$  était vertical,  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  horizontaux avec une pression fluide supérieure à  $\sigma_3$ . Contrairement à l'interprétation de ROBERT *et al.* (1983) pour Sigma, je pense que les failles inverses à fort pendage ne peuvent pas naître sous ce régime de contraintes, car l'angle qu'elles feraient avec un  $\sigma_1$  horizontal serait supérieur à  $45^\circ$ . Ces failles sont nées sous un régime de contraintes antérieur, probablement à  $\sigma_1$  vertical compte tenu de leur pendage. L'antériorité de l'essentiel de leur remplissage quartzé très tectonisé corrobore bien cette interprétation. Initialement normales, ces failles ont rejoué en sens inverse dans le champ de contraintes final à  $\sigma_3$  vertical. Ce champ de contraintes final, directement lié à la mise en place de l'or, est caractérisé par une forte pression fluide dont témoignent les fentes de tension subhorizontales (fig. 17). Si le déviateur  $\sigma_1-\sigma_3$  de ce champ de contraintes est faible, c'est-à-dire le régime presque hydrostatique, toutes les discontinuités du massif rocheux sont susceptibles de s'ouvrir ou de se réouvrir, quelles que soient leurs directions, notamment les joints

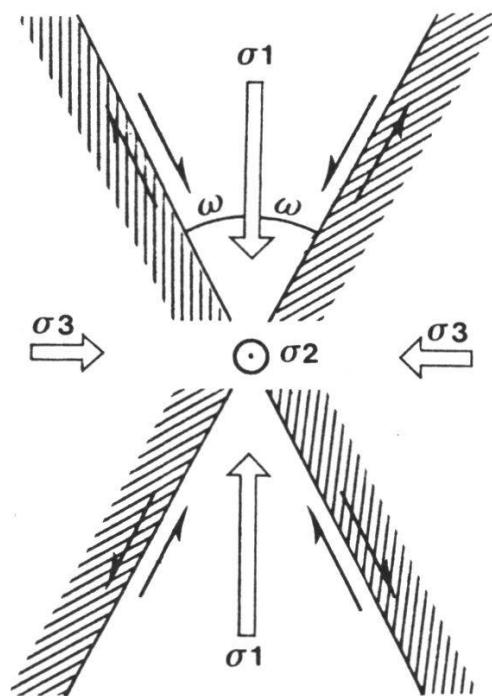


Figure 15.—Répartition des fractures possibles en un point par rapport au champ des contraintes défini par ses trois composantes normales principales ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ): les fractures passant toutes par  $\sigma_2$  font un angle inférieur à  $45^\circ$  avec la direction de  $\sigma_1$ : si  $\omega \neq 0$ , on a des plans de cisaillement, si  $\omega = 0$ , on a un plan de tension (perpendiculaire à  $\sigma_3$ ).

