



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM - Serviço Geológico do Brasil

**ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM OTTAWA E EM
EXCURSÃO AO ABITIBI BELT, CANADÁ**
Relatório de Viagem ao Exterior

Reginaldo Alves dos Santos
Coordenador Executivo DEGEO/DIGEOB



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

**DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - DEGEO
DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA - DIGEOB**

Projeto de Cooperação Brasil/Canadá

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM OTTAWA E EM EXCURSÃO AO ABITIBI BELT, CANADÁ

Relatório de Viagem ao Exterior

Reginaldo Alves dos Santos

Foto da capa: Veios de quartzo extensionais escalonados, em zona de cisalhamento dextral, no contato entre andesitos do Grupo Malartic (à direita) e " sill " de gabro. Jazimento aurífero de Paramaque, cerca de 13 km a sudeste de Val d'Or.



Salvador, Bahia
Dezembro de 1997

I - INTRODUÇÃO

O grande conhecimento geológico acumulado pelo Canadá ao longo dos anos em terrenos precambrianos, muitos dos quais exibindo silmilaridades com aqueles existentes no Brasil, motivou a CPRM firmar, com o GSC - Geological Survey of Canada, o Projeto de Cooperação Brasil/Canadá, com o suporte financeiro da CIDA - Canadian International Development Agency, sob a coordenação geral do Dr. Yvon Maurice.

Dentre as atividades de cooperação técnica previstas, destacam-se : a) análises em laboratórios do GSC em Ottawa, principalmente datações pelos métodos U/Pb (zircão) e SHRIMP, com a possibilidade de participação de geólogos da CPRM; b) atividades conjuntas de pesquisas, cujos resultados deverão ser publicados em periódicos canadenses e/ou brasileiros; c) participação dos geólogos canadenses em congressos relevantes no Brasil, e vice-versa; d) participação de geólogos do GSC em atividades de campo de projetos da CPRM.

Uma parte deste acordo foi materializada pela visita dos geólogos François Robert e Allan Miller, do GSC, à área do Projeto Província Mineral do Tapajós, Estado do Pará, no período de 29.09 a 12.10.96. Foram assistidos em tempo integral pelos geólogos Maria Glícia da Nobrega Coutinho e Reginaldo Alves dos Santos, responsáveis pelo estudo dos jazimentos de ouro primário do referido projeto. Durante esta viagem, foram discutidos aspectos relacionados a geologia e metalogênese dos depósitos, e os reflexos ambientais da exploração mineral. Os resultados dessa missão do GSC estão registrados por Robert (1996) em relatório de viagem.

Neste relatório, o referido autor destacou a importância dos geólogos brasileiros envolvidos no estudo dos jazimentos de ouro da Província Tapajós conhecerem distritos auríferos do Canadá, principalmente as áreas onde ocorrem mineralizações associadas a intrusões granitóides em *greenstone belts*, já bem estudados. Mais especificamente, foi recomendada a participação no congresso anual conjunto da Geological Association of Canada- GAC e Mineralogical Association of Canadá - MAC, no período de 19 a 21.05.97, incluindo a excursão *Atypical Gold Deposits in the Abitibi Belt* , de 21 a 25.05.97.

Com o apoio decisivo da CPRM e do GSC, esta viagem ao Canadá foi realizada pelos citados geólogos da CPRM, no período de 17 a 30.05.97, e autorizada pelo Ministro de Minas e Energia, em 05.05.1997.

As principais atividades desenvolvidas durante a viagem estão sumarizadas no presente relatório, onde procurou-se dar ênfase às informações geológicas obtidas durante a excursão ao *Abitibi Belt*, de grande importância para o estabelecimento de modelo genético para os jazimentos auríferos da Província Tapajós.

II-ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM OTTAWA

As principais atividades técnicas desenvolvidas durante a nossa permanência em Ottawa incluem a participação no **GAC/MAC Annual Meeting** (Congresso Anual da Geological Association of Canada- GAC e da Mineralogical Association of Canada - MAC). Esse encontro, realizado nas excelentes instalações do Ottawa Congress Center e do Government Conference Center, no período de 19 a 21.05.97, contou com cerca de 1.000 participantes e revestiu-se de especial importância por marcar as comemorações do 50º aniversário da GAC.

A programação técnica, sob o tema *Novos Horizontes nas Ciências da Terra*, constou de 8 simpósios e 18 seções especiais, abrangendo expressiva variedade de assunto sobre as ciências da terra, complementados por cursos de curta duração, *workshops* e excursões de campo pré e pós-congresso. As seções técnicas incluíram apresentações orais e *posters*, estes últimos muito concorridos e exibidos em horário não coincidente com as demais atividades. Anexos ao local dos *posters* foram montados *stands* de companhias, universidades, serviços geológicos e outras organizações, com destaque para a grande quantidade de livros técnicos expostos para venda.

Foram selecionadas e assistidas as exposições técnicas mais diretamente relacionadas ao estudo de jazimentos auríferos e de sulfetos de metais-base, principalmente na sessão Especial T-11 : *Atypical Gold Deposits*, em consonância com o principal objetivo da nossa visita ao Canadá.

A programação técnica do **GAC/MAC Annual Meeting** está incluída no Apêndice deste relatório.

A segunda atividade em Ottawa constou da participação no **International Symposium : Geomatics in the Era of RADARSAT** (GER'97), realizado no mesmo local do Congresso referido anteriormente, no período de 25 a 30.05.97.

Esse simpósio contou com a apresentação de cerca de 450 trabalhos, com especial foco nos resultados alcançados pelas diversas aplicações do RADARSAT em cerca de 42 países, totalizando algo em torno de 350 projetos, desde que foi lançado pelo Canadá, em novembro de 1995.

Também neste congresso a exibição de *posters* mereceu um especial destaque, bem como a presença de 57 expositores de organizações governamentais e de empresas, visando a comercialização de produtos e serviços de sensoriamento remoto de última geração.

Merece também ser ressaltado a participação brasileira neste encontro, apresentando resultados de projetos aplicativos do RADARSAT executados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, objetivando o monitoramento ambiental da Amazônia e seu desenvolvimento sustentável.

O trabalho *Remote Sensing Studies of Dykes and Faults related to Groundwater*, de M.E. Bailey e H.C. Hall, apresentado em seção *poster*, nos

chamou a atenção, devido a sua possível aplicabilidade em programas de água subterrânea no Nordeste do Brasil. Uma cópia integral do texto, obtido a partir do CD-ROM que contém os Anais do Congresso, está incluído como um dos apêndices deste relatório.

A terceira atividade em Ottawa constou da visita, no dia 29.05.97, às instalações do *Geological Survey of Canada* (GSC), uma das mais antigas e conceituadas instituições governamentais geocientíficas do mundo. Além do contato com diversos geólogos envolvidos no Projeto de Cooperação Brasil/Canadá, mais especificamente no Projeto Tapajós (Yvon Maurice, François Robert e Allan Miller), foi visitada a **biblioteca**, considerada a mais completa do Canadá em livros geocientíficos, e o **setor de cartografia**, onde foi explicado todo o processo digital de elaboração de mapas temáticos. Isto inclui desde coleta dos dados no campo, até a impressão final, o que reduz consideravelmente o tempo de disponibilização dos produtos para os usuários.

III - EXCURSÃO AO ABITIBI BELT

O ponto alto da nossa visita ao Canadá foi a excursão a um dos mais bem estudados terrenos tipo *greenstone belt* arqueano do mundo, portador de importantes depósitos de ouro. Como ocorre na maioria dos jazimentos de ouro considerados típicos de *greenstone belt*, as mineralizações estão quase sempre associadas a veios de quartzo-carbonato, hospedados em zonas de cisalhamento, e as zonas de alteração com carbonatos, sericita e pirita (Couture & Robert, 1977). Entretanto, vários outros autores tem reconhecido um maior grau de diversidade em depósitos de ouro associados a *greenstone belts*, produzindo vários estilos de mineralização, atribuídas à diferenças na composição da rocha hospedeira, ao grau metamórfico e às profundidades de formação (Calvine, 1989; Groves et al, 1995). Estas variedades incluem mineralizações de ouro associadas a veios quartzo-carbonato, a zonas de sulfetos disseminados/ *stockwork* e a lentes de sulfetos maciços.

Segundo Couture & Robert (1977), o debate sobre esta questão tem sido polarizada essencialmente em duas categorias genéricas de modelos: 1) modelos sindeformais relacionados a zonas de cisalhamento, com depósitos formados em variados níveis crustais (Groves et al, 1995); e 2) modelos relacionados a intrusões, com depósitos formados em níveis crustais superiores e retrabalhados pela deformação (Mason & Helmsteadt, 1992). Ambos os modelos têm méritos quando aplicados em depósitos individuais, mas criam problemas quando generalizados para grupos extensos de depósitos em um *greenstone belt* . Estes problemas referem-se principalmente à época de deposição do minério em relação aos processos metamórficos e deformacionais.

A excursão **Atypical Gold Deposits in the Abitibi Belt**, integrante da programação do **GAC/MAC Annual Meeting**, foi realizada no período de 21 a 25.05.97, e objetivou mostrar que existem diferentes tipos de depósitos auríferos no *Abitibi Belt* , talvez representativos de todos os modelos discutidos acima. Para tanto, foram selecionados depósitos e ocorrências **típicas** de ouro associado a

veios de quartzo-carbonato, e também jazimentos **atípicos**, mostrando que existem vários outros modelos de depósitos, formados em épocas e ambientes geológicos diferentes, durante a evolução do *Abitibi Belt*. A excursão teve como guias os geólogos Dr. Jean-François Couture (CAMBIOR) e Dr. François Robert (SGC), e dela participaram 15 geólogos, a maioria deles pertencente a companhias de mineração canadenses (Cameco Gold Inc., Cyprus Canada Inc., etc).

O itinerário e os pontos visitados na excursão estão mostrados na Figura 1. As principais características observadas nas exposições de minas subterrâneas e de superfície, bem como as discussões sobre os condicionamentos das mineralizações de ouro, serão descritas a seguir, acompanhadas de numerosas ilustrações.

III.1 - Mina Géant Dormant

A visita a mina subterrânea Géant Dormant contou com o apoio do geólogo Dr. Damien Gaboury, responsável pelo estudo estrutural e metalogenético do jazimento, desenvolvido entre 1993 e 1996, e motivo de sua tese de doutorado (Damien, 1996). Trata-se de um exemplo de depósito vulcanogênico tipo veio de quartzo-sulfetos, mostrando muitas similaridades com outros depósitos auríferos arqueanos tipo veio, associados a zonas de cisalhamento, em rochas vulcânicas de facies metamórfica xisto verde. Mas a geometria dos corpos de minério e sua mineralogia são diferentes.

O depósito de Géant Dormant foi descoberto em 1976, a partir de levantamentos geofísicos (magnetometria e resistividade), e sua exploração comercial foi iniciada em 1988, produzindo até 1991 cerca de 3 toneladas de ouro e 3,7 toneladas de prata. Atualmente, as reservas foram avaliadas em 578.000 t, com teor de 11,2 g/t, e produção anual em torno de 1,5 toneladas de ouro (Couture & Robert, 1997).

Geologia da mina Os jazimentos de ouro estão hospedados em sequência vulcanosedimentar composta por *sills* máficos toleííticos, interacamadados com sedimentos pelágicos e derrames de lavas máficas toleííticas com estrutura *pillow* e lavas félsicas calci-alcálicas. Estas últimas incluem um domo subvulcânico dacítico e enxames de diques polifásicos feldspato-porfiríticos e quartzo-feldspato-porfiríticos (Figuras 2a, 2b e 2c).

O acamadamento das rochas vulcânicas tem direção predominantemente E-W e mergulho forte para sul, formando uma estrutura homoclinal normal e simples, com deformação interna fraca e heterogênea. As relações espaciais entre os elementos planares e lineares mostram que a Mina Géant Dormant está localizada na aba norte de uma estrutura sinclinal (Figura 2d).

Durante a nossa visita à mina subterrânea, foram observados inicialmente, no Nível 190 (figura), intervalos de *pillow lavas* deformadas (Figuras 3 e 4), com brechas no topo, em contato com sedimentos intercalados com *sills* máficos, estes

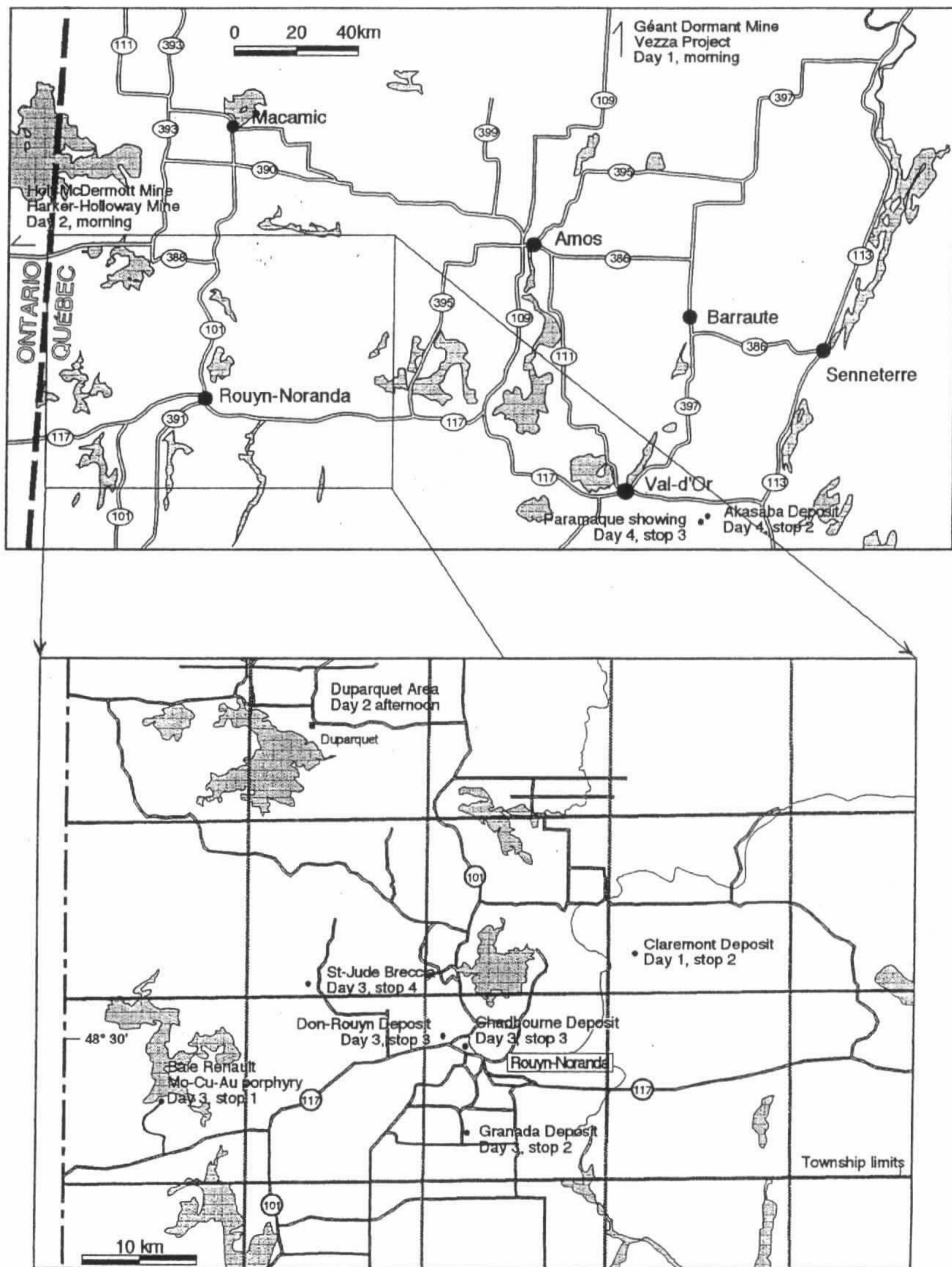


Figura 1 - Localização dos percursos e dos pontos visitados durante a excursão ao "Abitibi Belt".

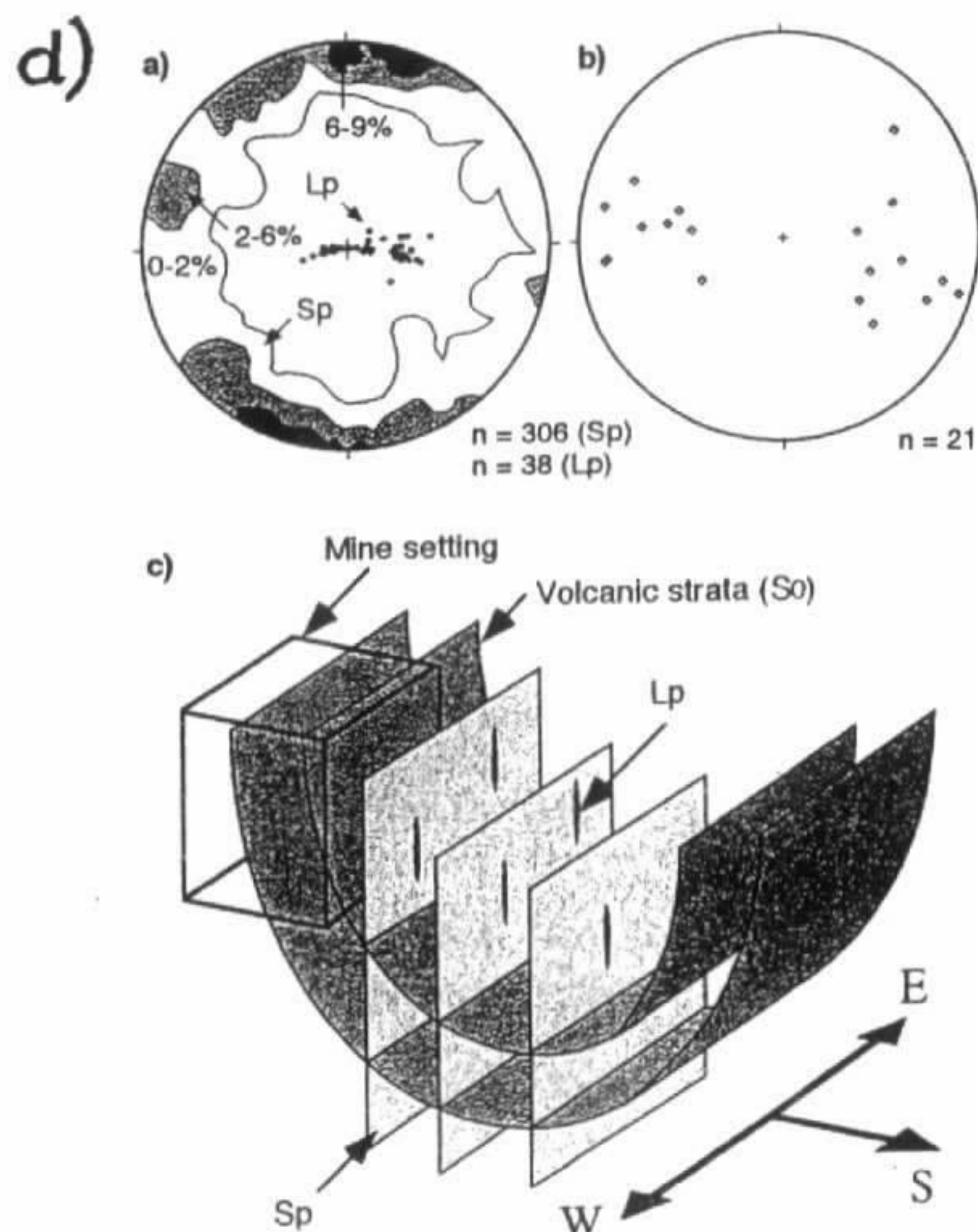
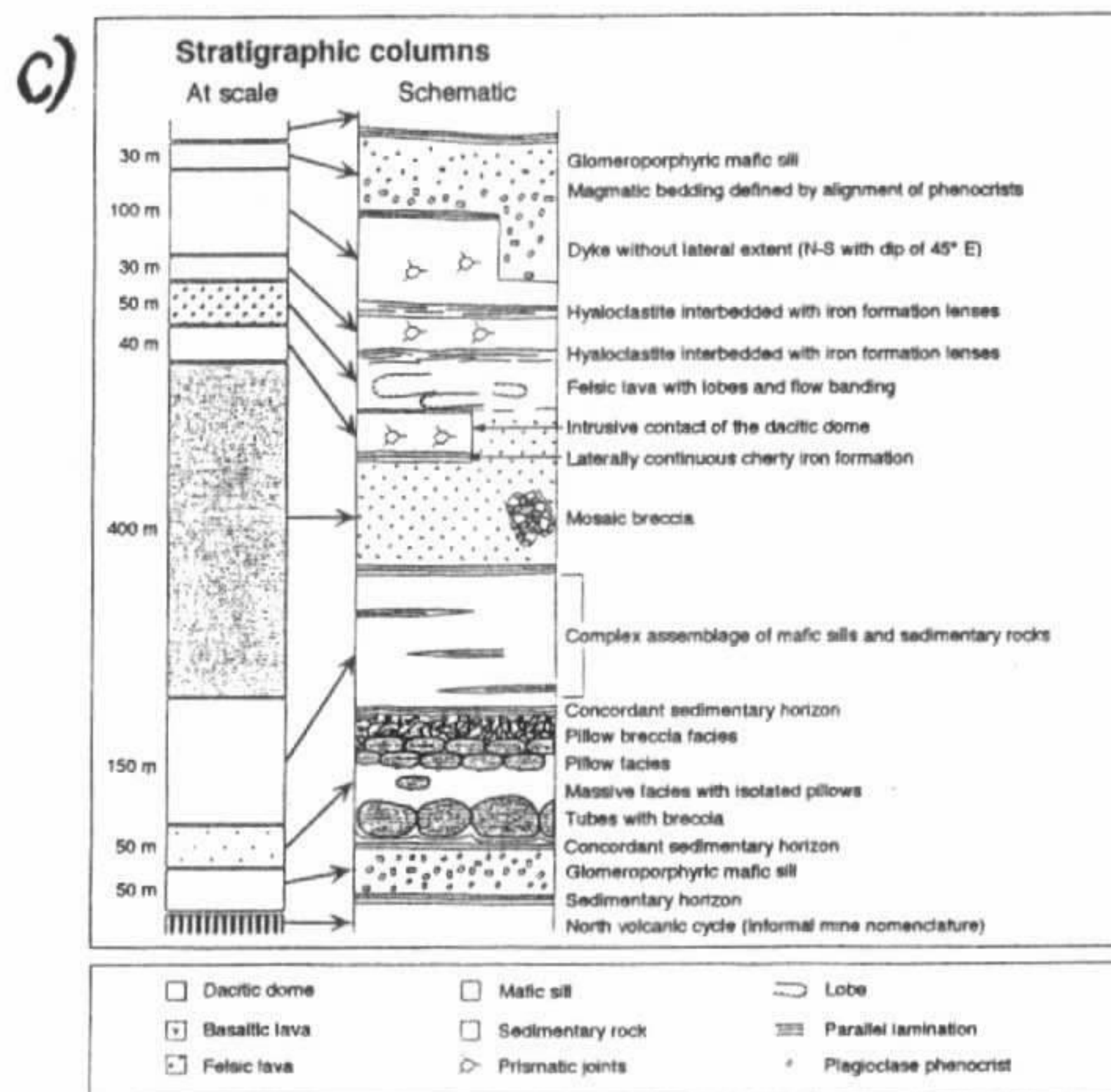
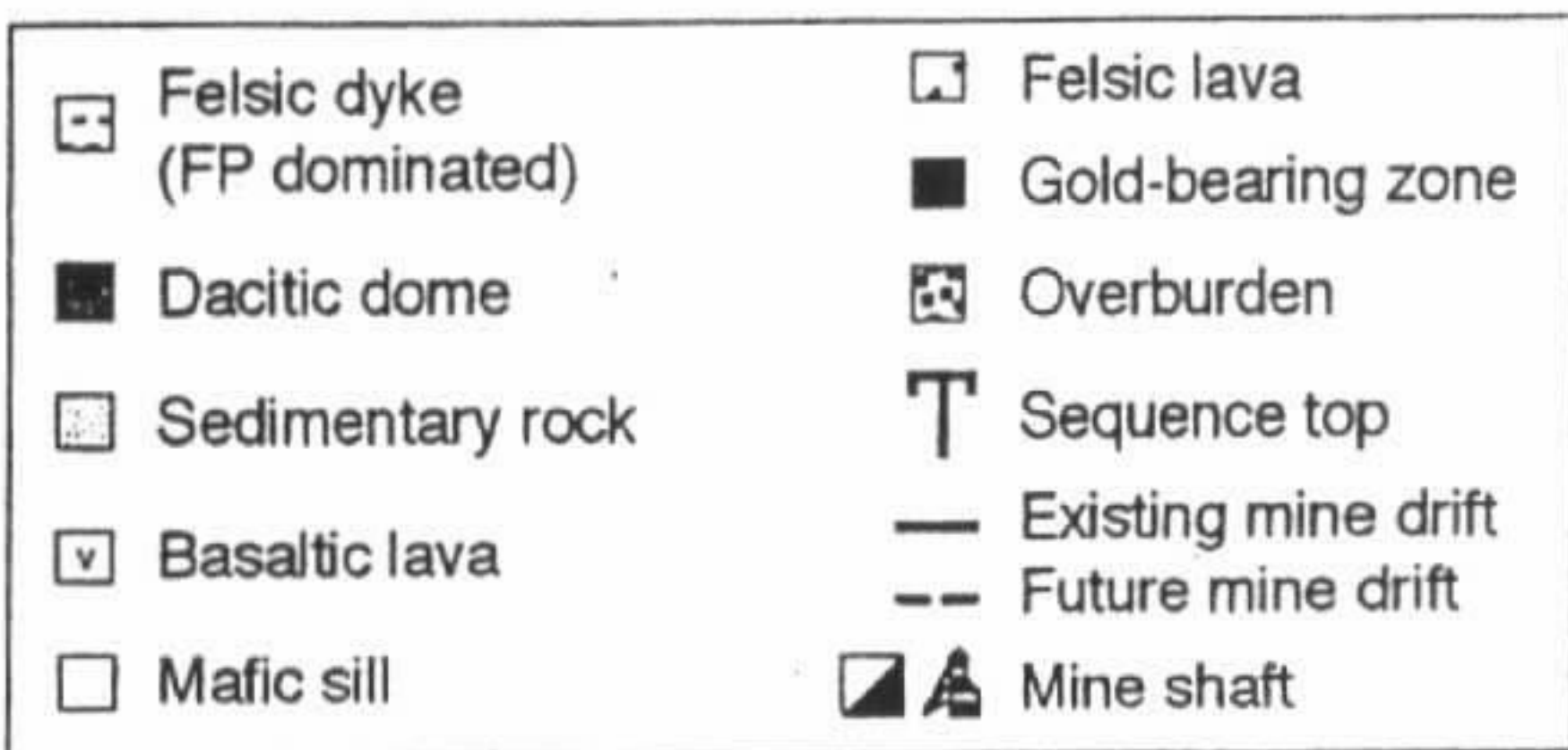
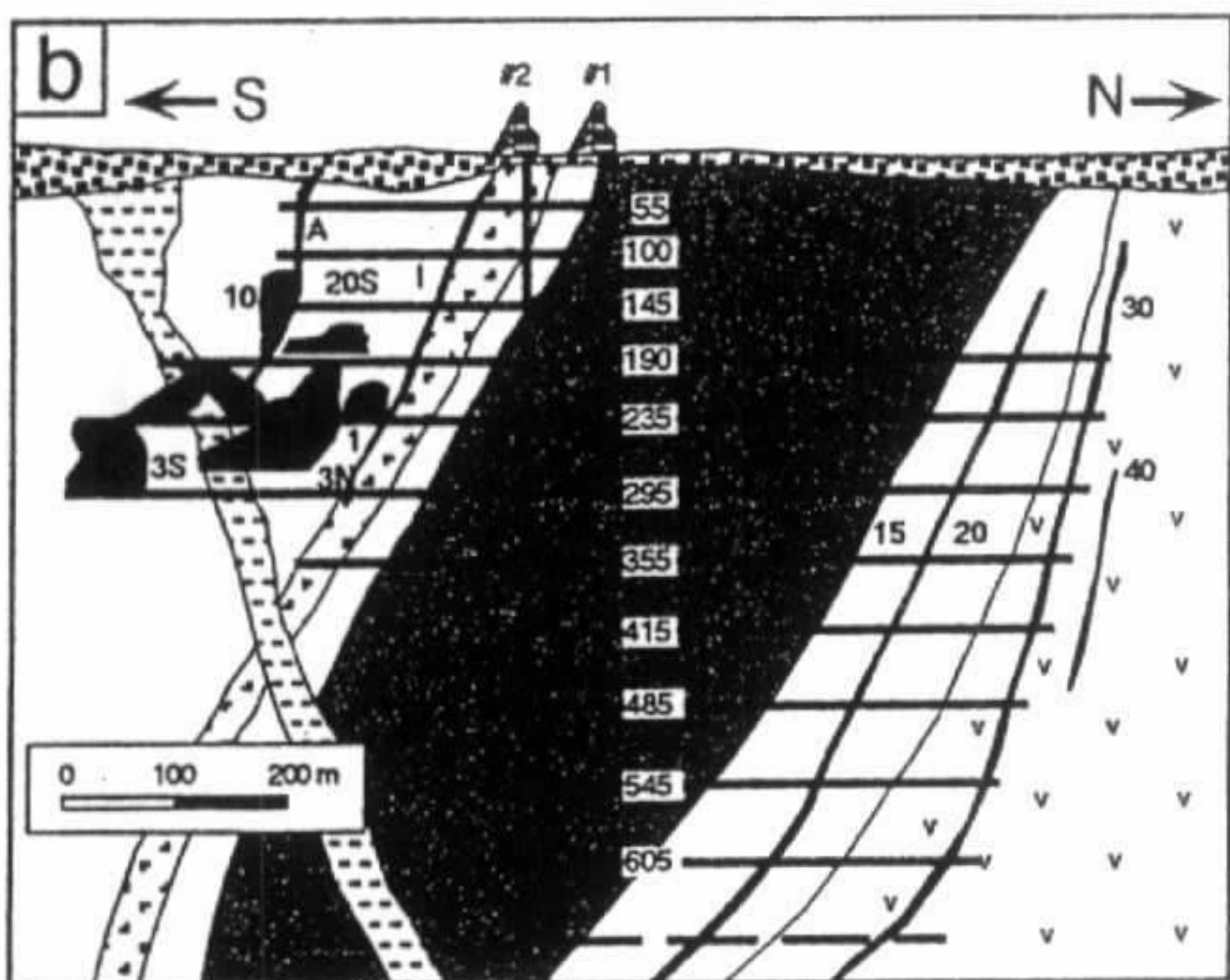
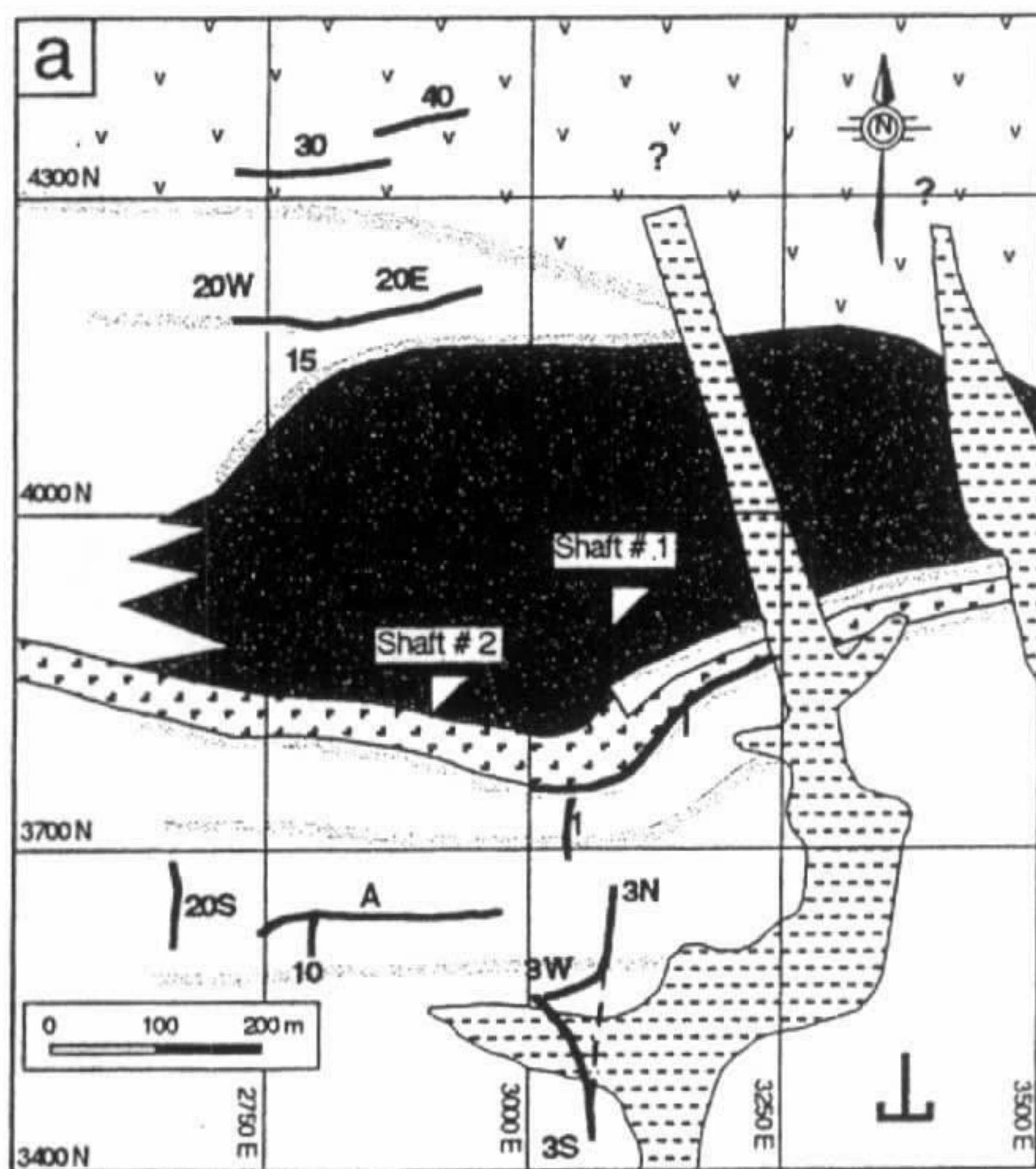


Figura 2 - a) Geologia simplificada da mina Géant Dormant; b) seção vertical da mina, com posição dos níveis de exploração; c) coluna estratigráfica da sequência hospedeira dos jazimentos de ouro; d) feições estruturais e posição da mina (Sp - fábrica planar; Lp - lineação de estiramento).



Figura 3 - Exposições de basaltos (" pillow " lavas), na galeria do nível 190 da Mina Géant Dormant.



Figura 4 - Detalhe das " pillow " lavas, recortadas por abundantes venulações de quartzo.

hospedando veios de quartzo-carbonato, mineralizados em ouro (prata) e sulfetos (pirita, calcopirita, estalerita, etc). Na continuidade da mesma galeria ocorrem diques máficos/ultramáficos com sulfetos disseminados e domo félsico subvulcânico, localmente brechado, por vezes com veios de quartzo budinados (Figura 5) e com conteúdo de sulfetos muito variado (Figura 6). Segundo informações verbais de D. Gaboury, nas partes mais ricas as concentrações atingem 34 g/t Au. Os veios de quartzo são geralmente centimétricos e neste local não desenvolvem lateralmente alterações significativas, e muito raramente atingem espessuras decimétricas.

Em outra parte da galeria, estão expostos *sills* máficos com veios extensionais múltiplos de quartzo, e lentes de concentrações de sulfetos subparalelas aos limites do *sill*.

Segundo F. Robert (comentário no local), existem similaridades da paragênese sulfetada com aquela observada no Garimpo Bom Jesus, na Província Tapajós.

Mineralização São reconhecidos três eventos sucessivos de mineralização, porém apenas o último delas tem atualmente importância econômica.

O estágio inicial caracteriza-se pela disseminação de ouro (< 3 g/t Au) associado a calcopirita e pirrotita, em rochas formadas no paleo-assoalho oceânico, principalmente concentrados nas *pillow lavas* , com os feldspatos totalmente destruídos, e as alterações de clorita, sericita e quartzo presentes. O estágio intermediário envolve a alteração e mineralização do domo dacítico, com disseminações de ouro associado a pirita (< 2 g/t Au). O último estágio de atividade hidrotermal foi o responsável pela formação das mineralizações associadas a veios de quartzo com ouro e sulfetos, por vezes em arranjos complexos, ou *stratabound* em sedimentos, principalmente próximo ao contato com *sills* máficos.

Observa-se que deformação a dúctil afeta todos os tipos de jazimentos.

O modelo metalogenético proposto para o depósito da Mina Géant Dormant está ilustrada na Figura 7

Após as observações na mina subterrânea, foram examinados testemunhos de sondagens no depósito da mina (Figura 8), chamando-se a atenção para a presença de sulfetos maciços sob a forma de pelóides, na unidade de *pillow lavas* , também mineralizados em ouro (3 a 5 g/t).

III.2 - Depósito de Claremont

O depósito de Claremont, considerado *atípico* dentro do contexto do *Abitibi Belt*, localiza-se a cerca de 40 km a nordeste de Rouyn-Noranda, Québec. Trata-se de um jazimento de ouro em veios de quartzo associados a uma zona de



Figura 5 - Veios de quartzos bu-
dinados concordantes com a foli-
ação e veios de quartzo-carbo-
nato oblíquos, encaixados em
domo dacítico, com sulfetos e ou-
ro disseminados.

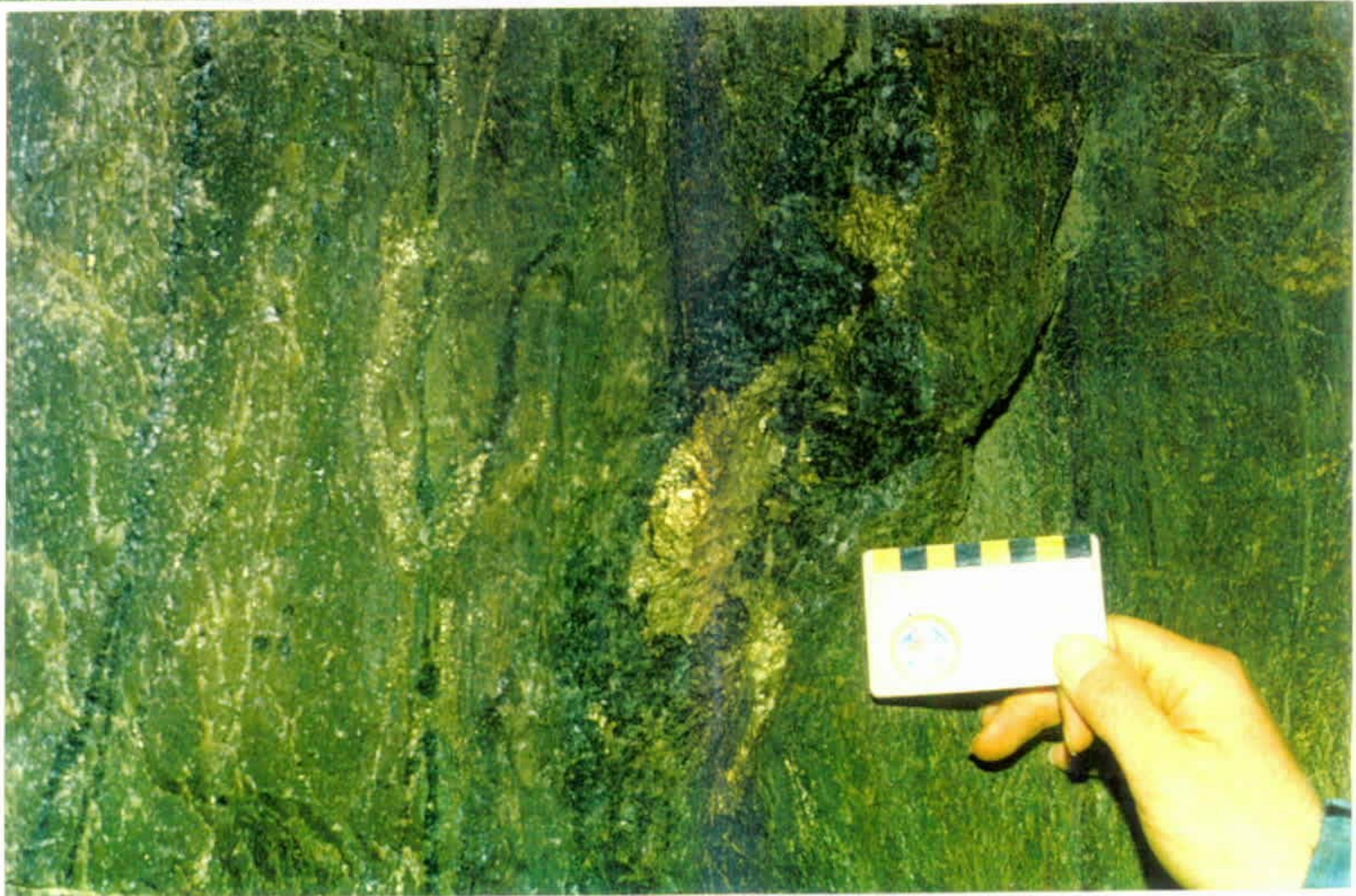


Figura 6 - Detalhe de zona de disseminações e bolsões de sulfetos, no
mesmo local da foto anterior.

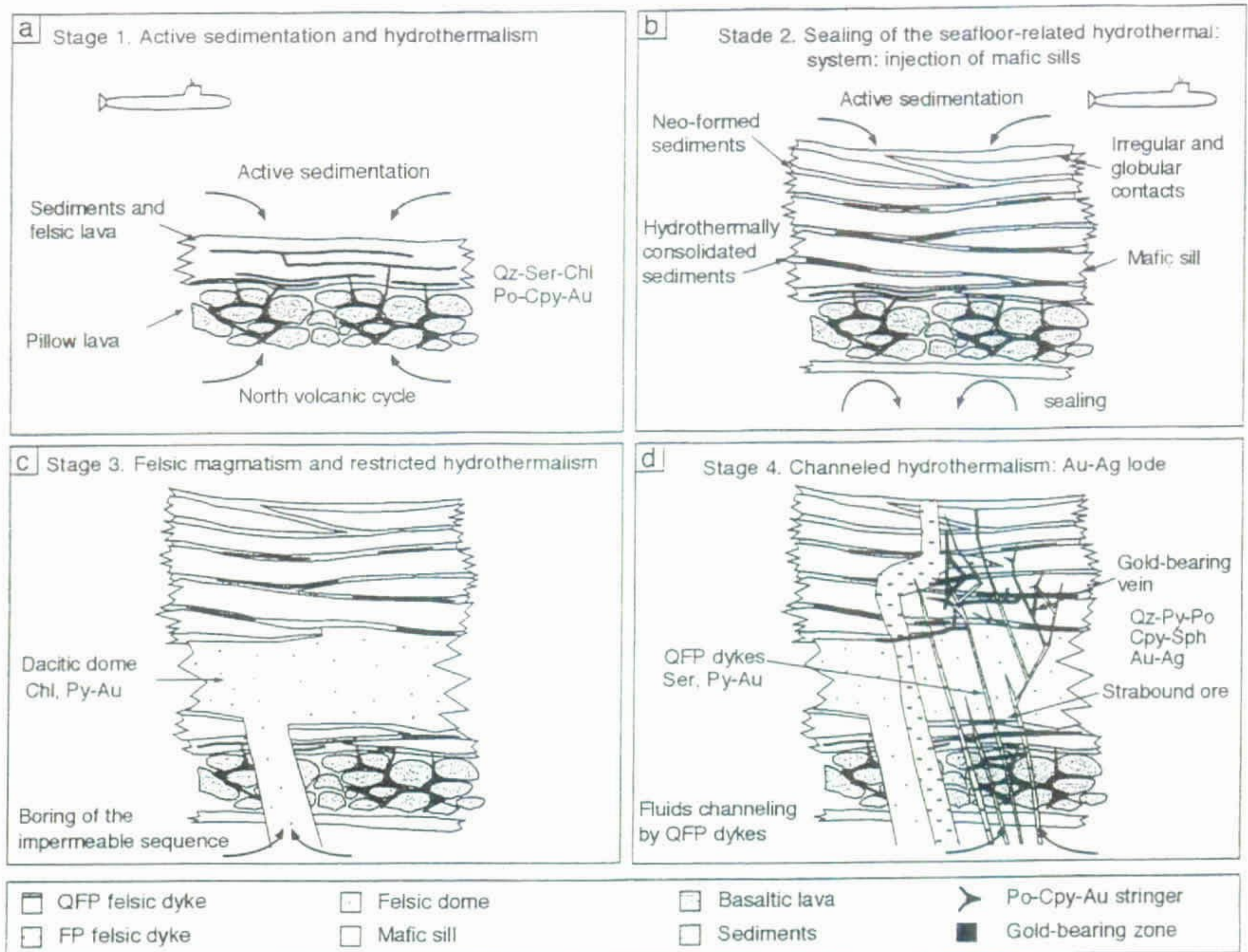


Figura 7 - Modelo metalogenético dos jazimentos auríferos da mina Géant Dormant.



Figura 8 - Descrição de testemunhos de sondagem na mina Géant Dormant, e exposição do geólogo Damien Gaboury (último à direita).

cisalhamento dúctil contracional no Plúton Cléricy, uma intrusão diorítica-tonalítica, cuja idade é de 2.696 Ma. Esta intrusão está hospedada em rochas vulcânicas do Grupo Black River (Figura 9).

Este depósito foi descoberto em 1935 através de prospecção superficial e, desde então, foram feitas várias tentativas para viabilizar a exploração comercial do mesmo, nenhuma delas conduzidas em profundidades abaixo de 100 metros. Trata-se de um pequeno depósito, com reserva estimada em cerca de 75.000 t com teores de 5,8 g/t Au (Tourigny & Trudel, 1988).

Geologia do depósito A Zona de Cisalhamento Caputo, onde estão encaixados os veios mineralizados, tem cerca de 10 metros de espessura e mergulho moderado para norte, e possui contatos bruscos com a encaixante tonalítica-diorítica.

Durante a excursão foi descrito um afloramento característico do depósito de Claremont, tendo-se como principal guia Jean-François Couture. Trata-se de um afloramento constituindo colina suave, onde estão expostas as feições principais da Zona de Cisalhamento. Neste local é evidente que existem múltiplos episódios de colocação de veios de quartzo, os principais localizados paralelamente aos limites de zona de cisalhamento (veios longitudinais, laminados) , e dois sistemas de veios oblíquos, extensionais. Indicadores cinemáticos (lineação de estiramento, estrias, alguns veios extensionais, dobras de arrasto, e relações angulares entre a foliação e os limites de zona de cisalhamento) indicam movimento contracional. Entretanto, ocorre outro sistema muito expressivo de veios extensionais, cuja relação angular com a zona de cisalhamento indica movimento contrário (extensional) (Figuras 10 e 11). Estes veios, juntamente com aqueles outros pouco deformados, representam um episódio tardio, que inclusive produz dobramentos e budinagem nos veios mais antigos (Figura 12).

Na parte superior do afloramento observa-se alternância de zonas muito milonitizadas e zonas pouco deformadas, ocorrendo intenso fraturamentos ortogonais nestas últimas. Também afloram diques de diabásio não deformados, com cerca de 15 cm de espessura, paralelos e oblíquos em relação à zona de cisalhamento.

Foram observadas disseminações de sulfetos (pirita e calcopirita) em veios de diferentes episódios, encaixados em diorito milonitizado muito epidotizado.

O ambiente estrutural do depósito de Claremont é muito semelhante àqueles observados na maioria dos depósitos mesotermiais de ouro tipo veio associados a zonas de cisalhamento dúctil-rúptil, no *Abitibi Belt* (Couture & Robert, 1997).

Mineralização O depósito de Claremont caracteriza-se por uma mineralogia contendo quartzo, calcita, epidoto, titanita, clorita, albita e actinolita, *atípica* em relação a depósitos similares, onde os minerais de alteração mais comuns são carbonato ferro-magnésiano e muscovita. segundo J.F. Couture (in Couture & Robert, 1997). Existem duas hipóteses para explicar esta mineralogia *anormal* : a primeira, seria devida à presença de dique de diabásio nas proximidades, de idade proterozóica, com cerca de 50 km de comprimento por 100 m de largura, que teria

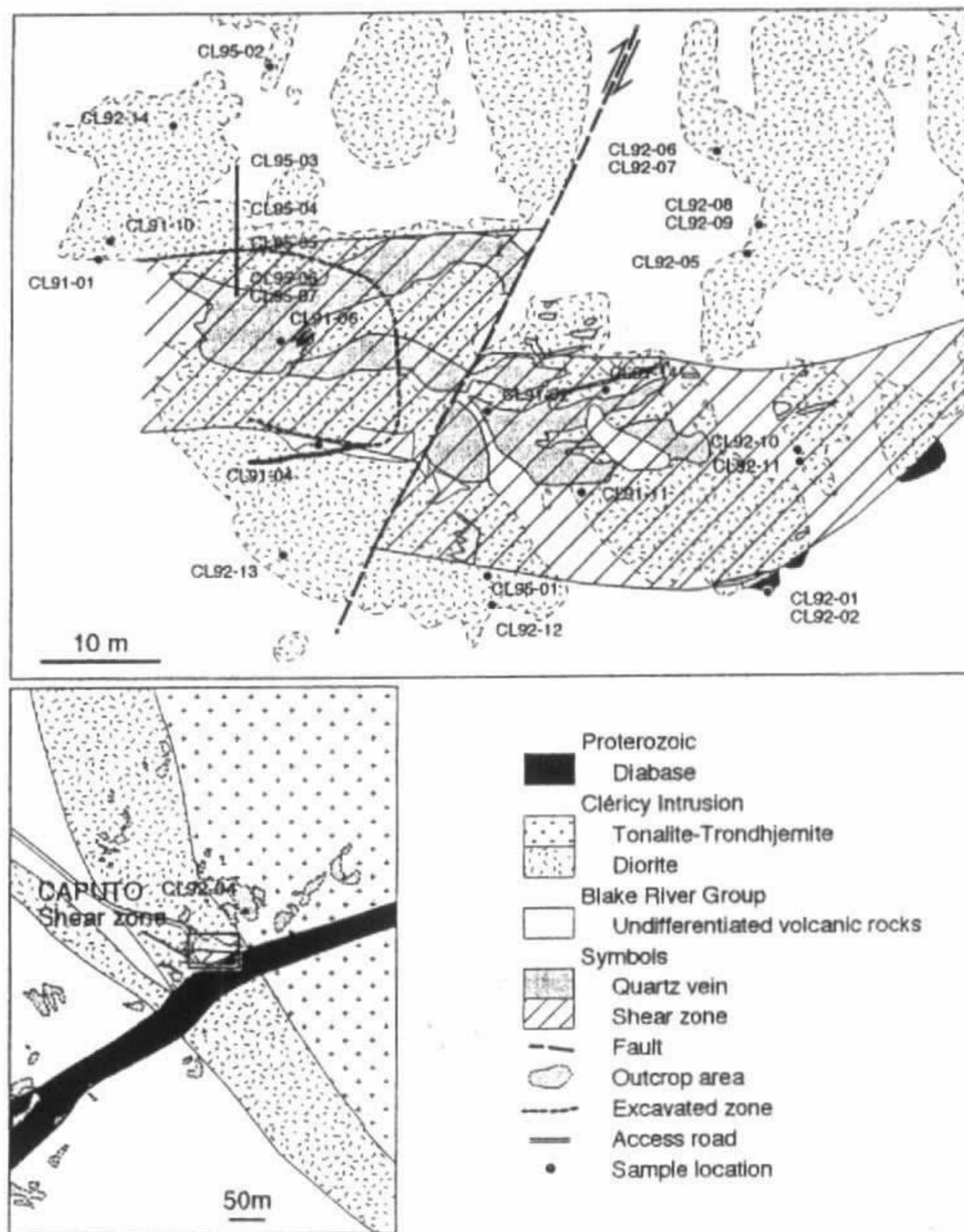


Figura 9 - Geologia do depósito Claremont e localização da Zona de Cisalhamento Caputo.