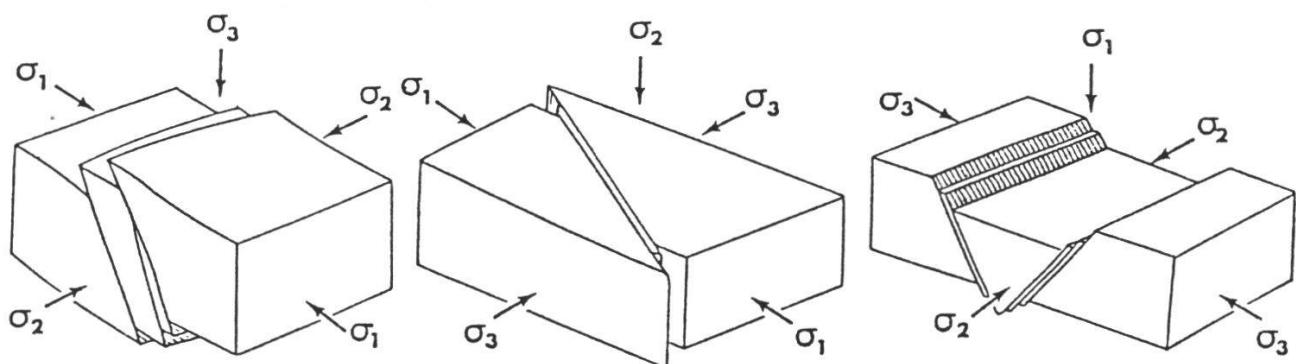


Figure 16.—Les trois types essentiels de rupture de l'écorce, d'après GOGUEL (1965).  
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  contraintes normales principales avec  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$   
 $\sigma_1$  verticale: failles normales;  
 $\sigma_2$  verticale: failles de décrochement (rejet horizontal dextre ou senestre);  
 $\sigma_3$  verticale: failles inverses.

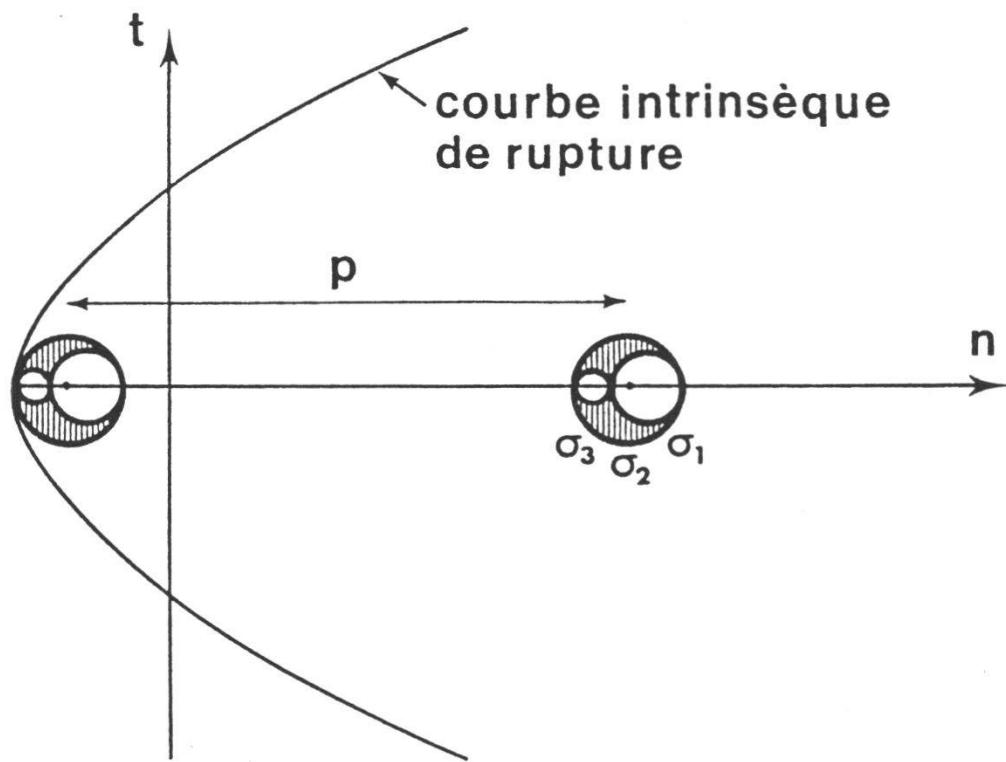


Figure 17.—Fracturation hydraulique.

$p$ : pression fluide;

$\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  contraintes normales principales totales;

$\sigma_1-p$ ,  $\sigma_2-p$ ,  $\sigma_3-p$ : contraintes normales principales *effectives*;

Le vecteur contrainte sur un plan particulier du solide est situé obligatoirement dans la zone hachurée. Il y a rupture lorsque le grand cercle de MOHR ( $\sigma_1-\sigma_3$ ) touche la courbe intrinsèque de rupture. Si le point contact se trouve sur l'axe des pressions normales  $n$  ( $t$ , composante de cisaillement, nulle), il y a ouverture par traction.

stratigraphiques (cf. Ballarat et Bendigo) et les épontes des filons de quartz déjà formés (cf. l'or associé aux filons à fort pendage dans la plupart des districts). Le plan de la partie est de Chesterville mine, district de Kirkland Lake (Ontario) (BUFFAM et ALLEN 1948), est assez suggestif à cet égard (fig. 18). Les réouvertures fortement pentées paraissent d'ailleurs une constante, à mettre en relation avec l'hypothèse d'une source profonde pour les solutions hydrothermales.

En définitive ces considérations apportent une confirmation de la mise en place très tardive de l'or. En effet, durant la mise en place des plutons granodioritiques associés, les contraintes correspondent à une extension horizontale ( $\sigma_1$  vertical) y compris pendant la montée diapirique du pluton déjà consolidé. L'or se met en place après, lorsque ce champ a laissé la place à un autre champ à  $\sigma_3$  vertical.

Le frettage horizontal qu'il implique ce système paraît assez général d'après les exemples passés en revue. Est-il pour autant obligatoire pour «fabriquer» un district aurifère ? Je n'en vois pas la raison. Et certains champs aurifères peuvent très bien y déroger, par ex. Salsigne (France).

Ne peut-on pas y trouver en outre un élément de réponse à la question posée, par Robert Woodtli, dans son article de 1961 sur Moto: le parallélisme des corps minéralisés alors que varie la direction de la