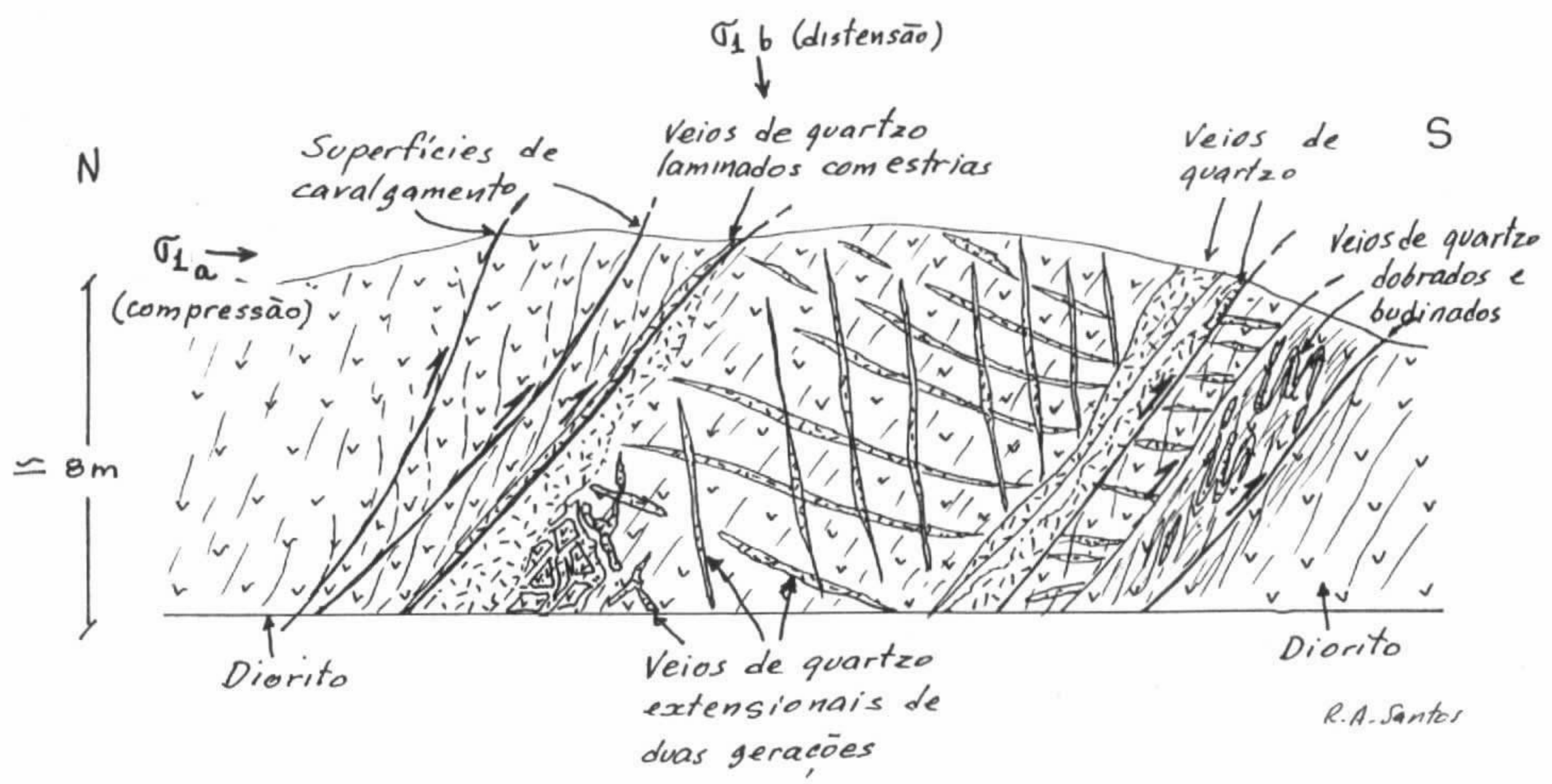


Figura 10 - Perfil geológico esquemático de afloramento típico da Zona de Cisalhamento Caputo, com veios de quartzo indicando tanto movimento contraccional como distensional (explicação no texto).



Figura 11 - Aspecto geral do afloramento de diorito afetado pela Zona de Cisalhamento Caputo, mostrada na Figura 10. Observar abundantes veios de quartzo com orientações paralelas e oblíquas à zona de cisalhamento.



Figura 12 - Detalhe de veios de quartzo estirados e dobrados na Zona de Cisalhamento Caputo (mesmo local da foto anterior).

alterado metassomaticamente o depósito; e a segunda, considerada a mais provável, admite que a mineralogia *atípica* foi formada na fase hidrotermal primária, pois preservam texturas indicativas de cristalização contemporânea à formação dos fluidos mineralizantes.

III.3 - Mineralizações disseminadas de ouro, associadas a sienitos, ao longo da Zona de Falha Porcupine-Destor

Ao longo da Zona de Falha Porcupine-Destor, cujo *trend* regional é E-W, ocorrem vários depósitos auríferos com ambiente geológico, alteração hidrotermal e natureza dos minérios similares, sendo considerados com um grupo particular *atípico de lode gold deposits*. São frequentes ao longo dessa falha segmentos *aprisionados* de rochas sedimentares aluviais-fluviais, especialmente associadas com diques e *stocks* de rochas monzoníticas a sieníticas (Figura 13). As mineralizações auríferas ocorrem em venulações de quartzo tipo *stockwork*, com alterações geralmente dos tipos carbonato-sericita e carbonato-albita (F. Robert, in Couture & Robert, 1997).

Nesta parte da excursão, guiada especificamente por François Robert, foram descritas exposições subterrâneas na Mina Holloway e vários afloramentos ao longo da Zona de Falha Porcupine-Destor, sempre associadas a intrusões monzoníticas-sieníticas, além de uma exposição espetacular de lavas komatiíticas, não prevista inicialmente no roteiro.

III.3.1- Mina Holloway

O depósito aurífero, onde atualmente localiza-se a mina Holloway, foi descoberto em 1922 e explorado intermitentemente até a metade dos anos 80. Em 1988, um programa intensivo de sondagens descobriu uma zona mineralizada a 200 m de profundidade (*Lightning Zone*), cujo volume de minério foi estimado em 5 milhões de toneladas a 8,6 g/t Au.

A exploração atual foi iniciada em 1994, baseada numa reserva minerável de 5,8 milhões de toneladas a 6,7 g/t Au, com vida útil de 13 anos. Atualmente o *shaft* encontra-se entre os níveis 400 e 520.

Antes da visita à lavra subterrânea, o geólogo da mina Richard Labine fez uma exposição para os participantes da excursão, resumindo a geologia da mina e os controles da mineralização, ilustrando com amostras de mão representativas do depósito : rocha ultramáfica com fucsita; rocha ultramáfica com textura *spinifex* ; rocha da zona de alteração de sericita e carbonato, com aspecto globular; e conglomerado polimítico, com seixos algo estirados.

Geologia da mina A propriedade conhecida como *Joint Venture*, onde se localiza a mina Holloway, em Ontário, envolve rochas do Complexo Destor-

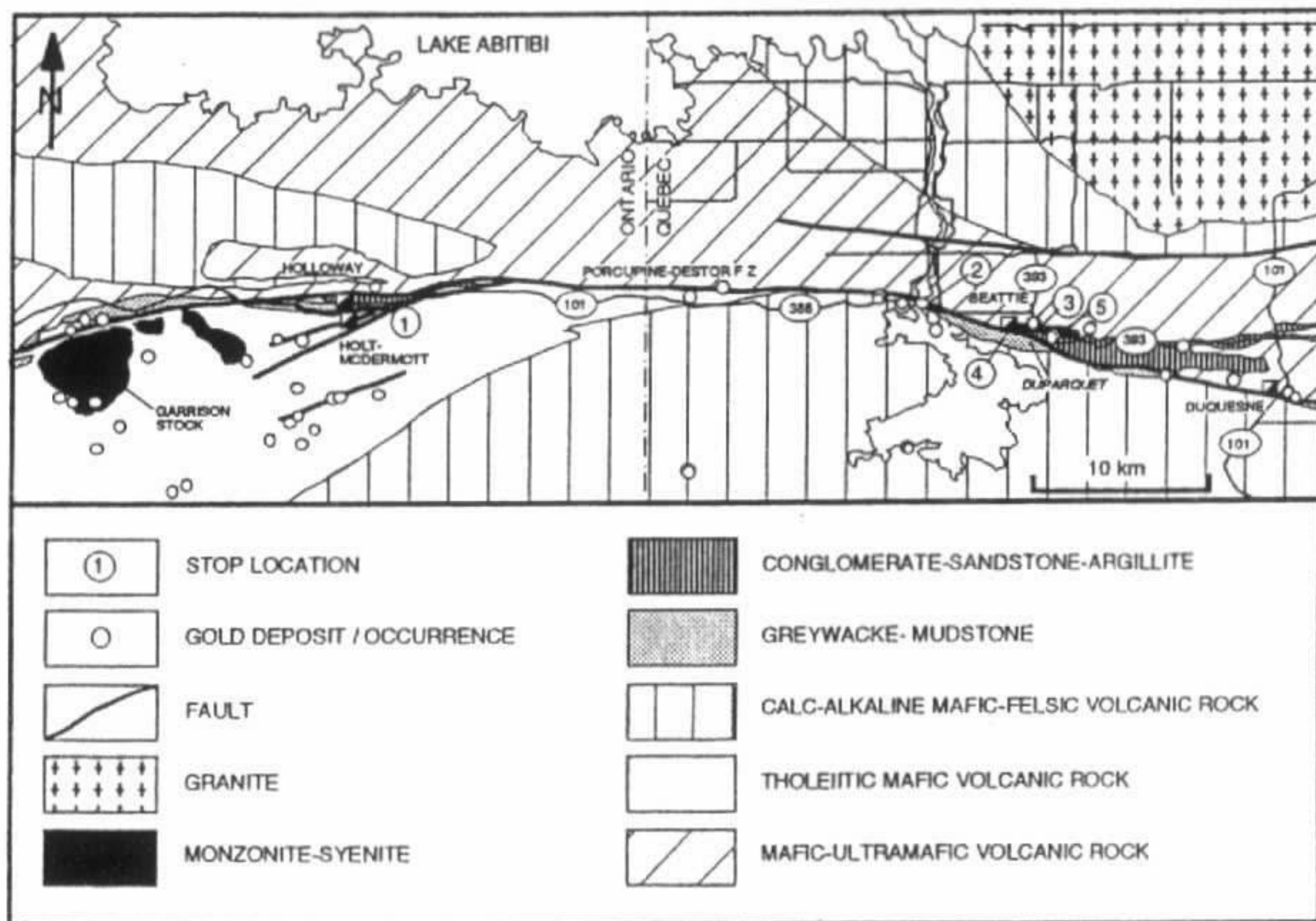


Figura 13 - Geologia simplificada do segmento Harker-Holloway-Duparquet da Zona de falha Porcupine-Destor, e localização dos pontos visitados.

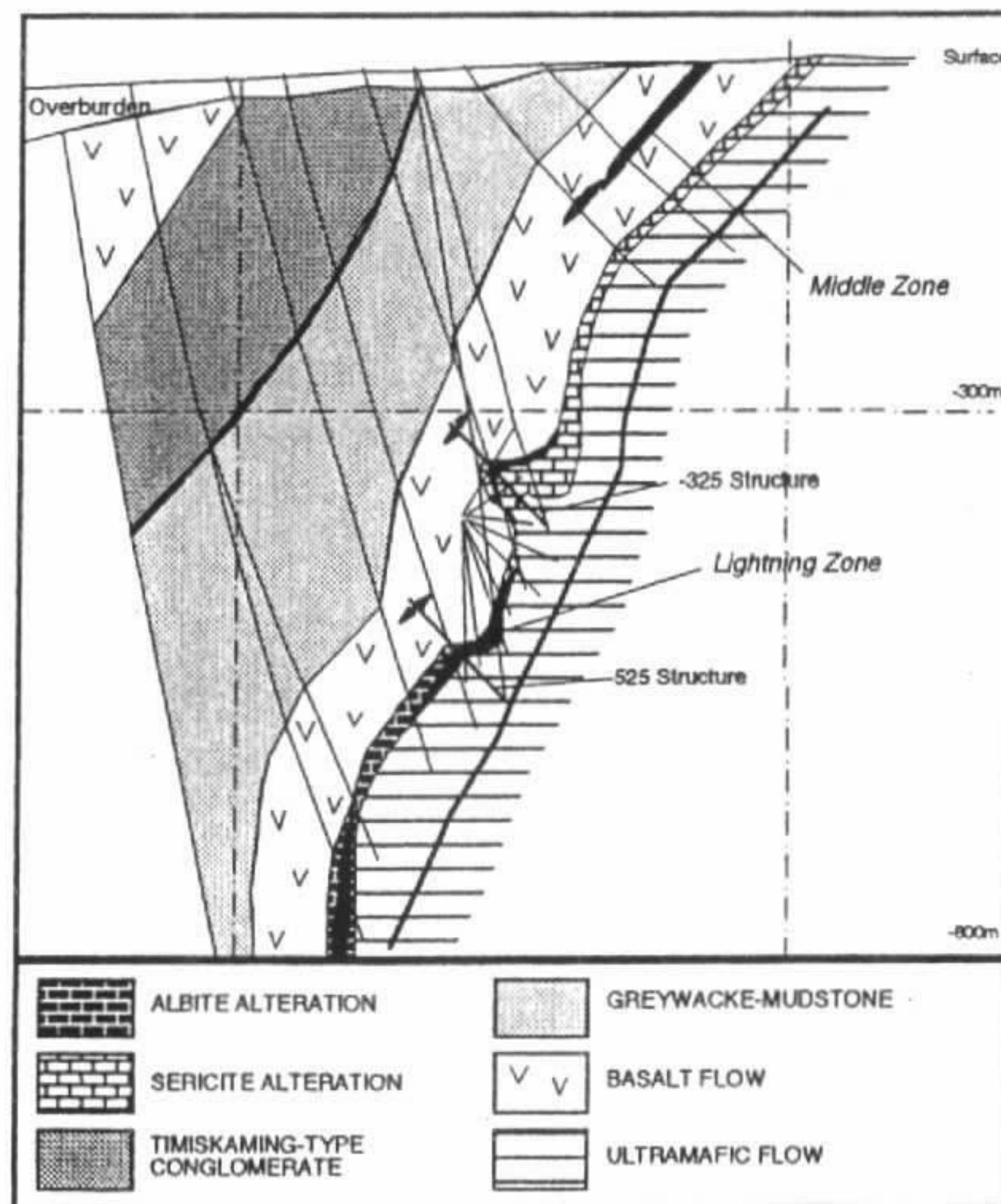


Figura 14 - Seção vertical da mina Holloway, com destaque para a Lightning Zone, local visitado na excursão.

Porcupine, definido por Jensen & Langford (1985). Este complexo inclui rochas vulcânicas toleiíticas e komatiíticas, intercaladas com rochas sedimentares (Figura 14).

O corpo mineralizado, denominado *Lightning Zone*, ocorre em uma sequência de derrames Fe-toleiíticos, sotopostos a sedimentos clásticos e sobrepostos a uma mistura de lavas komatiíticas e toleiíticas e sedimentos subordinados. Os mergulhos são moderados a fortes para sul (Figura 14). As rochas sedimentares compreendem uma associação de grauvacas e argilitos, e uma associação de conglomerado e arenito arcossiano. São afetadas por foliação penetrativa e dobramentos transversais, localmente perturbados por falhas.

As observações efetuadas durante a visita à mina subterrânea concentraram-se no nível 415 (*Lightning Zone*), onde ocorrem inicialmente basaltos *pillow* muito estirados, alternados com basaltos maciços, e estruturados em dobras abertas. Também estão expostas neste local zonas de alteração de albita-quartzo e sericita. Grande parte do percurso foi feito em galeria que acompanha falha orientada E-W, no sentido W, onde está sendo desenvolvida a frente de lavra. Os trabalhos avançam ao longo da zona de alteração sericita e albita, entre os basaltos e rochas metaultramáficas que constituem a *Footwall Sequence*. Neste ambiente geológico existe alta concentração de sulfetos (inclusive sulfetos maciços) e ouro, associados a veios de quartzo de múltiplas gerações, por vezes constituindo *stockworks*.

Mineralização Os jazimentos auríferos estão concentrados na *Lightning Zone*, mais frequentemente em zonas de alteração albita-quartzo, associadas a toleiítos (hialoclastito-variolítico) e caracterizada pelas mais altas concentrações de veios de quartzo em relação às zonas de alteração de sericita, que ocorrem adjacentes. Existe também uma subfacies de alteração hematítica, desenvolvida localmente, tanto na facies albita-quartzo como na facies sericita. O ouro ocorre acompanhando concentrações de pirita relativamente abundante (até 10% do volume de rocha albitizada), com arsenopiorita muito subordinada. Teoricamente, seria esperado que as concentrações de ouro fosse proporcionais àquelas de pirita. Entretanto, observa-se que as piritas mais finamente granuladas são mais auríferas que aquelas mais grosseiras (Labine & Cooper, in Couture & Robert, 1997).

III.3.2- Afloramentos descritos ao longo da Zona de Falha Porcupine-Destor

Ao longo da rodovia 388 ocorrem vários afloramentos representativos das sequências vulcânicas e sedimentares que ocorrem ao longo da Zona de Falha Porcupina-Destor, orientada E-W. Um desses afloramentos (ponto 2 da Figura 1) foi descrito em detalhe. Trata-se de um corte orientado N-S, ortogonal à falha regional, onde se observa uma sequência vulcanossedimentar subverticalizada, com zonas alternadas de alto e baixo *strain* , neste último caso preservando localmente estrutura primárias. Foram descritos de norte para sul : basaltos maciços com sulfetos disseminados e zonas de cisalhamento localizados; basaltos *pillow*

estirados; conglomerados; rocha carbonática; grauvaca; siltitos/arenitos finos; filitos com *kink bands* ; siltitos/argilitos (Figura 15).

Segundo Greg Stott, do Ontario Geological Survey, (comunicação verbal; Figura 16), os sedimentos são muito semelhantes àqueles desenvolvidos em bacias tipo *pull apart* na região do Lago Superior, onde também ocorrem intrusões sieníticas nas proximidades. Ainda neste local, François Robert exibiu amostra do sienito que ocorre na região, com duas facies principais, uma de granulação fina e outra porfirítica, ambas isotrópicas. Têm disseminações de sulfetos, com teores de ouro em torno de 5g/t.

Outro afloramento descrito localiza-se na entrada de Duparquet (Ponto 3 da Figura 1). Trata-se de um conglomerado polimítico pertencente à base da Formação Duparquet, contendo clastos de sedimentos Timiskaming, principalmente *chert* preto e *jasper*, além de sienito e de quartzo de veio. Mostra deformação dúctil heterogênea, *shear bands* observados em planta, e lineação de estiramento de baixo *rake* indicam movimento transcorrente dextral. Também foram observadas minidobras tipo Z evoluindo progressivamente para *kink bands*. (Figuras 17 e 18)

Ainda nas proximidades de Duparquet, foram descritos afloramentos sob a forma de lajedos no topo de colina (Ponto 4 da Figura 1), onde existia antigamente o *shaft* da mina Beattie. São exposições representativas das intrusões sieníticas referidas anteriormente, muito fraturadas e com veios de quartzo-carbonato quase sempre com menos de 1 cm de espessura e multidirecionais (*stockwork*). Também ocorrem zonas subverticalizadas de concentração de cisalhamento dúctil, anastomosadas (milonitos mineralizados com concentrações de sericita) com orientação geral E-W (Figura 19). Observou-se ainda o contato discordante (não-conformidade) do Conglomerado Duparquet com os sienitos (Figura 20).

Observação : Os depósitos auríferos atípicos descritos neste item mereceram da nossa parte especial atenção, devido a sua associação com intrusões monzoníticas-sieníticas, e cujo modelo metalogenético elaborado por Robert (1997) mostra muita similaridade com a tipologia de vários jazimentos auríferos tipo veio e *stockwork* na Província Tapajós, no Estado do Pará: (Santos, 1996 e 1997; Coutinho, 1996; Coutinho et al, 1997). O modelo proposto baseia-se nos fatos de que os corpos mineralizados ocorrem espacialmente relacionados a *stocks* e diques de rochas sieníticas-monzoníticas. No caso do *Abitibi Belt*, estas rochas têm idades em torno de 2.676 Ma. Esses corpos mineralizados podem ser proximais às intrusões ou distais, nesse caso posicionados a vários quilômetros das mesmas, podendo ocorrer ao longo de falhas ou de contatos geológicos, mas sempre relacionados a um amplo sistema hidrotermal centrado nos sienitos e monzonitos (Figura 21).

Estes depósitos de ouro disseminado tendem a possuir baixos teores, em torno de 3 a 5 g/t Au, porém são economicamente muito importante, devido às tonelagens significativas.

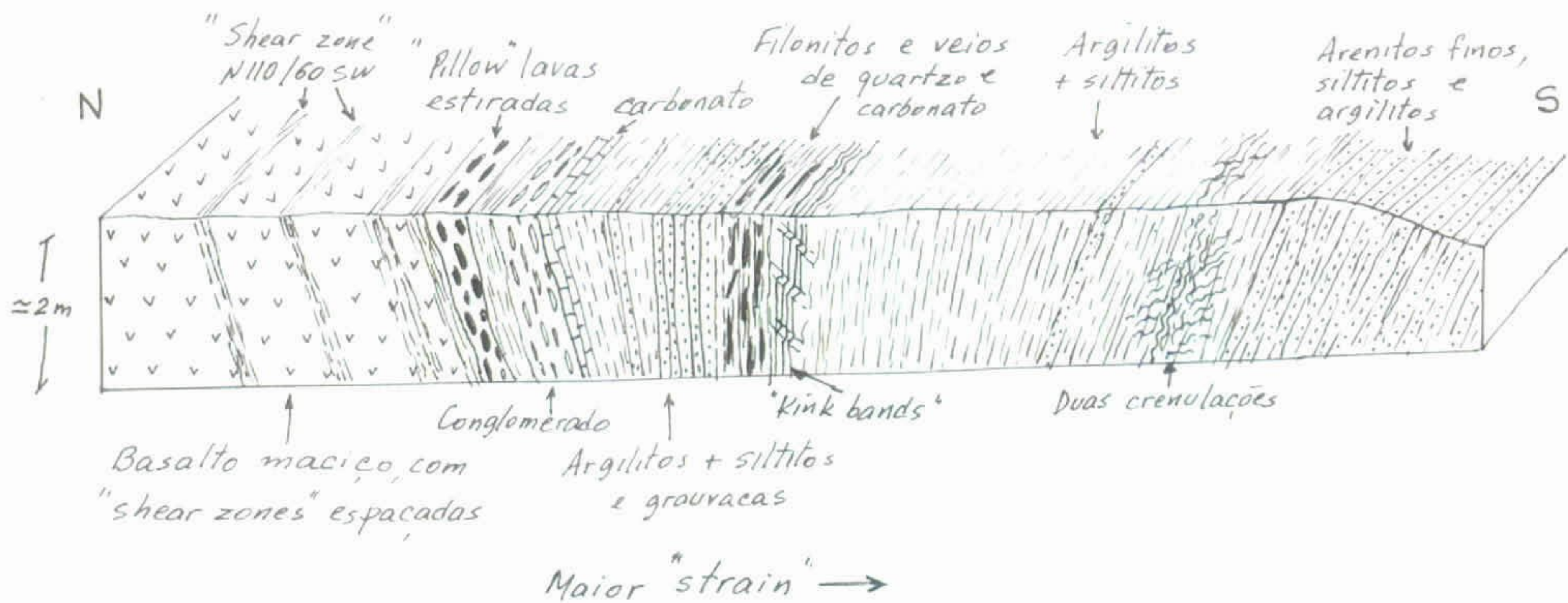


Figura 15 - Perfil geológico esquemático de sequência vulcanosedimentar, transversal a Zona de Falha Porcupine-Destor.



Figura 16 - Exposição do geólogo Gregg Stott (agachado), no afloramento do Conglomerado Duparquet, em Duparquet (vista ao fundo).



Figura 17- Conglomerado Duparque afluando na cidade homônima. Observar clastos estirados e foliação milonítica vertical.



Figura 18 - Detalhe do Conglomerado Duparquet, visto em planta, em zonas de maior taxa de deformação. Observar clastos muito estirados e " kink bands " .



Figura 19 - Zonas de cisalhamento dúctil anastomosadas, em rochas sieníticas, onde ocorrem mineralizações de ouro associadas a "stockwork" na Zona de influência da Falha Porcupine-Destor.

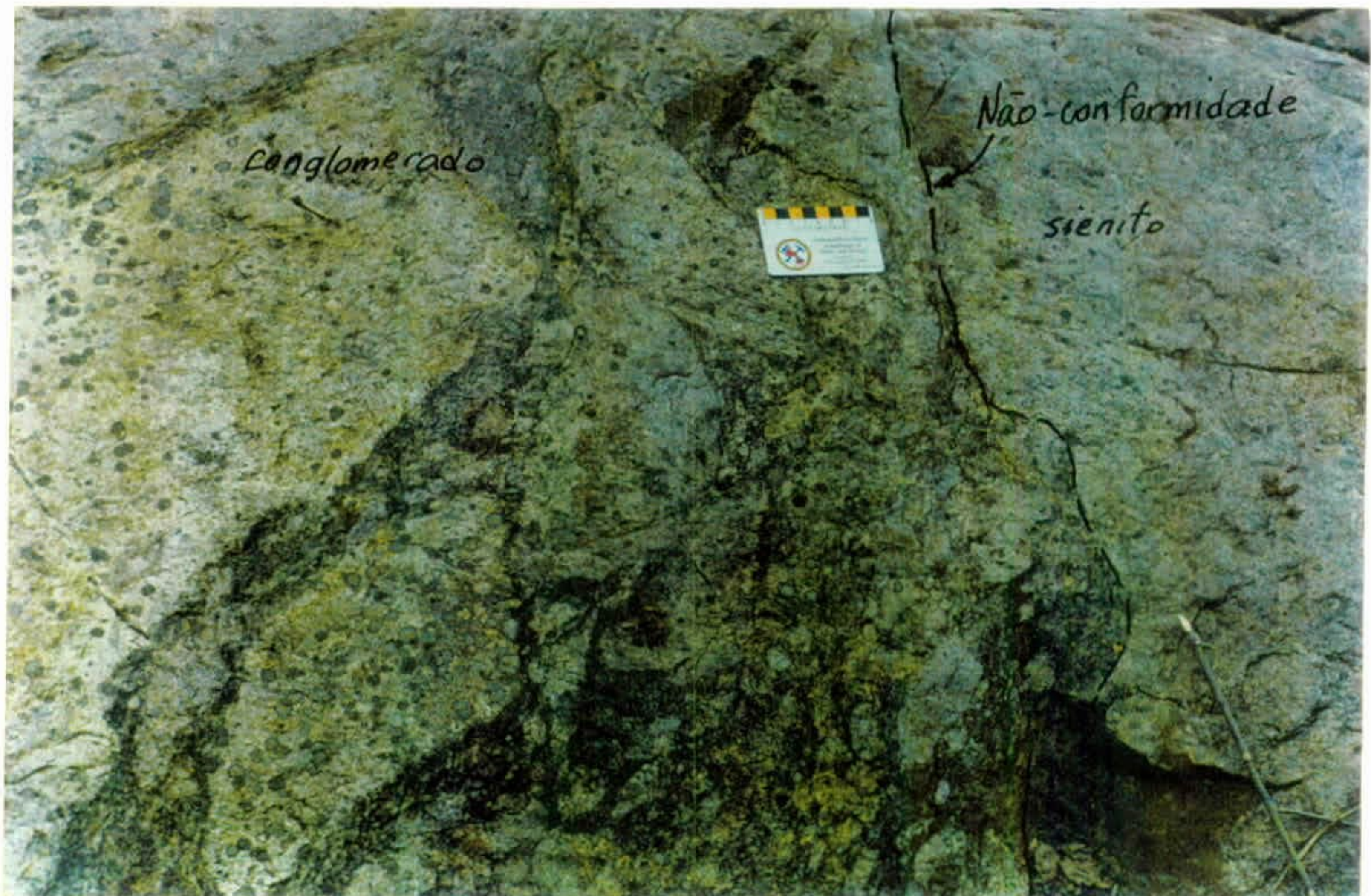


Figura 20 - Contato discordante (não-conformidade) entre o conglomerado Duparquet (esquerda) e " stock " sienítico da foto anterior.