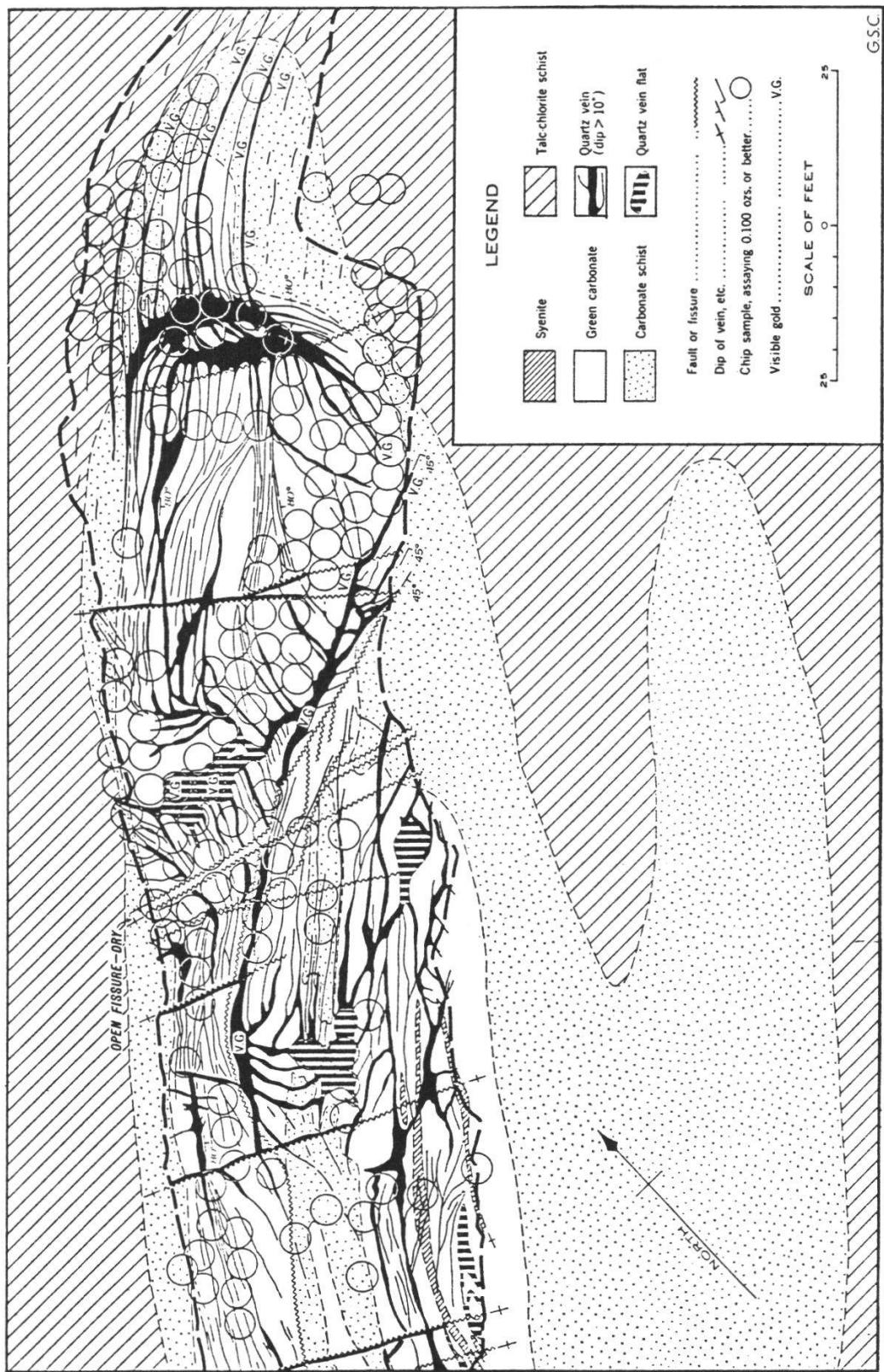


Figure 18.—Plan géologique de détail d'un quartier de la mine Chesterville, district de Kirkland Lake, Ontario (Canada), d'après BUFFAM et ALLEN (1948).

foliation? Si, dans la phase tardive de mise en place de l'or, le bâti se comporte comme un bloc rigide indéformable, alors le champ de contraintes est uniforme entre des points situés dans des plans horizontaux voisins et les plans de tension perpendiculaires à  $\sigma_3$  sont tous parallèles. On peut aussi y trouver une explication à la dispersion de l'or en peau de léopard: comme les fractures de tension relaxent localement les contraintes, elles sont espacées plus ou moins régulièrement, il y a échelonnement des ouvertures.

### CONCLUSION

Les chercheurs d'or modernes ont-ils bien pris conscience de l'apport des travaux de Robert Woodtli ? Dans ses réflexions sur la prospection de l'or, Robert Woodtli souligne que «l'or conduit à l'or», ce qui peut passer pour une banalité si on l'applique simplement à la relation entre les alluvions aurifères et les gîtes primaires dont elles dérivent. On a bien compris ces dernières années que l'on pouvait passer des alluvions aux gîtes filoniers quartzeux primaires par l'intermédiaire des éluvions, comme le préconisait Robert Woodtli. A-t-on aussi compris que de ces éluvions on pouvait passer à des zones d'imprégnations diffuses, difficiles à appréhender géologiquement sans recours aux analyses chimiques systématiques, qui présentent souvent dans un district donné une orientation générale planaire voisine de l'horizontale sans pour autant être «stratabound» ? Cependant il ne faut pas perdre de vue non plus que ces structures plates sont associées spatialement à des structures fortement pentées de dimension beaucoup plus importantes, qui plongent profondément dans la croûte. On rejoint là, sans pour autant l'interpréter de la même manière, la distinction entre structures de 1<sup>er</sup> ordre (structures fortement pentées) et structures de 2<sup>e</sup> ordre (structures plates) proposée par EISENLOHR *et al.* (1989).