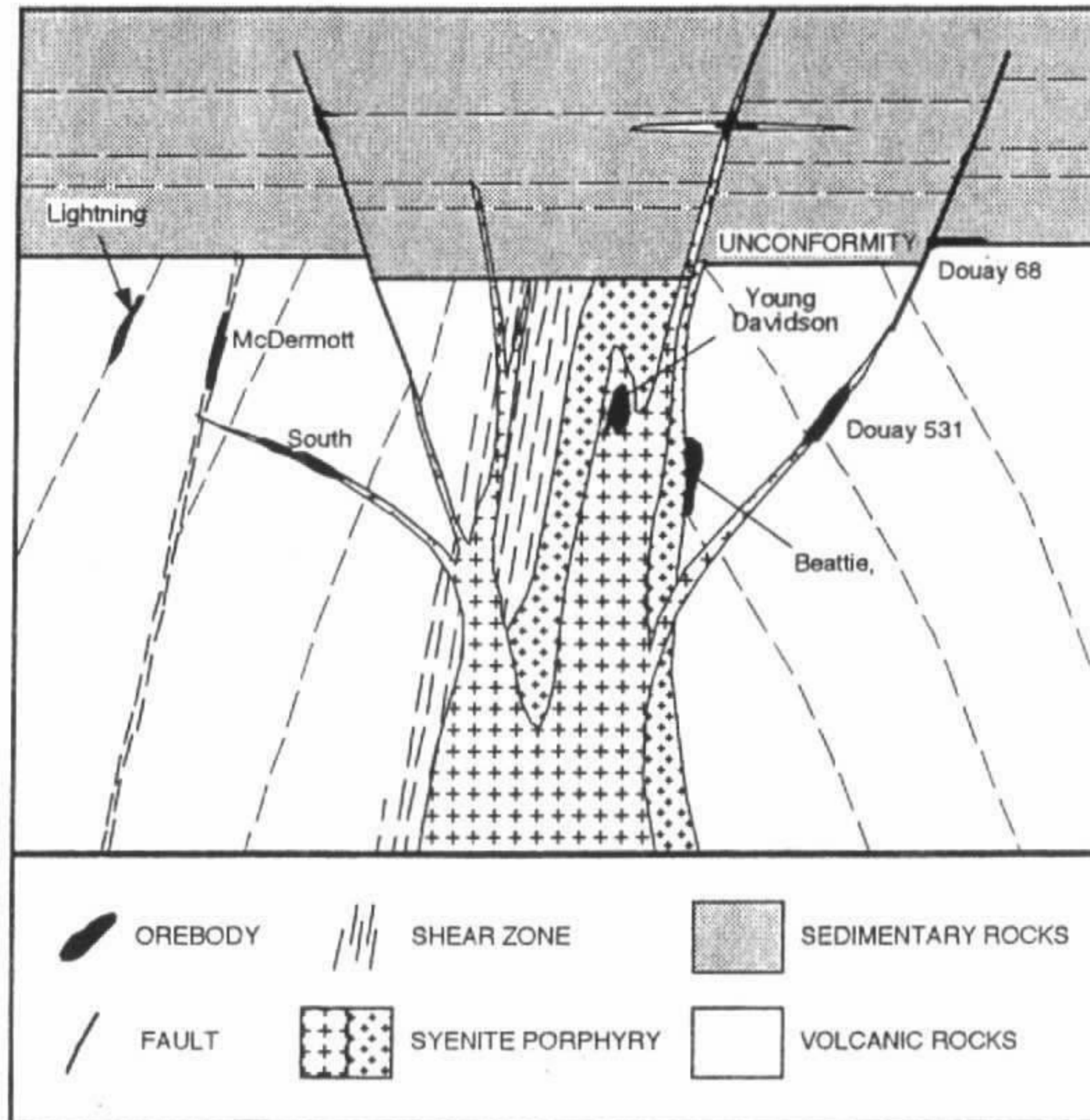


Figura 21 - Modelo metalogenético proposto por François Robert (1997) para jazimentos "atípicos" de ouro, associados a processos hidrotermais provocados por intrusões sieníticas. Observar as várias posições de depósitos em relação ao corpo intrusivo.

III.3.3- Afloramento de lavas ultramáficas de Munro Township

Um dos melhores afloramentos visitados durante a excursão, não previsto inicialmente no roteiro localiza-se próximo a Munro Township, muito citado na literatura geológica. Trata-se de um morro tipo *meia-laranja*, sem cobertura de solo, inteiramente composto por lavas ultramáficas komatiíticas arqueanas. Exibe acamadamento ígneo preservado e com espetaculares exemplos de textura *spinifex*. Um perfil transversal de parte do derrame, visto em planta, está ilustrado na Figura 22, e detalhes do acamadamento ígneo e da textura *spinifex* estão mostrados na Figura 23. Uma visão geral do afloramento está exposta na Figura 24.

III.4- Depósitos minerais da região de Rouyn-Noranda

O distrito mineral da região de Rouyn-Noranda é muito rico, e teve sua história exploratória iniciada a partir da abertura da Mina Horne, em 1927. A partir daí, seus minérios vêm sendo extraídos continuamente por cerca de 42 minas, de dimensões muito variadas. Os depósitos desta região podem ser agrupados em quatro categorias : depósitos de sulfetos maciços vulcanogênicos (Cu-Zn-Au-Ag); depósitos epigenéticos mesotermiais de Au-Ag; depósitos magmáticos-hidrotermais de Ni-Cu-PGE; e depósitos magmáticos-hidrotermais de Cu-Mo-Au.

Esses depósitos polimetálicos foram formados a partir da telescopagem de múltiplos sistemas hidrotermais superpostos. A localização dos principais depósitos minerais da região de Rouyn-Noranda está mostrada na Figura 25.

Durante a excursão, foram visitados afloramentos representativos dos ambientes onde ocorrem estes jazimentos, tendo como guia principal Jean-François Couture.

III.4.1- Mineralização de Mo-Cu-Au relacionada a intrusões alcalinas tardi-tectônicas, na área de Baie Renault

A visita à área de Baie Renault teve por objetivo estudar a natureza da mineralização de Mo-Cu-Au em auréola de alteração hidrotermal de rochas arqueanas, com cerca de 1 km de raio, em torno de intrusão alcalina. Ocorre na zona de influência da Falha Cadillac, e ainda hoje sua geologia permanece pouco conhecida.

Os afloramentos visitados localizam-se nas partes altas de relevo de serras, próximos à estação de esqui Kanasuta Mountain, a cerca de 30 km sudoeste de Rouyn-Noranda. A Figura 26 mostra a geologia da área e os principais afloramentos visitados.



Figura 22 - Perfil representativo de parte do afloramento de lavas ultramáficas de Munro Township, mostrando, acamadamento ígneo bem preservado, com contatos marcados na madeira.



Figura 23- Detalhe da zona de " spinifex " , em contato com zona de " cumulus " .



Figura 24 - Aspecto geral do afloramento de lavas ultramáficas de Munro Township.

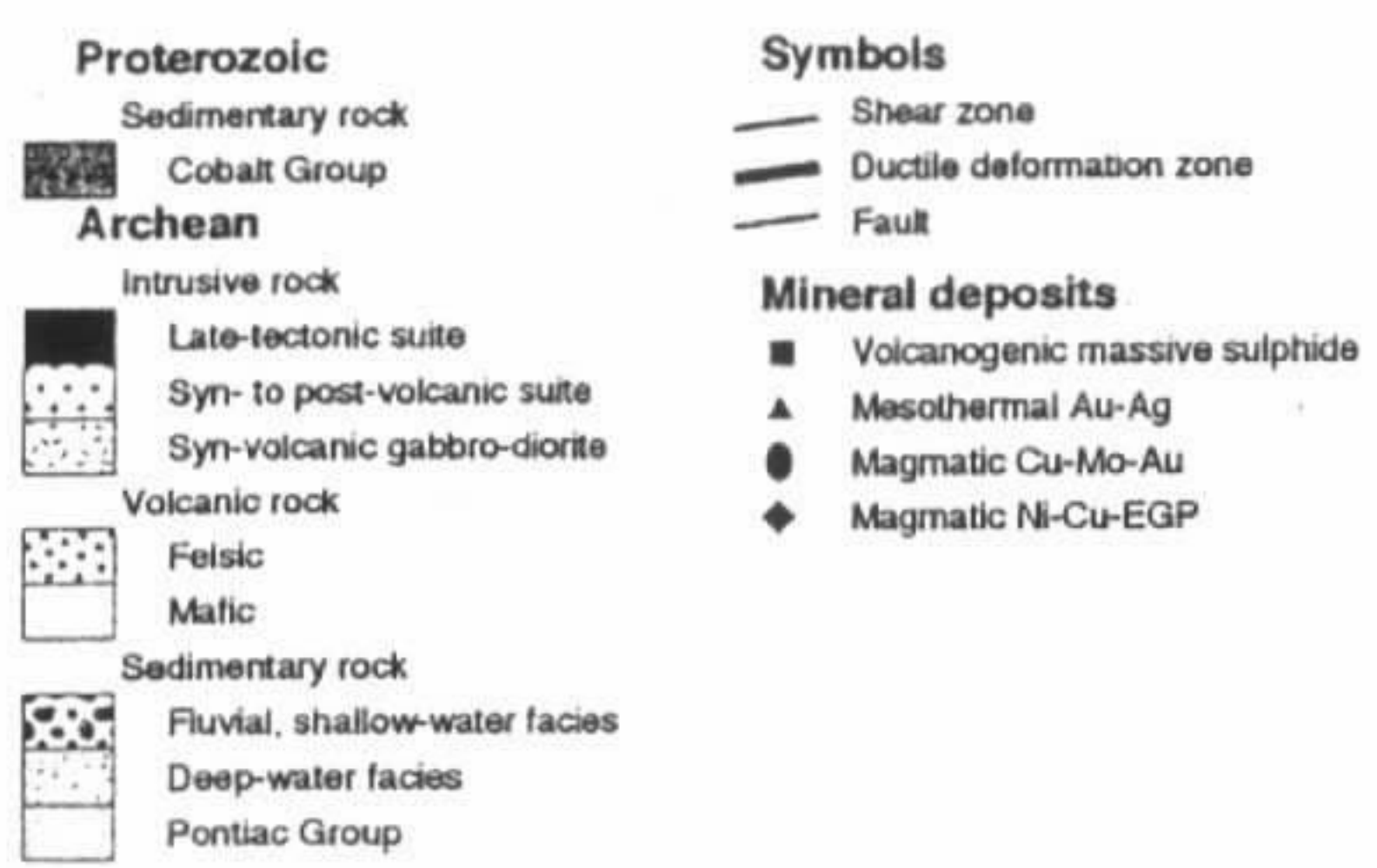
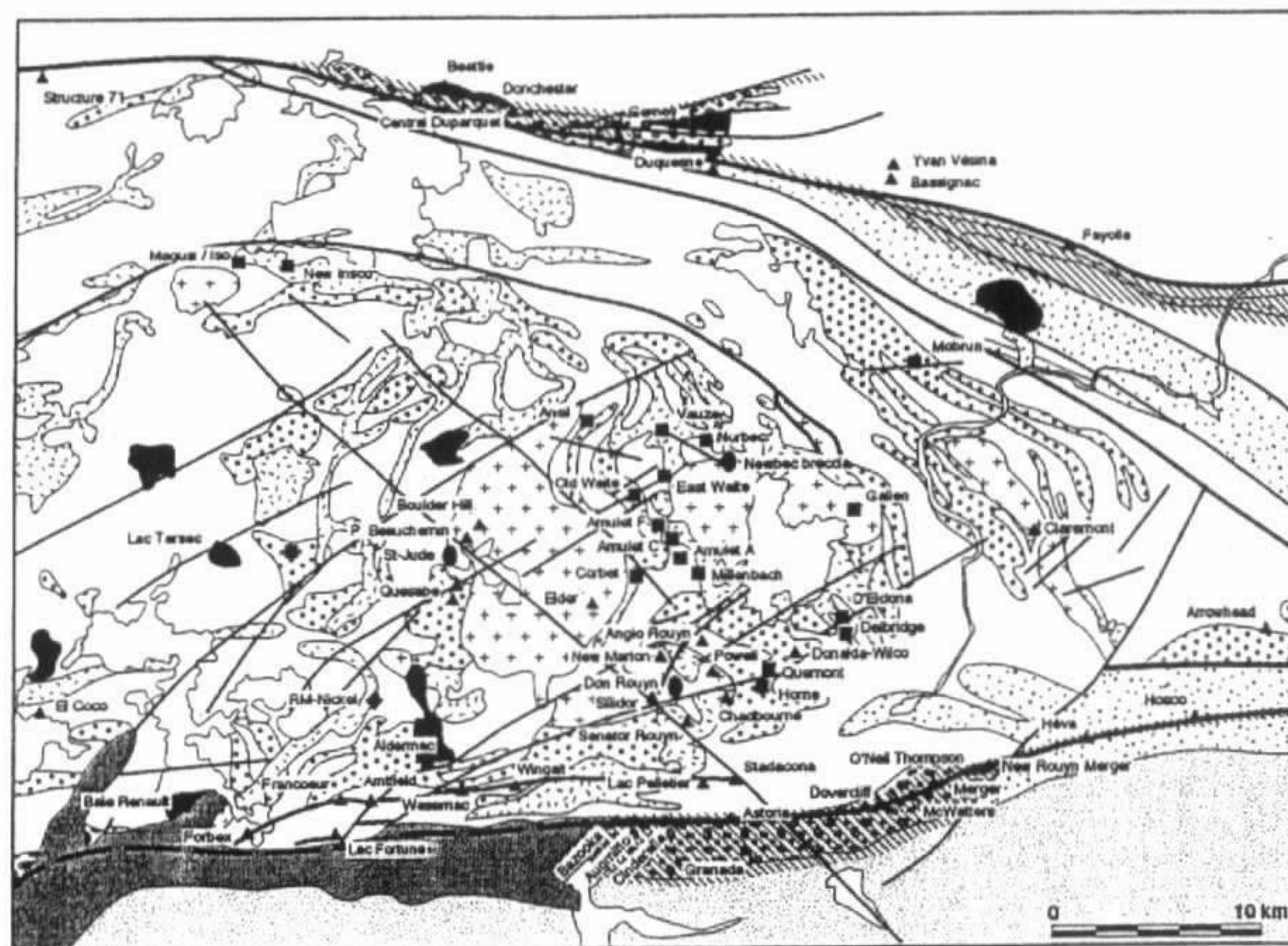


Figura 25 - Localização dos principais depósitos auríferos da região de Rouyn-Noranda.

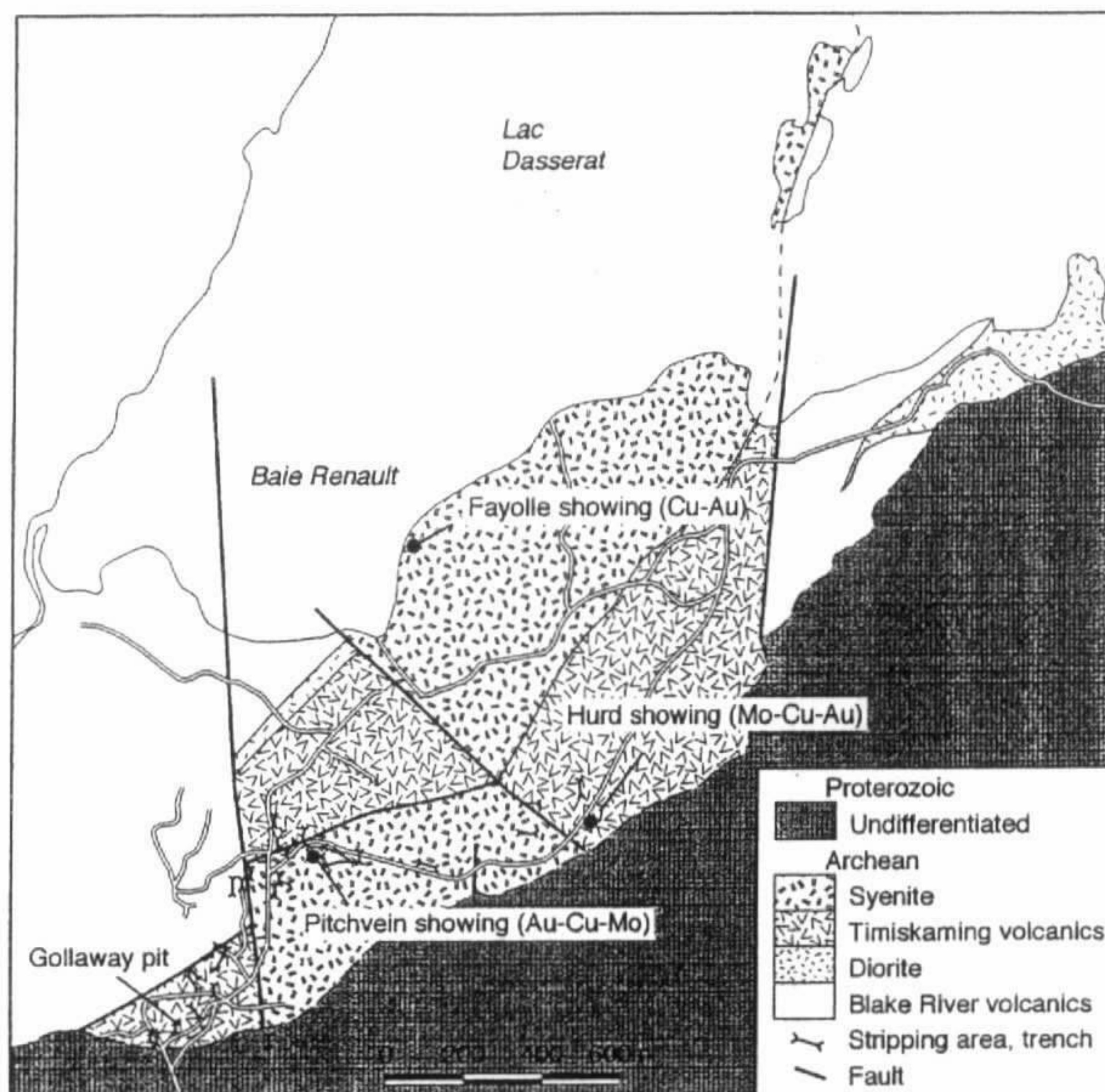


Figura 26 - Geologia do sienito Baie-Renault e localização dos pontos visitados.

Nas escavações denominadas *Golloway pit area*, observa-se a presença de rocha vulcânica fragmentária, com magnetita e intensa rede de venulações de quartzo orientados paralelos ao *trend* da foliação E-W / vertical. Também ocorrem veios de quartzo laminados, também paralelos, com disseminações de pirita e molibdenita. Em outras partes de escavações tipo trincheira, a rocha vulcânica mostra-se mais homogênea, com granulação fina, porém sempre muito fraturada. Veios de quartzo (*stockwork*) contêm fragmentos de magnetita e molibdenita, típicos dessa região. O contato entre as vulcânicas fragmentárias e as vulcânicas homogêneas mostra-se muito milonitizado, e com intenso processo de alteração carbonática, certamente posterior ao sistema hidrotermal magmático.

A Figura 27 mostra o aspecto da rocha vulcânica mais homogênea, e o tipo de amostragem contínua, feita com equipamento composto por lâmina rotativa e motor de motoserra. (Este equipamento é facilmente adaptável e poderia ser útil em trabalhos específicos da CPRM).

Em outro afloramento (*Pitchvein showing* da Figura 26) observa-se rocha vulcânica cortada por zonas de cisalhamento dúctil E-W e por dois sistemas de veios de quartzo leitoso, centimétricos. Um deles contém veios laminados paralelos a foliação, formam bolsões ou budinagem, e o outro, faz alto ângulo com a foliação. Ambos são extensionais, e a idade relativa dos veios, do cisalhamento e da mineralização ainda é duvidosa. Observa-se intenso processo de sericitização.

A terceira área estudada localiza-se no topo da colina *Hurd showing* da Figura 26). Trata-se de uma exposição de intrusão sienítica de granulação fina, isotrópica, hospedando densa rede de venulações quase sempre milimétricas de quartzo (*stockwork*), formando polígonos irregulares, e intenso processo de sericitização (Figura 28). Também ocorrem diques de brecha magmática, originada devido a pressão de fluidos hidrotermais. Os veios de quartzo extensionais, contêm pirita, calcopirita e molibdenita.

III.4.2- Depósito Chadbourne

O depósito de Chadbourne está localizado no perímetro urbano de Rouyn-Noranda, e foi estudado por Walker (1981) e Walker & Cregheur (1982). A mina foi explorada apenas no período de 1979 a 1986, produzindo 5,6 toneladas de ouro, com teor de 4,52 g/t. (Couture, 1991).

Este depósito está associado a um corpo de brecha hidrotermal com forma de *pipe*, afetando rochas vulcânicas félsicas e máficas do Grupo Black River. A matriz da brecha contém quartzo, plagioclásio, carbonato e, subordinadamente, pirita, hematita e turmalina. O ouro ocorre onde a matriz é mais rica em quartzo.

No local visitado, onde outrora era a mina subterrânea e hoje existe uma área de lazer, foi descrito um afloramento da brecha hidrotermal com fragmentos de rocha básica e concentrações de pirita euhedral (até 2 cm) e turmalina (Figura 29 e 30).



Figura 27 - Rocha vulcânica fragmentária, homogênea, na região de Baie-Renault, onde ocorrem jazimentos de ouro associado a pirita e calcopirita. Observar amostragem feita com equipamento especial.

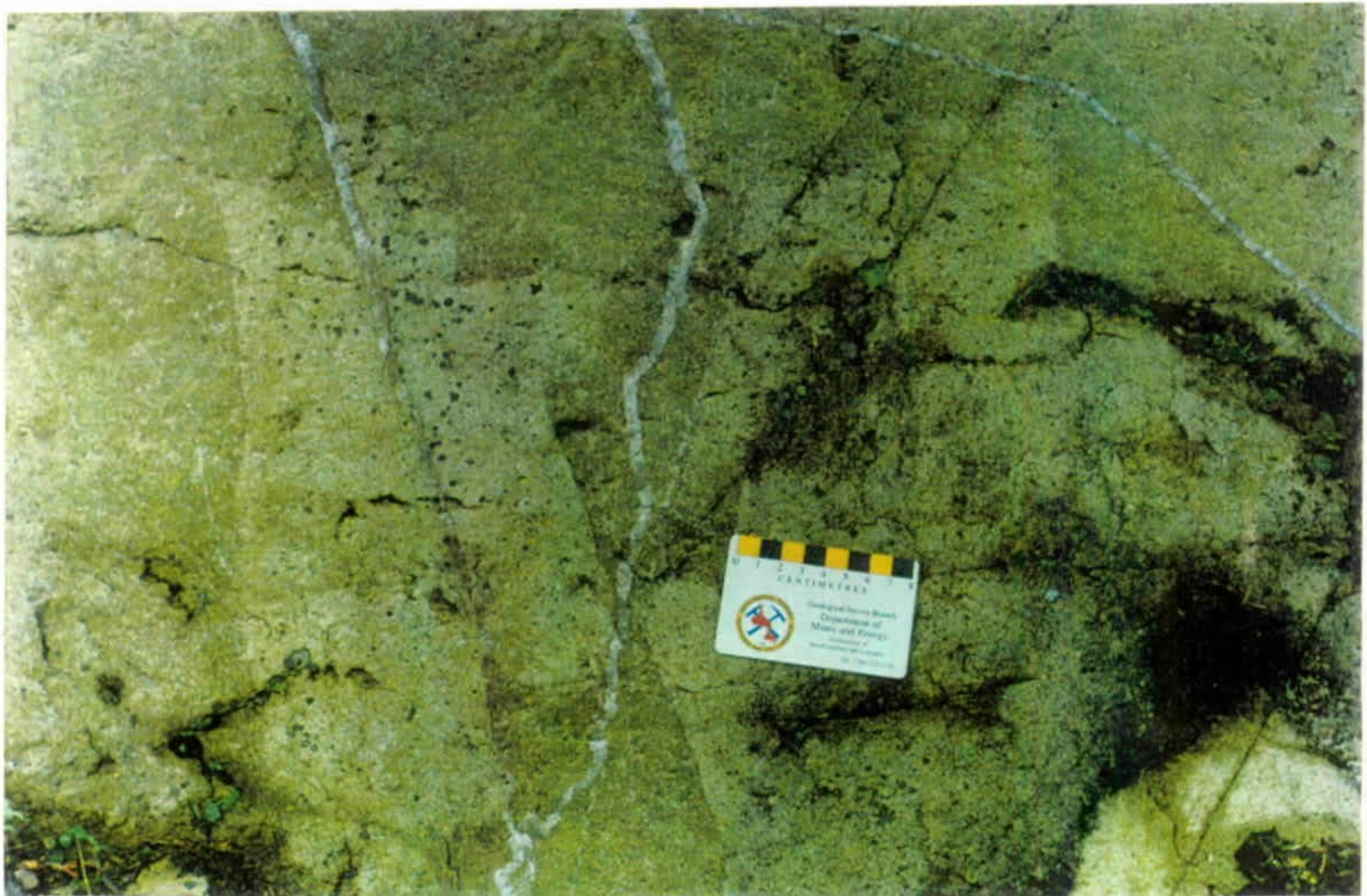


Figura 28 - Sienito Baie-Renault recortado por venulações de quartzo "stockwork", com intenso processo de sericitização, desenvolvendo padrões poligonais.



Figura 29 - Afloramento na mina abandonada de Chadbourne, no perímetro urbano de Rouyn-Norand. Brecha hidrotermal com fragmentos de basaltos e gabros, e mineralizações de ouro associados a veios de quartzo-carbonatos. Observar "boxworks" de pirita.



Figura 30 - Amostra polida da brecha da foto anterior.

III.4.3- Depósito Granada

O depósito Granada está localizado a aproximadamente 6 km a sul de Rouyn-Noranda (Figura 1). Foi descoberto em 1923 e explorado inicialmente através de mineração subterrânea. Entre 1992 e 1994 foram produzidos 355 kg de ouro, principalmente em lavra a céu aberto.

Geologia da mina O jazimento é do tipo mesotermal, em veios de quartzo hospedados em rochas sedimentares foliadas do Grupo Timiskaming, no flanco sul do sinclínio de Granada, orientado E-W (Figura 31). São truncadas obliquamente por diques de diabásio, e diques, *sills* e *stocks* de sienito porfirítico geralmente foliados.

Foram descritos na excursão afloramentos nas proximidades de lavra a céu aberto, bem como blocos provenientes do desmonte da mina. Neste últimos ocorrem rochas provavelmente sieníticas porfiríticas, e quartzo de veio com sulfetos e ouro visível. Já no afloramento principal, em escavação parcialmente alagada, observa-se conglomerado polimítico foliado, com clastos estirados e subarredondados de rochas granitóides, formação ferrífera e de vulcânicas máficas a félsicas (Figura 32). A matriz é grauváquica e apresenta disseminações de sulfetos, que também ocorrem em alguns clastos e, principalmente, em veios de quartzo oblíquos, mineralizados em ouro. Algumas partes menos deformadas do conglomerado mostram clastos arredondados de granitóides, imersos em matriz com acamadamento gradacional preservado e veios de quartzo budinado (Figura 33).

Outro afloramento, em corte de rodovia nas proximidades, mostra dique de sienito foliado, com cerca de 2,5 metros de espessura, encaixado em metaconglomerado também foliado, semelhante ao do Depósito Granada.

Mineralização A mineralização de ouro, descrita durante a fase de exploração subterrânea, ocorre associada a veios de quartzo cor cinza e branca, com espessura de poucos centímetros até 1 metro, e contendo carbonato, clorita, muscovita, albita, e turmalina e sulfetos (arsenopirita e pirita, principalmente). Na exploração a céu aberto, os jazimentos são controlados por zonas de alteração hidrotermal de arsenopirita-pirita-muscovita-carbonato, subparalelas à xistosidade, e caracterizam discretas zonas de cisalhamento. Ao longo dessas zonas concentram-se veios de quartzo mineralizados, formando um envelope com espessura entre 2 e 5 metros e comprimento de 1.000 metros. Também ocorrem mineralizações nos contatos sienito porfirítico-sedimentos (Couture & Robert, 1997).

III.4.4- Mineralizações associadas ao Complexo de brechas St-Jude

Na região de Rouyn-Noranda ocorrem numerosos pequenos depósitos metálicos associados a intrusões sinvulcânicas como, por exemplo, a Intrusão Flavrian. A fase mais tardia dessa intrusão é o Trondhjetmito St-Jude, ao qual

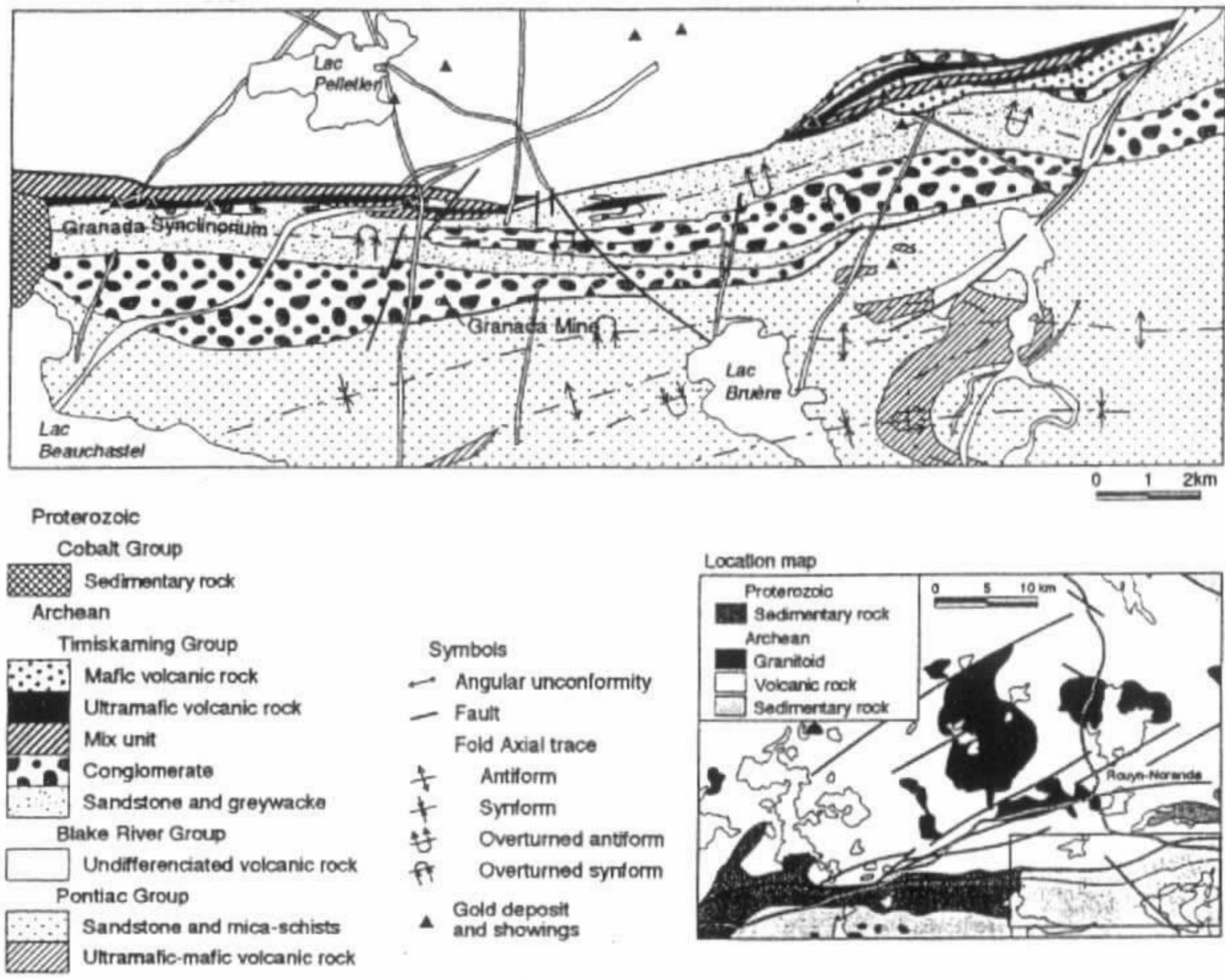


Figura 31 - Geologia e localização da Mina Granada.



Figura 32 - Conglomerado polimítico da Formação Granada, na Mina Granada., caracterizado por clastos de jasper e granitóides, geralmente muito estirados, em matriz grauváquica.



Figura 33 - Mesmo conglomerado da Formação Granada, com veio de quartzo budinado.

relaciona-se um complexo de brechas hidrotermais com mineralizações do tipo Cu-Mo-Au em veios de quartzo (Figura 34).

No afloramento visitado, foram descritos três tipos de brechas, em função da composição da matriz : uma *brecha massiva* , predominante, contendo pouca ou nenhuma matriz, e fragmentos de tamanhos muito variados, compostos por andesito, riolito, granito, diorito e quartzo; uma *brecha intrusiva*, semelhante à brecha massiva, mas com matriz mais abundante e fragmentos da brechação anterior; e uma **brecha hidráulica**, onde os fragmentos subarredondados de rochas vulcânicas e granitóides são envolvidos por uma matriz de quartzo, localmente contendo as mineralizações de ouro associado a pirita, calcopirita e molibdenita (Figura 35).

III.5- Depósitos minerais da região de Val d'Or

A geologia da região de Val d'Or é caracterizada por sequências turbidíticas, a sul, e sequências vulcanossedimentares, a norte, separadas pela Falha Cadillac. Essas sequências são afetadas por 7 grandes intrusões tonalíticas subvulcânicas, sem deformação, sem anomalias gravimétricas, e com idades de aproximadamente 2.675 Ma. Estas intrusões apresentam disseminações de sulfetos e ouro.

III.5.1- Mina Aurizon (depósito Douay)

O depósito Douay, localizado nas proximidades nordeste de Joutel, vem sendo explorada desde 5 anos atrás pela empresa CANMET/Aurizon Ltda., através de mineração subterrânea. A visita constou da descrição de testemunhos de sondagens, com amostras representativas das litologias e zonas mineralizadas, e exposição feita por geólogos da mina sobre a geologia do depósito e os controles da mineralização.

O depósito visitado localiza-se no contexto geológico formado por intrusão sienítica, no contato entre rochas vulcânicas toleíticas e calcialcalinas, e rochas sedimentares de ambiente submarino, com *trend* geral E-W, controlado pela Falha Cadillac. Os contatos intrusivos são relacionados a uma foliação milonítica penetrativa S₂, paralela a foliação regional.

As mineralizações de ouro ocorrem sob a forma de disseminações no sienito (tipo *stockwork*), associadas a sulfetos, e também nas rochas miloníticas dos contatos intrusivos. Há uma perfeita correlação entre as mineralizações e as zonas de alteração carbonática. Observa-se também a presença de brechação intergranular no sienito, associada a turmalinização, podendo ocorrer carbonatação e piritização.

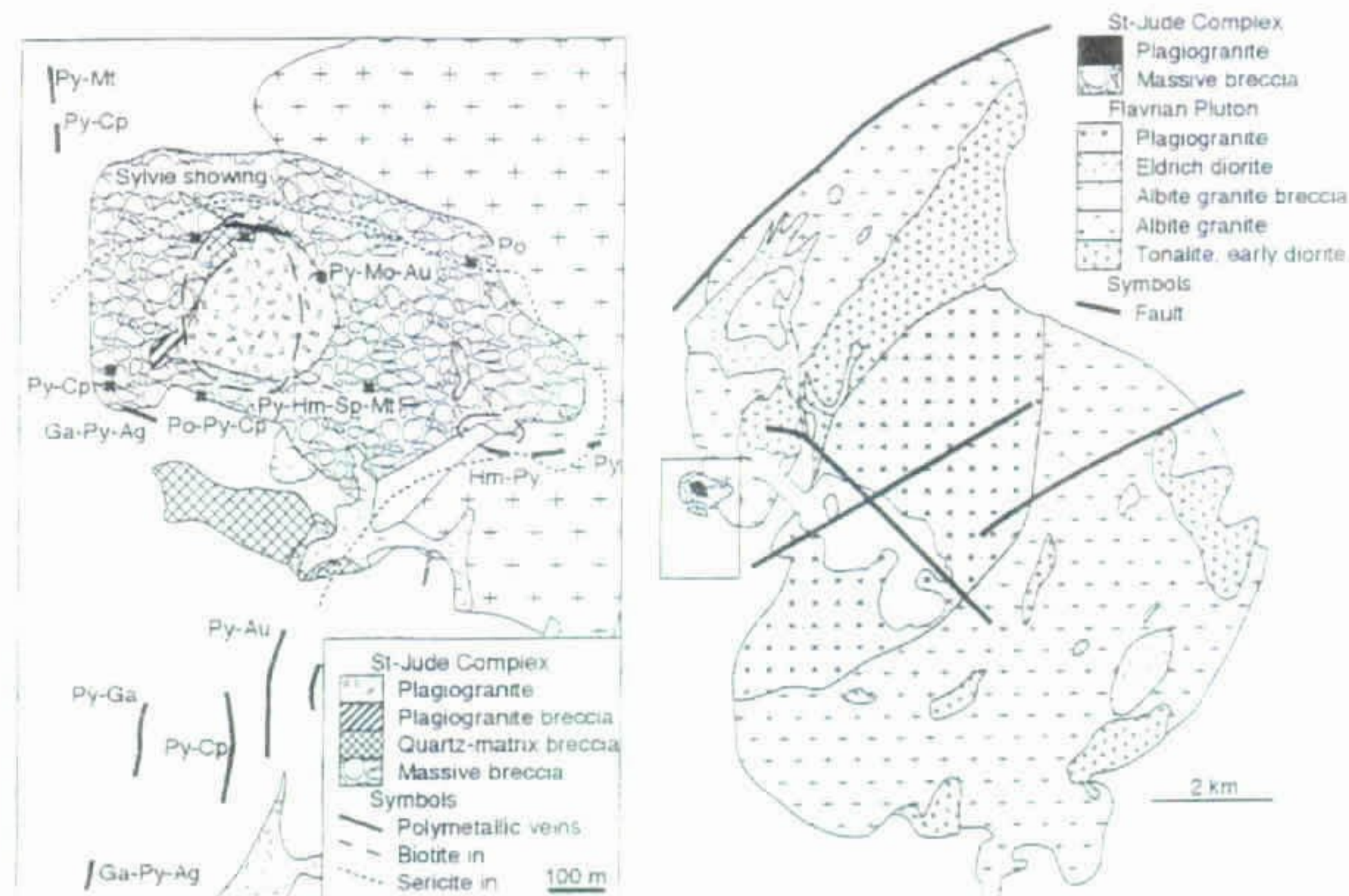


Figura 34 - Geologia do plúton Flavian e do Complexo de Brecha St-Jude.

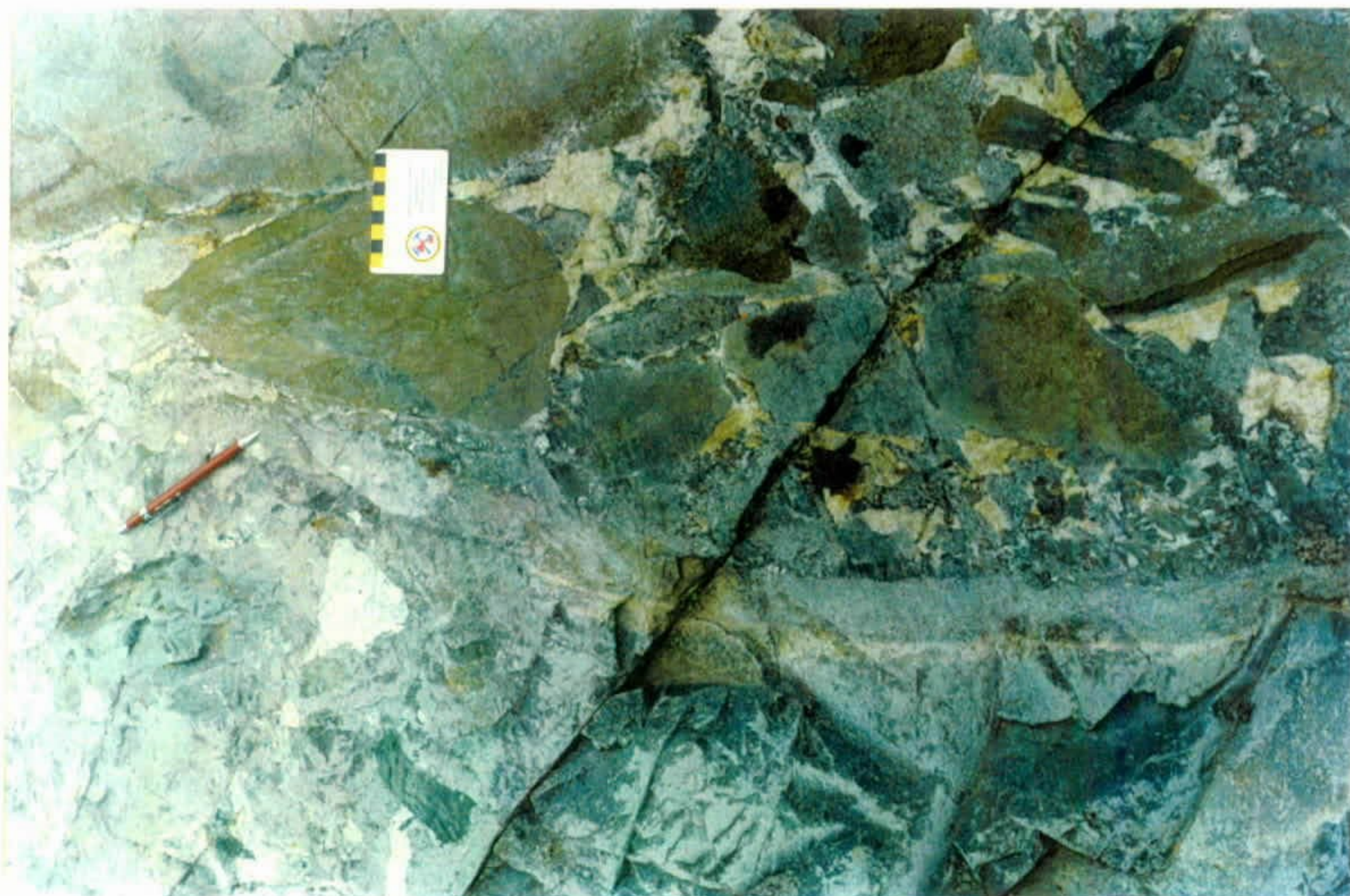


Figura 35 - Detalhe de afloramento da brecha hidrotermal de St-Jude, mostrando duas facies separadas por " fingers dyke " de riolito, indicado pela lapiseira. A facies de parte superior da foto tem espaço entre os fragmentos preenchidos por quartzo, e a outra facies tem matriz de trondhjemito finamente granular.

Foram cartografadas três facies na intrusão sienítica, mostradas em testemunhos de sondagens no depósito da Mina Aurizon : **sienito glomerocristalino** (muito similar aquele que predomina na Suíte Maloquinha, da Província Tapajós), caracterizado por cristais de K-feldspato de granulação fina, uniforme; **sienito porfirítico**, com cristais de K-feldspato prismático e de quartzo grosseiro, em matriz afanítica; e **rochas subvulcânicas sieníticas**, com cristais de K-feldspato, anfibólio e quartzo em matriz afanítica, ocorrendo sob a forma de diques e *sills* .

Aparentemente, não existe relação direta entre as zonas mineralizadas e as diferentes facies da intrusão sienítica, e também não existe nenhum controle estrutural óbvio como, por exemplo, zonas de cisalhamento.

III.5.2- Afloramentos descritos na região de Val d'Or

O primeiro afloramento foi descrito na região do depósito de Akasaba, posicionado no contato entre basaltos massivos e *lapilli* tufos máficos, e lentes dacíticas. A mineralização ocorre especificamente entre derrames basálticos tipo *pillow*, em matriz de brechas hidrotermais e em fraturas. As zonas de alteração são caracterizadas por epidoto, magnetita e pirrotita, inclusive com a presença frequente de epidosito. Também aqui não existe controle estrutural das mineralizações.

No afloramento visitado, observa-se a presença de basalto com estrutura *pillow* bem preservada, com intenso processo de epidotização.

Deste depósito foram extraídos cerca de 4 toneladas de ouro, com teores em torno de 5g/t, com 2 a 7% de sulfetos (0,5% de Cu, não econômico). A presença de bismuto e telúrio na paragênese indica alta temperatura de formação do minério.

A cerca de 100 metros foi descrito outro afloramento, onde observa-se o contato entre os basaltos *pillow* e *lapilli* tufos, recortados por intenso fraturamento. Em zonas de alteração hidrotermal mais intensa, as rochas transformam-se em uma massa quase homogênea de actinolita, hornblenda, epidoto (7%), calcita e titanita, sendo difícil o reconhecimento dos protólitos. Nestas zonas ocorre ouro disseminado.

Em outro afloramento nas proximidades, foi observada a presença de epidosito com cerca de 20% de grossularita, sendo o protólito reconhecido como uma brecha vulcânica, devido a presença local de textura reliquiar. Foi discutido no local o problema da alteração metassomática, devido a presença de domo dacítico. Essa alteração depende da composição da rocha encaixante e do grau de fraturamento, e tem presença de microclina, que precede a granada. A distribuição muito localizada, e não regional, é uma característica marcante das zonas metassomatizadas.

Toda a área do depósito Akasaba mostra, em planta, uma estrutura dobrada em estilo Z, indicando movimentação transcorrente dextral.

Conclui-se que o ouro está largamente contido nos silicatos, na mesma fase de deposição dos sulfetos, e com processos muito evidentes de epidotização (metamorfismo retrógrado) e de *skarnitização* (metamorfismo progradante). Estes processos estão relacionados a intrusões granitóides.

Os geólogos da mina Aurizon, responsáveis por esta parte da excursão, compararam esta área mineralizada com a intrusão granodiorítica de Sullivan, que também desenvolve zonas de *skarnitização* e contém depósitos de sulfetos e ouro. No caso presente, os jazimentos fariam parte do mesmo sistema de mineralizações associadas a *stocks* sieníticos, conforme modelo defendido por Robert (1997).

Concluindo as descrições de afloramentos na região de Val d'Or, visitamos uma exposição com cerca de 80 metros de extensão maior, localizada cerca de 13 km a sudeste de Val d'Or, denominada *Paramaque showing*. Trata-se de um exemplo muito didático e típico de veios de quartzo auríferos com turmalina e pirita, associados a zona de cisalhamento (Figura 36 e foto da capa deste relatório).

O afloramento situa-se no contato entre rochas vulcânicas dacíticas epidotizadas do Grupo Malartic, a norte, e um *sill* de gabro diferenciado, a sul, ambos cortados por dique irregular de feldspato pórfiro, e sistemas de veios de quartzo leitoso com turmalina e pirita : veios laminados longitudinais à zona de cisalhamento orientada WNW-SSE, e veios oblíquos extensionais, de várias gerações, por vezes mostrando-se dobrados progressivamente pela movimentação da zona de cisalhamento. Relações de foliações S/C, arrastos da foliação e do dique félsico, posição dos veios extensionais e lineação de estiramento caracterizam movimentação transcorrente dextral oblíqua (Figura 36).

Ao longo das zonas de concentração de deformação dúctil ocorrem brechas hidrotermais, originadas progressivamente por pressão de fluidos, e não podem ser interpretadas como um evento rúptil superposto (Figura 37).

A exposição de Paramaque mostra muitas feições estruturais, padrões de alteração e de mineralização semelhante aqueles da Mina Sigma (Robert et al, 1984), localizada na periferia da cidade de Val d'Or. No caso de Paramaque, os jazimentos de ouro ainda não foram economicamente avaliados.

IV- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto de Cooperação Técnica Brasil-Canadá tem propiciado aos técnicos da CPRM que dele participam, excelentes oportunidades de desenvolvimento profissional, com reflexos imediatos na qualidade dos trabalhos produzidos. Dentro deste contexto, a participação dos geólogos François Robert e Allan Miller, do GSC, em atividades de campo do Projeto Tapajós, permitiu uma proveitosa troca de informações com a equipe da CPRM responsável pelo estudo dos jazimentos de ouro primário, e a elaboração de um modelo metalogenético para a província.

Esta evolução nos conhecimentos culminou com a nossa viagem ao Canadá e participação no **GAC/MAC Annual Meeting** e, principalmente, na excursão

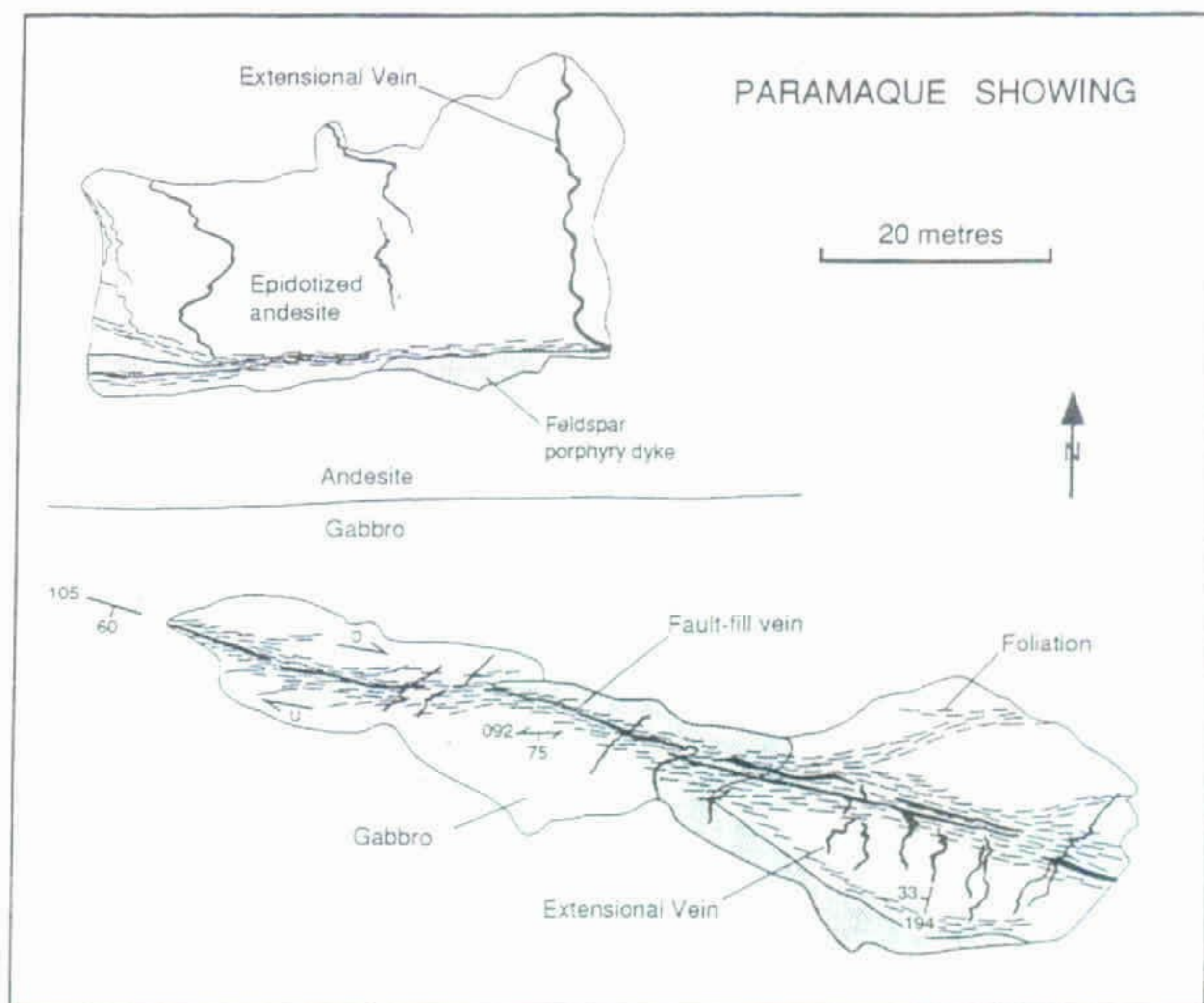


Figura 36 - Afloramento Paramaque, mapeado em detalhe, mostrando veios de quartzo extensionais, por vezes dobrados progressivamente, em zona de cisalhamento transcorrente dextral. Observar contato entre andesito e gabro (ver também foto da capa deste relatório).



Figura 37 - Brecha hidrotermal, atectônica, observada no mesmo afloramento da foto anterior.

Atypical Gold Deposits in the Abitibi Belt, onde foram observados *in loco* várias feições geológicas em depósitos auríferos muito bem estudados, similares àquelas da Província Tapajós.

Esta comparação fica mais evidente naqueles depósitos *atípicos* de ouro disseminado, associados a intrusões sieníticas-monzoníticas das regiões de Duparquet, de Rouyn-Noranda e de Val d'Or. As evidências reforçam, a nosso ver, o modelo metalogenético proposto por François Robert, já referido neste relatório.

A nossa participação no **International Symposium : Geomatics in the Era of RADARSAT** também foi de grande validade, pois permitiu avaliar os avanços alcançados por diversos países nos vários campos aplicativos do RADARSAT, desde o seu lançamento em novembro de 1995. Neste simpósio, destacou-se a importância dada pelos participantes ao monitoramento ambiental e ao desenvolvimento sustentável das reservas florestais, com destaque para a Amazônia.

Esta preocupação também fez parte da programação do Projeto Província Mineral do Tapajós, uma das áreas mais degradadas da Amazônia, provocado pela atividade garimpeira, e onde está sendo feito um estudo de geoquímica ambiental por técnicos do GSC, em cooperação com a CPRM.

Em resumo, a viagem ao Canadá cumpriu plenamente os seus objetivos, e outras iniciativas desse tipo merecem ser implementadas pela CPRM.

V- AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos iniciais vão para o Dr. Giovanni Toniatti, Secretário de Minas e Metalurgia do Ministério de Minas e Energia, e ao Dr. Carlos Oiti Berbert, Diretor-Presidente da CPRM, pela viabilização da viagem ao exterior, extensivos ao geólogo Samir Nahas, da Assessoria de Assuntos Internacionais.

Aos Drs. Yvon Maurice, François Robert e Allan Miller, do GSC, nossos agradecimentos especiais pela hospitalidade e acompanhamento nas programações em Ottawa e, particularmente, aos Drs. François Robert e Jean-François Couture, pelos conhecimentos transmitidos durante a excursão ao *Abitibi Belt*.

E, finalmente, agradecemos à Canadian International Development Agency - CIDA, na pessoa do Dr. Yvon Maurice, pelo apoio financeiro.

V- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colvine, A.C. An empirical model for the formation of Archean gold deposits : products of final cratonization of the Superior Province, Canada. *In the geology of gold deposits : the perspective in 1988. Edited by R.R. Keays, W.R.H. Ramsay, and D.I. Groves. Economic Geology, Monograph 6, pp. 37-53. 1989.*
- Coutinho, M.G. da N.; *Província Mineral do Tapajós. Garimpos de Batalha e do Davi. CPRM/DEGEO, Relatório 02 a, abril 1996 (Série Estudo de Prospectos)*
- Coutinho, M.G. da N.; Liverton, T.; Souza, E.C. Granitic Magmatism and related gold mineralization in Tapajós Mineral Province, Amazonian Área, Brazil. *In : INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, Anais do Salvador, Bahia, Brazil, agosto 1997. p- 46-47.*
- Coutinho, M.G. da N.; Robert, F.; Santos, R.A. dos. *A first approach in understanding the gold mineralization of the Tapajós Mineral Province, Amazonian Área, Brazil. (Em preparação).*
- Couture, J.F. & Robert, F.; *Atypical Gold Deposits in the Abitibi Belt. GAC/MAC, Joint Annual Meeting, 1997 Ottawa, Canadá. Field Trip B5 Guidebook, 1997. 92 p.il.*
- Gaboury, D., Daigneault, R., Tourigny, G., Gobeil, C. An Archean volcanic-related gold-sulphide-quartz vein orebody: the Géant Dormant mine, Abitibi Subprovince, Québec, Canada. *Exploration and Mining Geology, 5: 197-213. 1996.*
- Groves, D.I., Ridley, J.R., Bloem, E.M.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Hronsky, J.M.A., Knight, J.T., McNaughton, N.J., Ojala, J., Vielreicher, R.M., McCuaig, T.C., Holyland, P.W. Lode gold deposits of the Yilgarn block: products of Late Archean crustal-scale overpressured hydrothermal systems. *In Early Precambrian processes. Edited by M.P. Coward and A.C. Ries. Geological Society (London), Special Publication No.95, pp. 155-172. 1995. Subprovince, Quebec, Canada. Exploration and Mining Geology, 5: 197-213. 1996.*
- Jensen, L.S. & Langford, F.F.; *Geology and petrogenesis of the Archean Abitibi Belt in the Kirkland Lake area, Ontario. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 123. 1985.*
- Mason, R. & Helmstaedt, H.H. Structural controls during formation and deformation of Archean lode-gold deposits in the Canadian Shield. *In Basement Tectonics 8: characterization and comparison of Ancient and Mesozoic continental margins. Edited by M.J. Bartholomew, D.W. Hyndman, D.W. Mogk, and R. Mason. Proceedings of the 8th International Conference on Basement Tectonics (Butte, Montana 1988), Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, pp.625-631. 1992.*

- Robert, F. A Preliminary geological model for syenite-associated disseminated gold deposits in the Abitibi Belt, Ontario and Quebec. Geological Survey of Canada, Current Research 1997-C, pp.201-210. 1997.
- Robert, F. *Tapajós Gold Project, Pará State, Brazil.*, Ottawa, Canadá, GSC, dez. 1996. (Relatório de Missão, do Projeto de Cooperação Canadá-Brasil).
- Robert, F., Brown, A.C. & Audet, A.J. Structural control of gold mineralization at the Sigma Mine, Val d'Or, Quebec. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin, 76 : 72-80. 1984.
- Santos, R.A. dos.; *Contribuição à análise estrutural de jazimentos auríferos do rio Tapajós, SW do Pará.* Garimpos Chico Torres, São José, Manual e Jutai. Salvador, CPRM/DEGEO-DIGEOP, out. 1996 (Relatório de Viagem)
- Santos, R.A. dos.; *Contribuição à análise estrutural de jazimentos auríferos do rio Tapajós, SW do Pará e SE do Amazonas.* Garimpos Abacaxis, Espírito Santo, Bom Jesus, Goiano, Fazenda Pison, Ouromil, Santa Isabel, Majestade e Carneirinho. Salvador, CPRM/DEGEO-DIGEOP, jan. 1997 (Relatório de Viagem)
- Tourigny, G. & Trudel, P. Rapport final de la propriété Cléricy. Ministère des ressources naturelles du Québec, Public Assessment File GM-50499. 1988.
- Walker, S.D.. Geology of the auriferous Chadbourne breccia, Noranda, Québec. M.Sc. thesis, University of Western Ontario, London, Ontario. 1981.
- Walker, S.D. & Cregheur, P. The Chadbourne Mine, Noranda, Québec: a gold-bearing breccia. *In* Geology of Canadian gold deposits. *Edited by* R.W. Hodder and W. Petruk. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 24, pp. 58-66. 1982.

APÊNDICES

Ottawa '97 GAC/MAC Annual Meeting
AGC/AMC Réunion annuelle

Reginaldo Santos
Geological Survey of Brazil



International Symposium:
GEOINFORMATICS IN THE ERA OF RADARSAT

Symposium international sur
LA GÉOMATIQUE À L'ÈRE DE RADARSAT
1247

**Reginaldo Alves Dos
Santos**

Servico Geologico do Brasil

GER '97
Registration Date: 26 May, 97 AG/CPSS Member:

Final Circular
Technical Program
Update

*GAC/MAC Annual Meeting
May 19-21, 1997*

Ottawa '97

*Réunion annuelle AGC/AMC
du 19 au 21 mai 1997*

Programme des activités
scientifiques
mis à jour



*50th
Anniversary
Celebration*



*Les fêtes du
Cinquantenaire*



Technical Program contributions are split between oral and poster presentations. Oral sessions focus on a broad range of symposia and special sessions. Poster sessions are organized into general session, special session, and symposia groupings, with a dedicated poster session to be held daily from 16:00-18:00. The floor plan for the poster area is designed to maximize interaction within specific poster session groups.

The 8 symposia and 18 special sessions cover an impressive array of earth science topics and highlight results of both leading-edge scientific research and studies of social and economic importance. The symposium "The Impact of Canadian Geoscience Over the Last 50 Years" forms part of the GAC's 50th Anniversary celebrations, and the symposium on the "Extraction, Transport and Emplacement of Granitic Magmas" hails back to an important session at the inaugural GAC meeting in 1947. Prominent Canadian geoscientist Ralph Kretz is honoured in the special session on "Mineral-Scale Processes in Metamorphic Petrology", and the "Advances in U-Th-Pb Geochronology" symposium recognizes the important contributions of the late Chris Roddick. Other highlights include symposia and special sessions on carbonatites in honour of John Gittins, Latin American mineral deposits, the Bathurst and Kidd Creek base metal camps, geo-environmental mapping, landslides in eastern North America, hydrogeology of Quaternary sediments, the Magdalen Basin NATMAP project, and the tectono-metamorphic history of the Canadian Shield. Many symposia and special sessions are complemented by field trips, short courses, and post-meeting workshops.

In summary, the Ottawa '97 Technical Program offers a diverse array of scientific presentations of interest to a broad national and international audience, presented through poster and oral communications, and integrated with discussion groups, workshops, short courses and field trips. The Technical Program dovetails with the Canadian Geoscience Education Network's meeting, May 17-19, and is followed by the "Geomatics in the Era of RADARSAT" Conference (GER '97), May 24-30.

Steve Lucas, Technical Program Chair, Ottawa'97

Plenary Session: Monday morning, 19 May

Chairs: Marc St-Onge and Steve Lucas

Wallace Broecker (Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University), "Water vapor: driver of glacial cooling?"

John Clague (GSC), "Geologic evidence for great earthquakes at the Cascadia subduction zone"

John Dewey (Oxford University), "Strain, displacement and rotation in plate boundary zones"

John Grotzinger (Massachusetts Institute of Technology), "Calibrating the Cambrian explosion"

Mark Hannington (GSC), "Active volcanoes and recent ore deposits on the ocean floor: diverse settings for submarine hydrothermal systems"

Derrill Kerrick (Pennsylvania State University) "The impact of metamorphic and magmatic CO₂ degassing on the global carbon cycle and paleoclimate"

GAC Presidential Address: Emlyn Koster "The human journey and the evolving museum"

Symposia

- S1 **The Impact of Canadian Geoscience Over the Last 50 Years** [GAC 50th Anniversary Committee], A. V. Morgan (U. of Waterloo)

Canadian geoscientific expertise, both theoretical and practical, is well known throughout the world and in many areas is regarded as leading edge. A series of invited papers will illustrate contributions by Canadians toward the understanding of our world, its history, and geoscience.

Oral.

- S2 **Extraction, Transport, and Emplacement of Granitic Magmas: Physical Processes and Structural Signatures** [GAC Structural Geology and Tectonics Division], K. Benn (U. of Ottawa), A. Cruden (U. of Toronto), E. Sawyer (U. du Québec à Chicoutimi)

This symposium will mark the 50th anniversary of the landmark "Origin of Granite" symposium that was held in Ottawa in GAC's formative year. Papers will present observations, experiments, or theoretical models on physical processes that control extraction, transport, and emplacement of granitic magmas. Topics will include: rates and mechanisms of melt extraction; evaluation of transport mechanisms; space making and material transfer processes associated with emplacement; and rates of crystallization and cooling.

Oral and posters. Complemented by Field Trip B4.

- S3 **Geoenvironmental Mapping: Applying Geoscience to Hazard and Land-Use Issues in the 21st Century** [GAC Environmental Division, COGEOENVIRONMENT, CANQUA], B. Schreiner (Sask. Res. Council), S. Sibbick, P. Bobrowsky (B.C. Geological Survey)

Geoenvironmental mapping promises to integrate geoscience data into processes such as land use designation and management, urban planning, and hazard identification and mitigation. This symposium will focus on: information requirements, available geoscience data, geoenvironmental map types, data integration, geoenvironmental politics, legal implication, risk assessment, working with non-geoscientists, planning, land use, hazard concerns and public policy, case studies, and future challenges.

Oral and posters. Complemented by Workshop W1.

- S4 **Contributions to the Geology of Latin American Ore Deposits** [GAC Mineral Deposits Division], M. Zentilli (Dalhousie U.), R. Jannas (Metallica Resources Inc.)

Mineral deposit research and mineral exploration are at an all-time high in Latin America. This symposium will comprise papers based on such studies.

Oral and posters.

- S5 **The Engineering Geomorphology of Landslides in Eastern North America** [Canadian Geomorphological Research Group], S. Evans, J. Aylsworth, T. Lawrence (GSC)

This symposium will cover a broad range of landslide topics reflecting the wide range of landslide styles in eastern North America, including offshore submarine landslides, and aspects of sensitive marine clay landslides which represent a major geohazard in the Ottawa Valley-St. Lawrence Lowlands region.

Oral and posters. Complemented by Field Trip B1.



- S6 New Developments in Paleocontinental Reconstruction** [GAC Geophysics Division and CGU Paleo- Rock Magnetism Working Group], R. Ernst (U. of Western Ontario), I. Dalziel (U. of Texas), K. Buchan (GSC)

Advances in methodology and multidisciplinary approach are responsible for new paleocontinental reconstructions throughout the Proterozoic, and improved reconstructions in the Phanerozoic. This session will focus on: (1) the range of techniques for establishing reconstructions, and (2) the description and critical comparison of new reconstructions based on these diverse methods.

Oral and posters.

- S7 The Chris Roddick Symposium: Advances in Microsampling, Imaging, and Interpretation in U-Th-Pb Geochronology**, O. van Breemen, B. Davis (GSC), R. Parrish (NERC Isotope Geosci. Centre), R. Stern (GSC), I. Williams (ANU)

In memory of J. Chris Roddick, the symposium will bring together researchers interested in methods and applications of U-Th-Pb geochronology. Contributions from research advances in microsampling (e.g. TIMS, SIMS, LAM-ICP-MS) and imaging (e.g. cathodoluminescence) techniques are sought to illuminate the nature and advantages of the respective techniques. The focus will be on current U-Pb-Th systematics at the grain and subgrain scale, and highlight innovative applications to mineral growth and geological histories.

Oral and posters.

- S8 Carbonatites: Implications for Mantle and Crustal Processes. A symposium dedicated to John Gittins**, K. Bell (Carleton U.), B. Kjarsgaard (GSC), A. Simonetti (Max Planck Inst., Mainz)

This symposium will provide an opportunity to present, discuss, and evaluate recent studies of carbonatites and related rocks, including new phase equilibrium, isotopic, and geochemical investigations in 3 sessions:

- (1) carbonatite magmas – primary or derivative?,
- (2) carbonatites in the mantle – mantle metasomatism, and
- (3) carbonatites at crustal levels, including melts, fluids, mineralization and fenitization.

Oral and posters. Complemented by Field Trip A4.

Special Sessions

- T1 Mineral-Scale Processes in Metamorphic Petrology. A Special Session to Recognize the Lifetime Contributions of Ralph Kretz** [MAC], T. Rivers (Memorial U.), D. Lentz (New Brunswick Dept. Of Natural Resources and Energy), D. Pattison (U. of Calgary)

Understanding the chemical and physical response of metamorphic rocks to elevated pressure, temperature, and variable fluid phase composition, involves integration of theoretical macroscopic thermodynamic, phase equilibrium and kinetic approaches, with microscopic observations and measurements of microstructural parameters. This session will focus on energetics, rates and mechanisms of metamorphic crystallization in the crust, and will explore linking theory with microstructural observation on the (sub)crystalline scale.

Oral and posters. Complemented by Field Trip A6, led by Ralph Kretz.

- T2 Earth to Classroom: Perspectives on Earth Science Education** [Canadian Geoscience Education Network], G. Nowlan (GSC), F. Haidl (Sask. Energy and Mines)

This session concerns aspects of geoscience education in Canadian Schools at the K-12 level. Talks will focus on the geoscience taught, how it is taught, and resources available to teachers. There will be a review of the contribution of teacher workshops held across the country for many years. Teachers are invited to attend.

Oral. Complemented by Field Trip A3, and by pre-meeting workshops and local field trips organized by the Canadian Geoscience Education Network (CGEN).

- T3 Sedimentology of Siliciclastic and Carbonate Shelves** [Canadian Sedimentology Research Group], B. Arnott and A. Desrochers (U. of Ottawa)

The session will examine the interaction of clastic and carbonate depositional systems in shallow to deep marine settings. It will focus on morphodynamic and architectural models of mixed siliciclastic and carbonate facies, and the character of oceanic mixing models, including estuarine bypass, coastal boundary current, storm systems, and alternate bypass mechanisms. The best paper or poster submitted by a student will be eligible for a \$150 prize.

Oral and posters. Complemented by Field Trips A2 and B2.

- T4 Tectonic, Magmatic, and Hydrothermal Evolution of Continental Backarc Rifts and Methods of Sulphide Exploration, with Emphasis on the Bathurst Mining Camp** [GAC Mineral Deposits Division, Geological Society of CIM, Bathurst EXTECH-II Project], W. Goodfellow, C. van Staal (GSC)

This session will draw on research of modern and ancient back-arc rifts hosting seafloor massive sulphide deposits, and focus on genetic links between extensional tectonism, anoxic sedimentation, felsic magmatism, metalliferous fluid generation and discharge, and seafloor depositional processes. It will highlight new research from the EXTECH II project on the origin and methods of detecting massive sulphide deposits in the Bathurst Mining Camp (northern New Brunswick).

Oral and posters. Complemented by Field Trip B7.

- T5 Origin and Evolution of the Western Maritimes Basin: The Magdalen Basin NATMAP Project** [Canadian Sedimentology Research Group], P. Giles, G. Lynch (GSC)

The session will summarize research associated with the Magdalen Basin NATMAP Project, in the western portion of the Maritimes Basin of eastern Canada. Papers will deal with stratigraphy and sedimentology of the Late Devonian and Carboniferous succession, volcanism and plutonism as related to basin origin and development, regional tectonics and structural evolution, paleoclimatic evolution, and the framework for mineral deposits and fossil fuel resources.

Oral and posters.

- T6 NATMAP Shield Margin Project: Final Compilation Maps** [NATMAP Shield Margin Working Group, GAC Precambrian Division], S. Lucas, I. McMartin (GSC), E. Syme (Manitoba Energy and Mines), K. Ashton (Sask. Energy and Mines)

The NATMAP Shield Margin Project is producing a set of 1:100 000 scale compilation maps of Quaternary, Phanerozoic and Precambrian geology, and interpretive maps of the Precambrian beneath the Phanerozoic, for the Flin Flon Belt, Hanson Lake Block, and the south flank of the Kiseynew Domain in Manitoba and Saskatchewan. Contributions include compilation maps, syntheses of thematic studies, and GIS databases.

Posters.

- T7 Geological Remote Sensing and RADARSAT** [GAC Remote Sensing Division], V. Singhroy (CCRS), A. Rencz (GSC)

This session will show the use of satellite and airborne images, data integration, and GIS visualization techniques to help geological mapping, exploration and geohazard assessment. Emphasis will be on hyperspectral sensors and RADARSAT.

Oral and posters. Complemented by Field Trips A1 and B3.

- T8 Geological Data Management and GIS** [GAC Geographical Information System Division], J. Broome (GSC), D. Naldrett (Environmental Earth Sci., Calgary), G. Bonham-Carter (GSC)

The session will address GIS and geological data management. It will focus on 3 principal areas: database design, data management, and case studies with emphasis on their relation to GIS.

Oral and posters. Complemented by Short Course 2 and Workshop W2.

- T9 Regional Geology and Hydrogeology of Quaternary Sediments** [CANQUA], D. Sharpe, M. Hinton (GSC)

This session focuses on the relationship between regional geology and hydrogeology and on recent research into regional groundwater investigation techniques. Keynote addresses will be presented on the state of the groundwater resource in Canada, and on management issues in an aquifer complex under heavy urban pressure.

Oral and posters. Complemented by Field Trip A1.

- T10 Geology of the Kidd Creek Orebody, Timmins, Ontario** [GAC Mineral Deposits Division], M. Hannington, T. Barrie, W. Bleeker (GSC)

Results of a multidisciplinary research project involving the Geological Survey of Canada, Falconbridge Limited, and Laurentian University will be presented, covering geology, geochemistry, geochronology, alteration and isotope geochemistry of the Kidd Creek deposit.

Oral and posters. Complemented by Field Trip B6.

- T11 Atypical Gold Deposits** [GAC Mineral Deposits Division], A. Sangster (GSC), J.F. Couture (MRN)

This session will stress gold deposits or aspects of gold deposits and occurrences that do not fit existing classifications. Deposits to be visited on the Abitibi Belt Field Trip (B5) will be discussed.

Oral and posters. Complemented by Field Trip B5.

- T12 Archean Crustal Evolution: A Bottom-Up Look at Archean Cratons from Rocks, Sound Waves and Isotopes** [GAC Precambrian Division], T. Skulski, J. Percival (GSC)

This session assembles new perspectives on Archean cratons provided by LITHOPROBE seismic studies in concert with geological insight on timing and genesis of magmatic rocks from the entire crustal section. Topics include; constraints on magmatic sources and processes from geochemistry, isotopic tracers, experimental petrology, petrology, seismic-petrological integration, geochronological-thermochronological studies, intracratonic correlations, and the dimensions and durations of Archean tectonothermal processes.

Oral and posters. Complemented by Field Trip A7.

- T13 Tectono-Metamorphic Studies in the Canadian Shield** [GAC Precambrian Division], R. Berman (GSC), M. Easton (OGS), L. Nadeau (GSC)

Recent advances in understanding the interplay of metamorphism and tectonics have made the characterization and study of metamorphism an important component in formulating testable tectonic models. This session will highlight work that completes a new tectono-metamorphic map of the Canadian Shield. Emphasis will be on regional metamorphic compilations, detailed studies, improved quantitative methods and their application.

Oral and posters.

- T14 Organism Response to Environmental Change: Documentation from the Recent and Fossil Record** [GAC Paleontology Division], T. Patterson, E. Reinhardt (Carleton U.)

Increasingly, various fossil groups are recognized as suitable for documenting the impact of anthropogenic agents on the environment. Such understanding requires detailed documentation of other, non-anthropogenically related changes in the older geological record. This session will introduce the utility of fossils in a variety of such applications. It will include research from both marine and nonmarine settings without restriction by taxonomic group or geological age.

Oral.

- T15 The Grenville Orogen: From Mountains to Skyscrapers** [GAC Precambrian Division], M. Easton (OGS)

This session will highlight 2 themes related to research in the study of the Grenville Orogen: (1) new tectonic models for formation of various parts of the orogen obtained from Abitibi-Grenville LITHOPROBE transects in Ontario and Quebec, and (2) the influence of the Grenville landscape on the urban geography of central Canada (history of mineral deposit exploitation, contribution of past Grenville research to Precambrian geology, influence of basement geology on agriculture, water quality, and urban geology).

Posters. Complemented by Field Trips A5 and B3.



T16 Volcanic Behaviour and Igneous Petrology [GAC Volcanology Division], J. Russell (UBC), T. Pearce (Queen's U.)

This session will highlight studies of volcanic and magmatic processes. Papers will examine the connections between the chemical evolution and physical behaviour of magmatic and volcanic systems. Topics will include linkages between: source region and volcanic activity, differentiation processes and eruption dynamics, magma degassing and eruptive style, and between petrology and volcanic hazard assessment.

Oral and posters.

T17 Biological/Mineralogical Interactions [MAC], J.M. McIntosh, L.A. Groat (UBC)

The focus of this session will be on the interactions between minerals and bacteria. Included are relevant biology of bacteria, new applications of analytical techniques, the weathering of sulphide and silicate minerals, and the formation of sulphides, silicates, carbonates, and phosphates through mineralogical/biological processes.

Posters. Complemented by Short Course 3.

T18 Nechako NATMAP Project, Central British Columbia: Recent Advances [Nechako Natmap Working Group], L.C. Struik (GSC), D.G. MacIntyre (B.C. Geological Survey)

The Nechako NATMAP project, in its second of five years, has established contributions to the understanding of upper Paleozoic to Tertiary tectonics, plutonism and volcanism, Quaternary glacial history, and mineral resource exploration in the Intermontane Belt of central British Columbia. These contributions will be highlighted and displayed along with some of the maps being produced over an area of 350 000 sq. km.

Posters.

General Sessions

General sessions will be presented in poster form in focused areas within the poster hall.

- G1 Economic Geology
- G2 Environmental Geology and Hydrogeology
- G3 Geochemistry
- G4 Geochronology and Isotope Geology
- G5 Geomorphology
- G6 Geophysics
- G7 GIS, Remote Sensing, and Geomathematics
- G8 Igneous Petrology and Volcanology
- G9 Metamorphic Petrology
- G10 Mineralogy and Crystallography
- G11 Paleontology and Paleobotany
- G12 Precambrian Geology
- G13 Public Awareness and Education
- G14 Quaternary Geology
- G15 Sedimentology and Stratigraphy
- G16 Structural Geology and Tectonics.

Remick Poster Awards

The Jerome H. Remick III Poster Awards feature gold, silver, and bronze prizes of \$850, \$700, and \$600. Members of the Ottawa '97 Technical Program Committee and representatives of the GAC and MAC program committees, will review all posters at Ottawa '97 and select award winners. Posters will be judged on scientific content, organization and presentation of data, and aesthetics. Awards will be presented to the winning authors during the poster session on May 21.

SPEAKER READY ROOMS

Speaker ready rooms will be open daily from May 18 to May 21. They will be equipped with facilities for viewing slides and overheads. Slide trays will be available on a sign-out basis but must be returned as soon as possible following presentation. Presenters are expected to bring their slides in trays to the lecture room and deliver them to the projectionists before their sessions.

Locations: Capital Hall floor, Congress Centre; Main Level, Government Conference Centre.

SHORT COURSES

All participants for short courses must be registered for Ottawa '97 (minimum one day conference registration). The registration form with full payment **must be received no later than April 15, 1997**. Late registration may be possible for under-subscribed courses. **Cancellation** of short course registration must be received in writing (FAX acceptable) **no later than April 22, 1997** in order to obtain a refund. No refunds will be given for cancellations after April 22, 1997. Each short course is subject to cancellation if there are insufficient registrations and full refunds will be made.

1. **Volcanic-associated Massive Sulphide Deposits: Processes and Examples in Modern and Ancient Settings** T. Barrie (GAC) and M. Hannington (GSC). Co-sponsored by GAC and SEG

This 2-day course will review current research on critical aspects of VMS formation, with an emphasis on relevance to mineral exploration. It will present the results of recent studies on important VMS deposits and districts around the world. The course will make use of SEG Reviews in Economic Geology volume. The speakers are experts from North America, Australia, and Europe. Examples to be discussed include: Kidd Creek, Iberian Pyrite Belt, Eskay Creek, Windy Craggy, and important settings on the seafloor. Topics include:

- Classification of VMS deposits, based on world-wide compilation
- Subaqueous volcanism: environments and controls
- Structural aspects of hydrothermal venting in seafloor/ophiolite settings
- Magmatic and hydrothermal controls on seafloor venting
- Precious metal enrichment in VMS systems
- Hydrothermal alteration of oceanic crust
- Fluid chemistry and metal transport



- Stratigraphy and alteration of bimodal VMS systems
- Stable isotopes and VMS systems
- Heat and fluid flow modeling and VMS systems

May 17-18; Carleton University; Tory Building (Science)
Cost: \$350 regular; \$100 students (plus GST)

Capacity: Unrestricted

More information: Tucker Barrie, Geological Survey of Canada, 601 Booth St., Ottawa, Ontario, Canada K1A 0E8; Phone 613 996-2793; Fax 613 996-9820; E-mail barrie@gsc.NRCan.gc.ca

2. **From Outcrop to Output: Introductory Field-Oriented GIS for Geoscientists** B. Brodaric (GSC), R. Harrap (Queen's University), and D. Wright (GSC). Sponsored by GAC

The use of GIS in exploration and research geology has expanded greatly in the last few years. It is now routine to use GIS tools to complement fieldwork and visualize analytical and survey results. This 3-day course will provide an introductory overview of GIS through the presentation of concepts and practical exercises using popular and affordable desktop mapping tools. A hands-on approach will be used to improve understanding of the technology of the method, and the focus will be on case studies relevant to mineral exploration.

We will review GIS and cartographic techniques, field data capture methods including on-outcrop devices such as PDA and GPS, and data transfer techniques used to move the data to the desktop. Mapping software will be used to illustrate cartographic manipulation, data querying, and visualization. An example of combining several spatial data layers to generate a mineral potential map will be demonstrated using GIS software. By the end of this course the users will be familiar with the potential for GIS to enhance field mapping, and will be introduced to the AutoCAD, FieldLog, ArcView and SPANS software. No GIS expertise is required.

Complements Special Section T8

May 16 - 18; GSC, 601 Booth St., Ottawa
Cost: \$300 regular; \$75 students (plus GST)
Capacity: 16 participants.

More information: Boyan Brodaric, Geological Survey of Canada, 601 Booth St., Ottawa, Ontario, Canada K1A 0E8; Phone 613 992-562; Fax 613 995-9273; E-mail brodaric@gsc.NRCan.gc.ca

3. **Biological-Mineralogical Interactions** L. A. Groat and J. M. McIntosh, (University of British Columbia). Sponsored by MAC

A 2-day course that investigates the interactions between minerals and, primarily, bacteria. The course will include: an introduction to the biology of bacteria; a review of techniques to handle bacteria during experimentation; a review of analytical techniques that are, or could be, used to study the interactions; and detailed examinations of microbial dissolution and formation of various minerals including sulphides (with consideration to acid rock drainage (ARD)), silicates, carbonates, and phosphates. This course is intended as an introduction to biological-mineralogical interactions, but current research will also be discussed.