### RÉFÉRENCES

- BELL A.M., 1948. Hallnor mine in *Structural Geology of Canadian ore deposits - a symposium*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy. Montréal: 547-563.
- BUFFAM B.S.W. and ALLEN R.B., 1948. Chesterville Mine in *Structural geology of Canadian ore deposits - a symposium*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy. Montréal: 662-671.
- CLARK M.E., ARCHIBALD N.J. and HODGSON C.J., 1986. The structural and metamorphic setting of the Victory gold mine, Kambalda, Western Australia. In *Gold'86 - proceedings volume*: 243-254, A.J. MAC DONALD ed., Toronto.
- COVENEY Jr. R.M., 1981. Gold quartz veins and auriferous at the Oriental mine, Alleghany district, California. *Econ. Geol.*, 76: 2176-2199.
- EISENLOHR B.N., GROVES D., PARTINGTON G.A., 1989. Crustal-scale shear zones and their significance to Archaean gold mineralization in Western Australian. *Mineral. Deposita*, 24: 1-8.
- GOGUEL J., 1965. Traité de tectonique 2<sup>ème</sup> édit. Masson, Paris, 457 p.

- GROVES D.I., PHILLIPS G.N., HO S.E., HENDERSON C.A., CLARK M.E., WOAD G.M., 1984. Controls on distribution of archaean hydrothermal gold deposits in Western Australia in FORSTER R.P. ed., *Gold'82*, Rotterdam: 689-712 A.A. Balkema pub.
- HILLS E.S., 1972. Elements of structural geology, second edit. London Chapman and Hall.
- HOLMES T.C., 1948. Dome mine in *Structural Geology of Canadian ore deposits, a symposium*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy: 539-547, Montréal,
- HUTCHINSON R.W., 1987. Metallogeny of precambrian gold deposits: space and time relationships. *Econ. Geol.*, 82: 1993-2007.
- JOHNSTON Jr. W.D., 1940. The gold quartz veins of Grass Valley, California, U.S. *Geol. Survey Prof. paper*, 194, 101 p.
- KNOPF A., 1929. The Mother lode system of California. *U.S. Geol. Surv. Prof. paper*, 157, 88 p.
- LEGRAYE M., 1940. Grands traits de la géologie et de la minéralisation aurifère des régions de Kilo et de Moto (Congo belge). *Inst. Royal Col., Belge Sect. Sciences Techniques Min. t. II, fasc. 3*, 135 p.
- LINDGREN W., 1933. Mineral deposits - 4<sup>e</sup> edit. Mc Gray Hill, New-York and London. 930 p.
- MORELLI S., 1983. Etude de la paragenèse aurifère de la mine de Tiouit (Jebel Sarhro, Maroc). *Mémoire D.E.A. ENSMP*, 87 p.
- MURRAY C.G., 1975. Tasman geosyncline in Queensland. Mineralization in *Econ. Geol. of Australia and Papua New Guinea 1. Metals C.L. KNIGHT ed. monograph. series n° 5*: 738-755.
- POPOV A. et MAGHRAOUI L., 1982. Les critères géologiques de la recherche des gisements subaffleurants d'or et d'argent avec W, Cu, Mo dans le Sarhro oriental. Rapport inédit BRPM-DEM.
- ROBERT F., BROWN A.C., AUDET A.J., 1983. Structural control of gold mineralization at the Sigma mine, Val d'or, Québec, *C.I.M.*, 76: 72-80.
- SANDIFORD M. and KEAYS R.R., 1986. Structural and tectonic constraints on the origin of gold deposits in the Ballarat slate belt, Victoria, *GAC special paper 32*: 15-24, Ottawa.
- WILSON H.S., 1948. Lamaque mine in *Structural Geology of Canadian ore deposits, a symposium*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Montréal: 882-891.
- WOODTLI R., 1957. La structure de Kilo. Contribution à l'étude des fossés africains. *Acad. royale Sc. Col. Cl. Sciences Techniques Mémoires in 8<sup>e</sup> nouvelle série, T. VI, fasc. 2*, Bruxelles, 119 p.
- WOODTLI R., 1961. Gold impregnation deposits in the Moto area (Central Africa). *Econ. Geol.*, 56: 603-607.

*Manuscrit reçu le 3 janvier 1990*