It is complemented by Special Session T 17.

Topics and speakers are:

- Introduction to microbial techniques (A. Soblinski; O.H. Tuovinen)
- Bacteria and formation of minerals (L.A. Groat; J. Lucas; L. Prevot; J.A. Watterson)
- Bacteria and mineral dissolution (J. McIntosh; J.Kwan; J.A Jambor)
- Biofilms, cryptoendolithic organisms, and minerals (J.E. Banfield)

May 17-18; University of Ottawa

Cost: \$350 regular; \$200 students (plus GST)

Capacity: Unrestricted

More information: Lee Groat, Dept. of Geological Sciences, University of British Columbia, Vancouver, B.C. V6T 1Z4 Phone 604 822-8238; Fax 604 822-6088; E-mail groat@unixg.ubc.ca

WORKSHOPS

- W1. **Environmental Mapping**; Thursday May 22. Camsell Hall, 580 Booth Street. Cost \$25. Use Conference Registration Form to register. For more information contact Bert Struik or Bob Turner (GSC Vancouver: Phone 604 666-6413/4852 Fax 604 666-1124).

Complements Symposium S3.

- W2. **Standards for Digital Geology**; Thursday, May 22. GSC, 601 Booth Street. No charge. To register or for more information contact John Broome (GSC Ottawa: Phone 613 995-6914; Fax 613 947-1819; E-mail broome@gis.NRCan.gc.ca).

Complements Special Session T8.

FIELD TRIPS

Field trips are an integral part of annual GAC-MAC meetings, and offer unique opportunities to examine first-hand the 'ground truth' on which much earth science research is based. A wide variety of field trips is offered before and after the Ottawa '97 meeting, many of which complement symposia and special sessions. Topics include stratigraphy, structure and setting of mineral deposits in the Archean Superior Province, recent developments in the interpretation of tectonism and plutonism in the Grenville Province, sulphide deposits in New Brunswick (Bathurst) and New York (Balmat), carbonatites, Paleozoic stratigraphy in the St. Lawrence Lowlands, and aquifers and landslides associated with Quaternary sediments.

Please note that this list differs from that in the First Circular, distributed in September, to the extent that Trip B8, "Geology and Massive Sulphides . . ." is now B7, replacing former B7, "Stromatolites . . .", which is cancelled. There are also minor changes in some trip fees. Further changes, if necessary, will be listed on the Ottawa '97 website <http://www.NRCan.gc.ca/~ottawa97>.



Field trip participants must be registered for Ottawa '97 for a minimum of one day. Deadline for registration with full payment is **April 15, 1997**. Participants will be accepted on a first-come, first-served basis, and are strongly advised to register before the deadline to avoid disappointment. Be sure to indicate alternate choices on the registration form. Participants must arrange and pay for travel, meals, and accommodation not specified as included in the costs of the field trips described below. Trips originating in Ottawa will leave (and return where applicable) to the Congress Centre. Field-trip leaders will contact all registered participants by May 1, 1997, providing additional information on the itinerary and logistics; this information will also be posted under the heading for each field trip on the Ottawa '97 website.

Cancellation of field-trip registration must be received in writing (Fax or E-mail acceptable) **no later than April 22, 1997** in order to receive a refund; no refunds will be made for cancellations received after this date. The decision to cancel field trips that are insufficiently subscribed will be made on April 22. Registrants for cancelled trips will be assigned to the trip of their second choice (with appropriate fee adjustment), or will receive full refunds.

The weather in the Ottawa region in the second half of May (Tulip Festival time) is usually pleasantly warm, but can be unpredictably cool and rainy. Field-trip participants should bring suitable clothing, including field boots; the European habit of carrying umbrellas on field trips may be a wise one to adopt. Field-trip leaders will notify participants of any special requirements. Please direct inquiries to Tony Davidson, Chair, Field-Trip Committee (see inside front cover).

Tony Davidson, Field-trip Chair, Ottawa'97

Pre-meeting Field Trips

- A1 Where is the Water? Regional Geologic/Hydrogeologic Framework, Oak Ridges Moraine Area, Southern Ontario** D. Sharpe (GSC), P. Barnett (Ontario Geological Survey), T. Brennand (Simon Fraser University), M. Hinton (GSC), H. Russell (University of Ottawa), F. Kenny (Ontario Ministry of Natural Resources), and G. Gorrell (Gorrell Resources Investigations, Oxford Mills, Ontario)
May 17 - 18

The Oak Ridges Moraine is an aquifer complex of regional significance in the Greater Toronto area. Water resources and groundwater in particular are under stress due to rapid and continued urbanization. This involves broad issues of water supply, water quality, watershed planning, cold-water fishery, and competing land uses such as landfills, golf courses, and aggregate extraction. The field-trip area is the focus of a showcase study by the Geological Survey of Canada (GSC), the Ontario Geological Survey, and other groups under the national mapping program (NATMAP). It contains the oldest and thickest identified Quaternary sequence in southern Canada, including a complex stratigraphic sequence of glaciolacustrine and glaciofluvial sediments, and extensive diamicton units. Southwest-trending erosional channels dissect the sequence.

The field trip will highlight developing concepts concerning regional and subsurface geological architecture (e.g. buried channels) and areas of advancement in hydrogeological understanding. The trip will complement the 1994 GAC trip to the area and will include stops along the thick sequences of the Humber Valley, channels north and at the eastern extent of the Oak Ridges Moraine, and bluffs east of Toronto. It will also feature new mapping and analysis techniques using state-of-the-art GIS technology.

This trip will be of interest to attendees of Special Sessions T7, "Geological Remote Sensing and RADARSAT" and T9, "Regional Geology and Hydrogeology of Quaternary Sediments".

Cost: \$155 (plus \$10.85 GST). Includes ground transportation, accommodation for one night, all meals, and guidebook. The trip will leave Toronto at 08:00 on May 17 and arrive in Ottawa at ~18:00 on May 18.

Capacity: 35 participants.

- A2 Lithostratigraphy and Sequence Stratigraphy of the Lower Paleozoic Succession in the Ottawa Valley Region** G.R. Dix (Carleton University), W.A. Arnott, M. Molgat (University of Ottawa), and O. Salad Hersi (Carleton University)
May 18

Participants will examine the Sauk-Tippecanoe sequence boundary (Chazy sandstone overlying Beekmantown dolomite), and will be introduced to lithostratigraphic and sequence stratigraphic boundaries within overlying siliciclastic and carbonate Chazy, Blackriveran, and Trentonian successions. The platform interior Tippecanoe facies will be placed in context with regional stratigraphy in New York, and west of the Frontenac Arch in southern Ontario. *This field trip will be of interest to participants of Special Session T3, "Sedimentology of Siliciclastic and Carbonate Shelves".*

Cost: \$65 (plus \$4.55 GST), includes transportation, lunch, and guidebook. The trip will leave Ottawa at 08:00 and return at ~18:00, May 18.

Capacity: 27 participants.

- A3 An Introduction for Teachers to the Canadian Shield in the Papineau-Labelle Wildlife Reserve, Quebec** P. Tremblay (INRS-Géoresources), L. Corriveau (GSC) and collaborators
May 17 - 18

This field trip, sponsored by the Canadian Geoscience Education Network, will allow Primary and High School teachers from across Canada and scientists to intermix and discuss Earth Science education in an informal setting. From our departure point in Ottawa, we will first stop at an outcrop of limestone typical of the sedimentary rocks of the St. Lawrence Lowlands. Our next stop, at a former mica and apatite mine, will introduce us to the fascinating mining history of the Outaouais, and provide an opportunity to collect minerals. Driving to the Papineau-Labelle wildlife reserve, about 150 km northwest of Ottawa, we will focus on the glacial history of the area, and observe the traces glaciers have left on today's landscape.

Located in the Grenville Structural Province of the Canadian Shield, the Papineau-Labelle Wildlife Reserve offers many outstanding outcrops of both highly deformed gneiss and of igneous rocks, over one billion (10^9) years old. We will see evidence of how magmas travelled through the crust, and how they solidified. Our overnight stop at a log cabin overlooking lac des Sept-Frères will provide an opportunity for discussing Earth science education and sharing outreach activities. We hope that scientists and accompanying members will join us in this discovery of the Canadian Shield. *This trip complements Special Session T2, "Earth to Classroom: Perspectives on Earth Science Education".*

Cost: \$160 (plus \$11.20 GST), includes transportation to and from Ottawa, one night shared accommodation, all meals, and guidebook. EdGEO funding may be available for teachers. All stops are easily accessible via short walks. Ideally, teachers will be EdGEO graduates. We will depart from Ottawa on May 17 at 08:00 and return on May 18 around 16:00.

Capacity: 28 participants (20 teachers, 8 scientists)

A4 Carbonatites, Fenites, and Associated Phenomena near Ottawa D. Hogarth (University of Ottawa)
May 18

Participants will view carbonatites, fenites, and breccias near Ottawa; specifically Cretaceous Nb-bearing (Blackburn, Ontario), Proterozoic Nb-bearing (Gatineau Park, Quebec), Proterozoic REE-rich carbonatite/fenite and a possible impact structure (West Templeton, Quebec), as well as Neoproterozoic trachyandesite (Buckingham, Quebec). This field trip is an up-dated version of one conducted at GAC-MAC in Ottawa, 1986. *It will be of particular interest to those participating in Symposium S8, "Carbonatites: Implications for Mantle and Crustal Processes".*

Cost: \$50 (plus \$3.50 GST), includes transportation, lunch, and guidebook. The trip departs from Ottawa 08:00 and returns 18:00.

Capacity: 30 participants

A5 Geology of the Balmat Mine, New York
W. deLorraine (Zinc Corporation of America),
and A. Sangster (GSC)
May 16 – 18

The carbonate-hosted zinc deposits at Balmat, New York, are geologically unique and have been an important source of zinc since 1916. This trip will include a one-day surface tour comprising stratigraphy of the mine area, the mine model, introduction to the mine geology, and a half-day tour of the No. 4 Mine. The field trip will be supplemented by an evening presentation on the metallogeny of the Grenville Province, highlighting marble-hosted zinc occurrences. *It will be of particular interest to those participating in Special Session T15, "The Grenville Orogen: from Mountains to Skyscrapers".*

Cost: \$285 (plus \$19.95 GST); includes transportation from Ottawa and return, shared accommodation, all meals, and guidebook. The trip will depart from Ottawa at 16:00 on May 16 and return May 18.

Capacity: 20 participants

A6 Metamorphic Crystallization: Examples from the Ottawa Valley and Laurentian Highlands R. Kretz (University of Ottawa)
May 18

This is an excursion to an area of high metamorphic grade centred at Otter Lake, 75 km northwest of Ottawa. Participants will be able to examine representative rock types of the area – marble, quartzite, pelitic gneiss, amphibolite, metagabbro, veined gneiss, and granite – but the main focus will be on certain products of metamorphism: micro-reaction zones in metagabbro, simple (diopside) reaction zones between dolomite marble and quartzite, complex (biotite, garnet, plagioclase) reaction zones between veined gneiss and amphibolite, zoned skarn veins in marble, and quartz-feldspar veins that are interpreted as products of metamorphic differentiation. Outcrop-scale folds, boudinage structures, and mylonite zones are also exposed. *This trip precedes, and will be of particular interest to those participating in Special Session T1, "Mineral-Scale Processes in Metamorphic Petrology".*

Cost: \$60 (plus \$4.20 GST), includes transportation, lunch, and guidebook. The trip leaves Ottawa at 08:00 and returns at 18:00.

Capacity: 14 participants

A7 Archean Terrane Docking along the Porcupine-Destor-Manneville Fault W. Mueller, R. Daigneault, and E.H. Chown (Université du Québec à Chicoutimi)
May 15 – 18

The Destor-Porcupine-Manneville fault zone (DPMFZ) represents the major collision zone between the northern and southern volcanic zones of the Abitibi belt. This excursion will address the problems of Archean terrane formation and accretion in the south-central part of the Abitibi greenstone belt. Synvolcanic plutonic emplacement and subaqueous volcanism, thrusting and subsequent strike-slip movement, and late stage plutonism indicate the complexity of arc evolution. The different stages, arc formation, arc-arc collision, arc fragmentation and arc exhumation will be discussed. The 2730 Ma Hunter Mine felsic complex, an early arc volcanic centre, shows the various stages of arc formation. Evidence of arc-arc collision characterized by thrusting is identified in the Manneville segment of the DPMFZ. Dextral strike-slip movement and related basin formation and sedimentary development indicating arc fragmentation are observed in the Destor-Porcupine segment. Late-stage plutons of the Preissac Lacorne batholith are consistent with arc exhumation. Animated discussions during this excursion are to be expected. *Related to Special Session T12, "Archean Crustal Evolution..."*.

Cost: \$720 (plus \$50.40 GST), includes air and/or bus transportation from Montreal and return to Ottawa, ground transportation in the trip area, meals, and guidebook. Details of transportation will be given to participants by the trip leader at a later date. Participants who wish to make their own travel arrangements to and from the trip area will be charged \$420 (plus \$29.40 GST).

Capacity: 25 participants



Post-meeting Field Trips

- B1 Slope Stability and Settlement Problems in Sensitive Marine Clay, Ottawa Valley** J.M. Aylsworth, D.E. Lawrence, and S.G. Evans (GSC)
May 22

Marine clays of the postglacial Champlain Sea are widespread in the Ottawa valley. Geotechnical issues associated with these sediments include differential settlement and slope instability problems ranging from minor slumps to large-scale, rapid flowslides. Site visits will include several historic failures along the South Nation River: the 1993 Lemieux landslide, the disastrous 1908 Notre Dame de la Salette landslide along the Lièvre River, the 1973 Chelsea landslide, and large, early Holocene failures. Discussion will encompass event histories, failure mechanisms, critical geological conditions and slide morphology, as well as various risk management/bank stabilization programs in use in the Ottawa area. *Related to Symposium S5, "The Engineering Geomorphology of Landslides in Eastern North America".*

Cost: \$55 (plus \$3.85 GST), includes transportation, lunch, and guidebook. The trip will leave Ottawa at 08:00, returning at ~18:00.

Capacity: 35 participants

- B2 Regional Stratigraphy and General Sedimentology of Platform-Interior to Basin Facies of the Middle Ordovician Succession in Eastern Ontario**
G.R. Dix, O. Salad Hersi (Carleton University), N.P. James (Queen's University), and D. Armstrong (Ontario Geological Survey)
May 21 - 24

Participants will examine the Ordovician Blackriveran through Trentonian succession from platform-interior through deeper water facies related to eventual drowning of the platform and deposition of deep-water organic-rich shales. Stratigraphy and general sedimentology are presented for each stratigraphic unit with a focus on regional correlation from Bowmanville to Ottawa, across the Frontenac Arch near Kingston. *This field trip will be of interest to participants of the Special Session T3, "Sedimentology of Siliciclastic and Carbonate Shelves".*

Cost: \$350 (plus \$24.50 GST) includes 3 nights accommodation, transportation, lunches, and guidebook. The trip will leave Ottawa at 16:00 on May 21, returning to Ottawa by 17:00 on May 24.

Capacity: 26 participants

- B3 New Developments in Grenville Geology and Remote Sensing, Fort Coulonge Region, Western Quebec** K.N.M. Sharma (Ministère des Ressources naturelles du Québec), and V. Singhroy (Canada Centre for Remote Sensing)
May 21 - 23

The Fort-Coulonge region, situated in the southwest Grenville Province in Quebec, includes parts of two major lithotectonic domains: the Central Metasedimentary Belt (CMB), and the Central Gneiss Belt (CGB). The two are juxtaposed along the Cayamant Shear Zone (Cayamant Lineament). This

lineament is significant for several reasons, the most important being that in addition to marking the western limit of the CMB, it also represents a major shear zone resulting from the overthrusting, toward the west and northwest, of the metasedimentary pile on top of the adjacent gneiss terranes (Pythongá and Baskatong-Dozois terranes, subdivisions of the CGB). Consequently, the Cayamant lineament defines the eastern limit of the "Central Metasedimentary Belt Boundary Thrust Zone" ("Central Metasedimentary Belt Foreland Zone") which extends westward for several tens of kilometres on top of the gneiss terranes. These phenomena are spectacularly evident in structural interpretations of SEASAT-RADAR data, and are confirmed by field studies, where the existence of several nappes and their erosional remnants, hitherto unrecognized, has been demonstrated. During the thrusting, the gneiss complexes of the CGB did not behave passively, and were themselves thrust toward the west and northwest along subhorizontal to gently dipping décollements within the gneiss complexes. Tectonic slivers of ultramafic mantle rocks occur within these deformation zones. *This field trip will be of interest to attendees of Special Sessions T7, "Geological Remote Sensing and RADARSAT" and T15, "The Grenville Orogen: From Mountains to Skyscrapers".*

Cost: \$255 (plus \$17.85 GST), includes transportation by bus or minivan, shared accommodation for two nights, all meals, transportation, and guidebook. The trip will leave Ottawa at 17:00 on May 21, returning at ~18:00 on May 23.

Capacity: 40 participants

- B4 From Source to Surface: Extraction, Transport, and Emplacement of Mafic to Felsic Magmas, Central Metasedimentary Belt, Quebec** L. Corriveau (GSC) and B. Rivard (University of Alberta)
May 22 - 24

This trip will provide an opportunity for volcanologists, petrologists and structural geologists to ponder the circuitous routes and complex processes involved as magmas ascend from their source toward the surface. Mantle and lower crust xenoliths, migmatites, plutons, dykes, carbonatites, and volcanic rocks will serve as a basis for discussion on extraction of melts, and the transport and emplacement of mafic to felsic magmas. Contrasting styles and sites of magma emplacement of 1.16 Ga alkali-calcic and 1.08 Ga K-rich alkaline and shoshonitic suites will illustrate the influence of host-rock rheology and geodynamic conditions, including the extreme ductile behaviour of marble at deep crustal level. Examples of other topics include hydrothermal systems, skarn formation, assimilation of country rock, magma mingling, vertical igneous layering, emplacement in active shear zones, and synplutonic deformation. *This field trip is affiliated with Symposium S2, "Extraction, Transport, and Emplacement of Granitic Magmas: Physical Processes, and Structural Signatures".*

Cost: \$285 (plus \$19.95 GST) includes transportation from Ottawa by minivan, shared accommodation, all meals, and guidebook. All localities are accessible by short walks from the motor stops.

Capacity: 24 participants

- B5 Atypical Gold Deposits in the Abitibi Belt**
J.-F. Couture (Ministère des Ressources naturelles du Québec) and F. Robert (GSC)
May 21 - 25

The field trip will emphasize the study of Archean gold deposits and occurrences that do not fit well within existing classifications. The trip will include a combination of underground mine tours and outcrop visits to such deposits. Selected mines in Rouyn-Noranda, Val d'Or, and Amos will be visited. Stops will be made at deposits discussed in the related Special Session T11, "Atypical Gold Deposits".

Cost: \$515 (plus \$36.94 GST), includes transportation from Ottawa by minivan, shared accommodation, all meals, and guidebook. Departs Ottawa, May 21 at 17:00, returns evening of May 25.

Capacity: 16 participants (mine restrictions).

- B6 Geology and Setting of Mineral Deposits Timmins to Sudbury Transect: New Insights into the Regional Geology and Setting of Mineral Deposits** D. Ames, W. Bleeker, K. Heather, and N. Wodicka (GSC)
May 21 - 25

From greenstone belt to deep crustal gneisses and back up into the fill of one of the Earth's largest impact structures, this field trip will highlight the geology of the Archean Timmins camp, the Swayze Belt, the Levack gneiss complex, and the early Proterozoic Whitewater Group within the Sudbury structure. New insights and developments, as well as visits to classical outcrops, will focus on stratigraphy, ore deposit settings and regional tectonics of the Abitibi/Swayze greenstone belts, timing of, formation, and exhumation of the high-grade Levack gneisses, and genesis, regional hydrothermal alteration and mineral deposits of the Onaping Formation. *This trip complements Special Session T10, "Geology of the Kidd Creek Orebody, Timmins, Ontario".*

Cost: \$500 (plus \$35.00 GST), includes ground transportation from Timmins to Sudbury (and back to Timmins if required), 4 nights' shared accommodation, packed lunches, banquet dinner on May 24, and guidebook. The trip will start on May 21 with an evening orientation talk at the Travelway Inn in Timmins. Participants are responsible for travel arrangements from Ottawa to Timmins on May 21, and from Sudbury or Timmins at the end of the trip on May 25; early booking of airline reservations is recommended.

Capacity: 24 participants

- B7 Geology and Massive Sulphide Deposits of the Bathurst Camp, New Brunswick** S.R. McCutcheon, J.P. Langton, and D.R. Lentz (New Brunswick Department of Natural Resources and Energy)
May 22 - 25

This field trip will examine the characteristics of various VMS deposits in the Bathurst area of northern New Brunswick, and relate the formation of these deposits to the stratigraphic and tectonic evolution of the Bathurst Camp, which has recently been reinterpreted as a preserved back-arc basin accretionary complex.

Affiliated with Special Session T4, "Tectonic, Magmatic and Hydrothermal Evolution of Continental Backarc Rifts and Methods of Sulphide Exploration, with Emphasis on the Bathurst Mining Camp".

Cost: \$850 (plus \$59.50 GST), includes air and ground transportation from Ottawa, accommodation, lunches, and guidebook. Participants arranging their own air travel will be charged \$470 (plus \$39.20 GST). May 22-25 (4 nights, 3 days).

Capacity: 42 participants

EXHIBITS

The exhibits area will feature displays by a variety of companies, universities, provincial geological surveys, and scientific organizations. It will be integrated with the scientific poster displays on the main floor of the Congress Centre, near the technical sessions. Space is limited to 46 exhibitors. A professional display company (PM Displays) will assist with the setup and provide most requirements. Organizations interested in exhibiting at Ottawa '97 should contact B. Margeson or P. Chiles (Phone: 613 727-3937; Fax: 613 727-3970). The Exhibits will be open daily with a lounge area and cash bar.

SOCIAL EVENTS

Celebration of the 50th Anniversary of the GAC will start at the Sunday evening Icebreaker, when you will have a panoramic view of the Victoria Day fireworks from the Colonel By Salon and Rooftop Terrace of the Congress Centre. A ticket to the Gala Banquet on Monday to celebrate the GAC's 50th Anniversary will be included in every registration package. Dinner and a special evening at the Canadian Museum of Nature have been arranged for Tuesday night. The traditional GAC, MAC, and MDD luncheons will be held at the Congress Centre. Early morning jogging along the Rideau Canal, and a late night hockey game, have been organized for the sports minded.

You will be in Ottawa during the famous Tulip Festival, held every year on Victoria Day weekend. In 1997 the Festival will honour Japan in recognition of its contribution to horticulture and floral artistry. Ottawa will be decorated with millions of tulips, and special events will be ongoing throughout the whole city. We will include an Ottawa Visitor's Guide in every registration package to help you plan your stay.

Social and special events are described below and in the section for Accompanying Guests.

Beth Hillary, Chair, Social Events Committee

Ice Breaker Sunday, May 18 (19:00-23:00).

Colonel By Salon and Rooftop Terrace, Congress Centre. Catch up with friends after registration, and watch the Victoria Day fireworks over Parliament Hill from the Rooftop Terrace of the Congress Centre.

Cost: free to delegates. Cash bar.

GAC Luncheon Monday, May 19 (12:15-14:00).

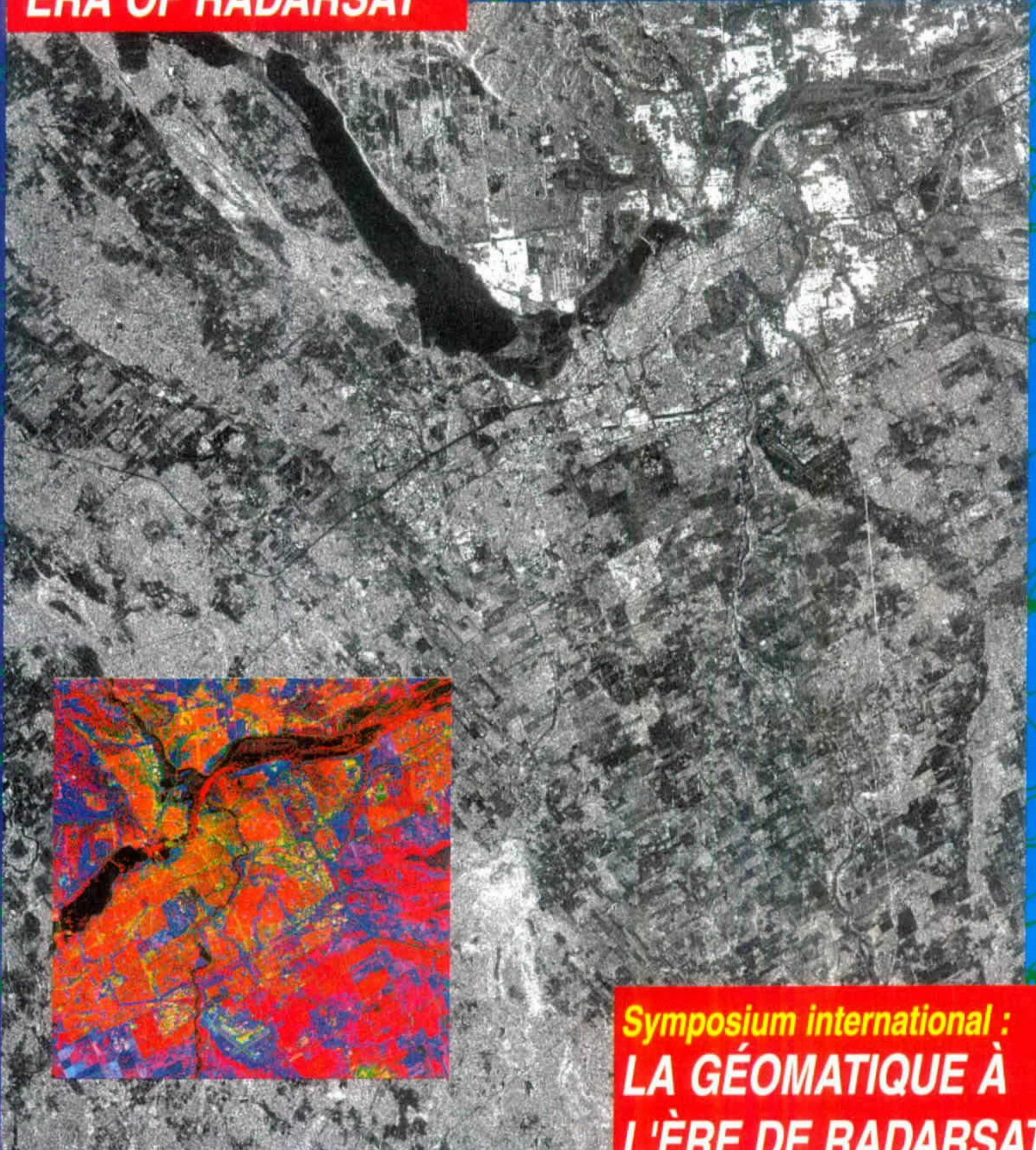
Colonel By Salon, Congress Centre. Celebrating GAC's first half-century since its formation and premier conference in 1947 at the nearby Chateau Laurier, this luncheon will feature GAC's 1997 medal presentations as well as recognise several other colleagues for their distinguished membership and service.

Cost: \$19.00. Cash bar.



May 25 - 30, 1997
 Ottawa, Canada
International Symposium:
**GEOMATICS IN THE
 ERA OF RADARSAT**

GIER '97

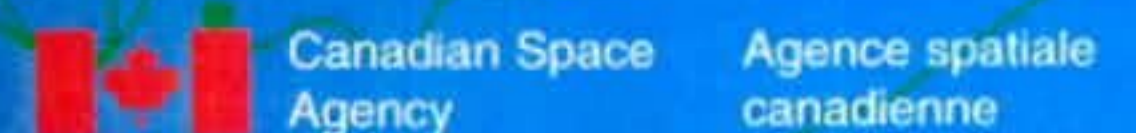


Symposium international :
**LA GÉOMATIQUE À
 L'ÈRE DE RADARSAT**

**Du 25 au 30 mai 1997
 Ottawa, Canada**

© CSA/ASC, 1996
 Image received by/Image reçue par : CCRS/CCT
 Processed and Distributed by/Traitée et distribuée par : RADARSAT International
 Enhancement and Integration/Rehaussement et intégration : CCRS/CCT

Organized by / Organisée par :



This Conference is co-sponsored by CCRS, CIDA, IDRC, NASA and RSI / Cette conférence est coparrainée par le CCT, l'ACDI, le CRDI, la NASA et RSI

Remote Sensing Studies of Dykes and Faults related to Groundwater

M.E. Bailey and H.C. Halls

Earth Sciences, Erindale College, University of Toronto

Introduction

Many countries with arid or semi-arid climates like Africa, India, Australia and southern North America have extensive regions in which the bedrock is crystalline basement. The ability to store and conduct water in crystalline basement rocks depends on the secondary porosity and permeability of fissures caused by faulting, dyke emplacement and subsequent weathering. Exploration for groundwater in areas of basement rocks is directed towards identifying these features which may be related to increased transmissivity and storage of groundwater (Astier and Paterson, 1987, Das and Burman, 1989, Dixey, 1936, Minor et al., 1984, Clarke, 1985, Buckley and Zeil, 1984). The processes of faulting and dyke intrusion often have linear surface expressions that can be found on aeromagnetic maps and satellite imagery.

Faults may act as channels for groundwater or reservoirs depending on the relative hydraulic pressures of the surrounding terrain (Astier and Paterson, 1987, Buckley and Zeil, 1984, Greenbaum, 1985, Minor et al., 1984). Dykes may act as dams blocking the flow of water on the uphill side (Astier and Paterson, 1987, Greenbaum, 1985, Kochel, 1986, Street and Engel, 1989, Ventriss et al., 1982). This effect is particularly well documented in a study of dykes in the Northampton block in West Australia (Ventriss et al., 1982). Less frequently reported, a wide dyke, fractured in its center and weathered, may act as a channel or reservoir (Dixey, 1936, Das and Burman, 1989, Greenbaum, 1985). The extent of vegetation and soil moisture patterns related to the occurrence of groundwater will depend on the lateral extent of fracturing. Typically, good borehole yields are reported up to 300m from a fault (Astier and Paterson 1987), while Street and Engel (1990) find dyke damming effects up to several hundred meters uphill from a dyke. Not all lineaments indicate groundwater (Greenbaum, 1985, Finch, 1990); shear faults and geological contacts can be dry. It is not sufficient to identify lineaments; their underlying cause must also be determined

The purpose of this research is to identify dykes and faults from aeromagnetic data and to attempt correlation of these geological features with areas of vegetation (present even after prolonged periods of little rain) which are presumed, in some cases to indicate the presence of groundwater. The vegetation is identified from multitemporal analyses of satellite images.

Data

The relative difficulty of obtaining access to data for many potential project locations was a major factor in choosing Zimbabwe as the project location. Zimbabwe fulfills the main criteria. It has areas of crystalline basement rock with known dykes and faulting and an arid to semi-arid climate with distinct dry and rainy seasons (to allow for multitemporal

analysis of satellite imagery). Aeromagnetic data were provided by the Geological Survey of Zimbabwe; topographic and geological maps were obtained through a local geophysical company; suitable cloud-free Landsat TM images from the EROS data center archives. RADARSAT images were recently obtained through the ADRO program from the Canadian Space Agency. The project area defined by the Landsat image used is 270 km square and lies east of the Great Dyke and south of Harare. Figure 1 (modified from Wilson et al. 1987) shows the positions of RADARSAT and Landsat TM images with respect to the known faults and dykes in that area.

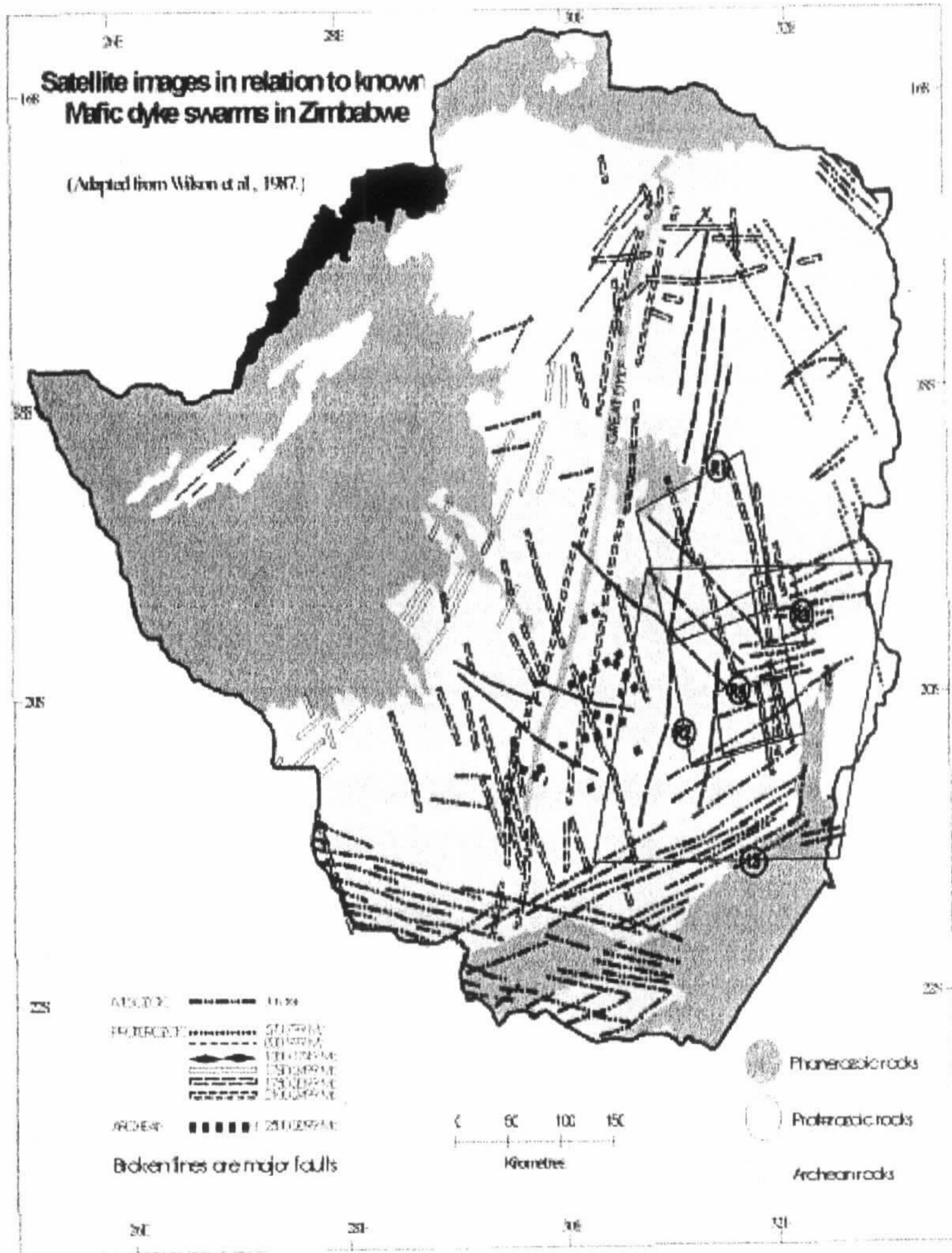


Figure 1 Satellite images in relation to known mafic dyke swarms and faults in Zimbabwe. R1 and R2 are the standard mode RADARSAT images, R3 and R4 are fine mode RADARSAT images, LS is the Landsat TM image.

Aeromagnetic Data

Aeromagnetic data provide information about deeper subsurface geological structures. The mapped aeromagnetic lineaments are directly related to their causative geological features. With suitable processing, lineaments define the locations of geological structures. In addition, modeling a profile of the magnetic data across a lineament yields information on the structure, shape and geometry of the dyke or fault.

Processing

The aeromagnetic data for this project were obtained as part of a regional survey of Zimbabwe flown with a 1 km line spacing at an elevation of 305 meters. The data on which this project is based were provided as total magnetic field values defined on a UTM grid (central meridian 33 degrees) of 125 meter spacing at an elevation of 305 meters. Processing was done with Geopak software and some University of Toronto custom software utilities prior to importing into ERMAPPER and combining with satellite data.

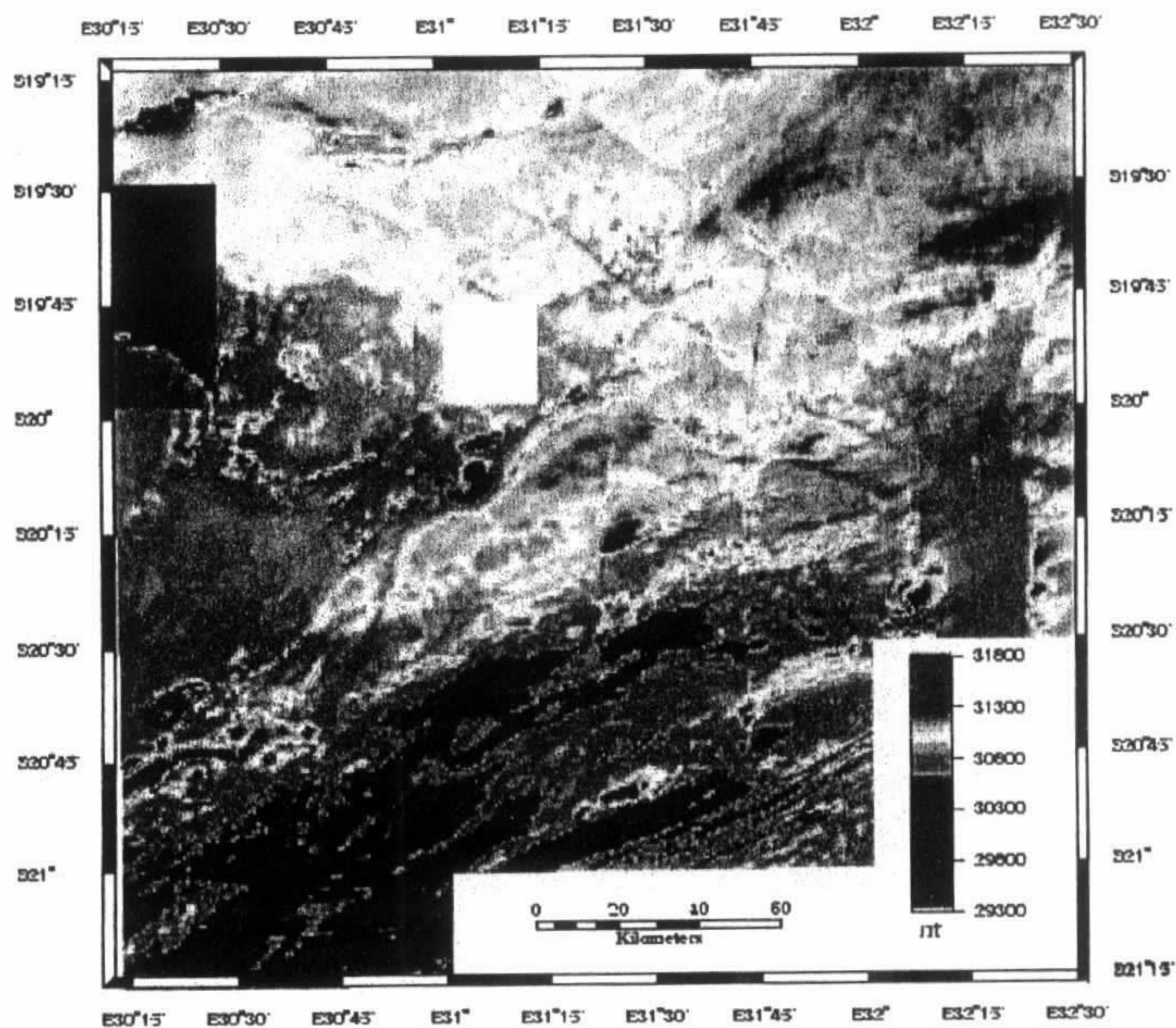


Figure 2 Total magnetic field prior to filtering.

Figure 2 shows a colour display of the total magnetic field. Many of the major geological features shown in Figure 1 are directly visible in Figure 2. The major NW-SE trending faults, the dyke swarm across the south-east area of the image and north-south trending dykes in the centre are visible in the total field aeromagnetic map. Small scale features are not apparent in this unfiltered map. Filtering was done following Urquhart (1988). The aeromagnetic data were Fourier transformed into the frequency domain and processed to enhance linear features to produce a magnetic map suitable for identification of dykes and faults. The original data were, 1) reduced to the pole so as to place magnetic anomalies symmetrically over their ground sources, 2) downward continued to ground level, 3) lowpass filtered (rolloff from .05 to .2 of the Nyquist frequency) to remove noise amplified by the downward continuation process, 4) lo-cut filtered to remove regional variations and to accentuate local features (rollup from .001 to .003 of the Nyquist frequency) and 5) converted to apparent magnetic susceptibility of the ground level rocks (assuming vertical lithologic boundaries in the usual way).

The most useful presentation of the processed magnetic data was in the form of shaded apparent susceptibility maps in which the apparent sun angle had been interactively optimized. These are shown in Figures 3a and 3b for two sun angles. These maps show many well defined lineaments. Many of these lineaments correspond to the known faults and dykes shown in Figure 1

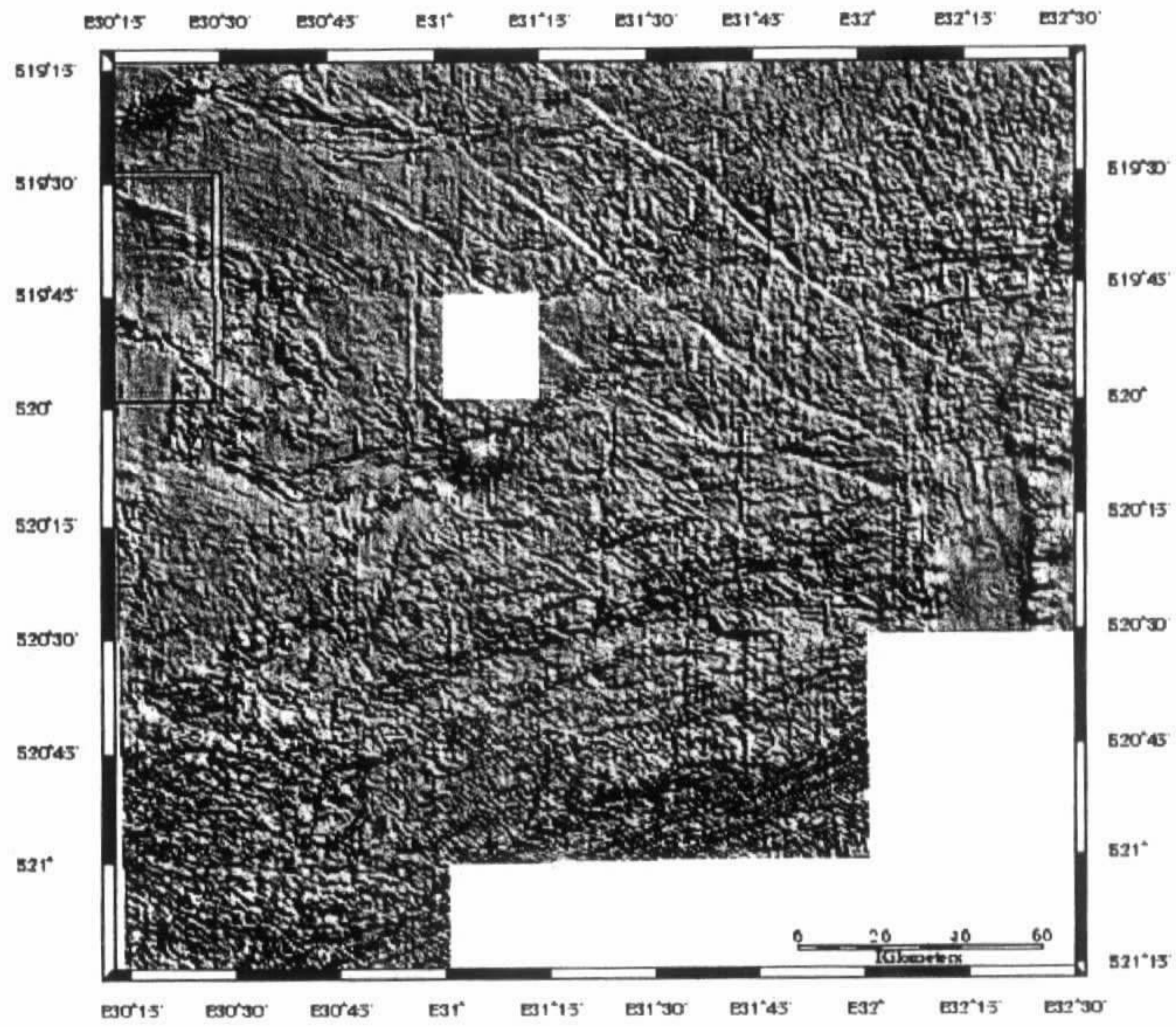


Figure 3a Shaded apparent magnetic susceptibility.
Sun angle: azimuth = 45, elevation = 36.

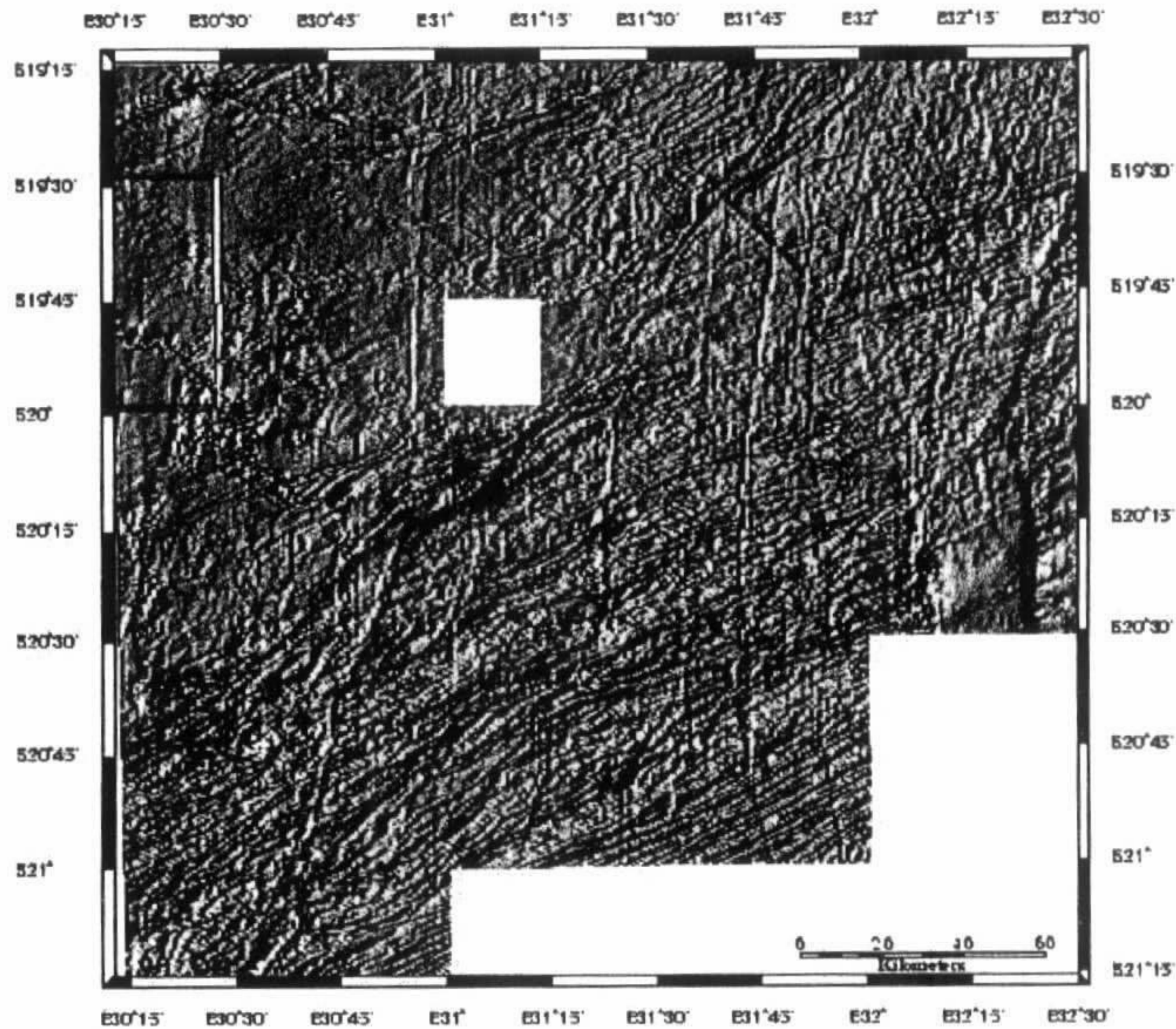


Figure 3b Shaded apparent magnetic susceptibility.
Sun angle: azimuth = 104, elevation = 31.

Landsat Thematic Mapper Images

Two Landsat TM images, a post-wet season from early April and a dry season image from July 1985 were obtained. These were geocoded using topographic maps published in 1978 (the most recent available) and an atmospheric correction was made. False colour composite images of various band combinations (1 through 7) and principal component combinations were generated. The goals were to identify and classify areas of active vegetation, barren areas of soil and bare rock and to combine images from wet and dry seasons to find areas of vegetation change.

Analysis and Integration

With the goal of facilitating comparison of magnetic features and vegetation, a number of image combination methods were investigated. The results of the most successful approach are shown in Figure 4. Figure 4 shows a false colour composite of the

normalised difference vegetation index (NDVI), (where $NDVI = (band\ 4 - band\ 3) / (band\ 4 + band\ 3)$) and TM bands 4 and 2 as red green and blue. Vegetation appears in shades of red, orange and yellow. The intensity of this image is varied by the shaded apparent magnetic susceptibility, producing a three dimensional effect showing the relation between magnetic lineaments and the distribution of vegetation.

Superimposed on this image, in yellow, is an annotation layer showing areas where the vegetation indexes for the wet and dry seasons have changed. Figure 4 shows areas where $NDVI\ (wet) > .35$ and $NDVI\ (dry) < .35$. (Note that NDVI changes are used here as an indicator of vegetation; no significance is attached to the absolute values of NDVI.). We note several regions where the active growth lies along magnetic lineaments that correspond to dykes or faults.

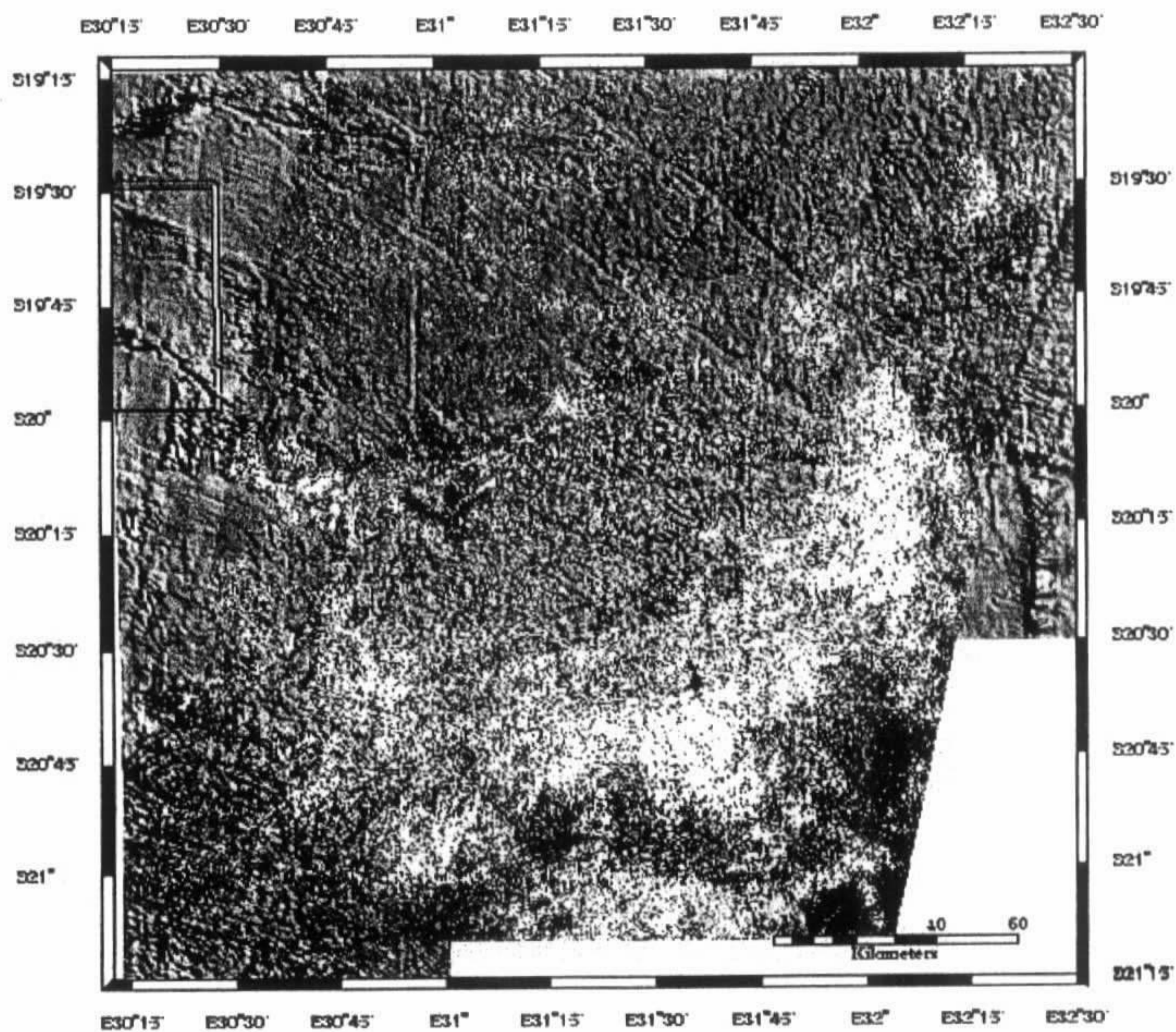
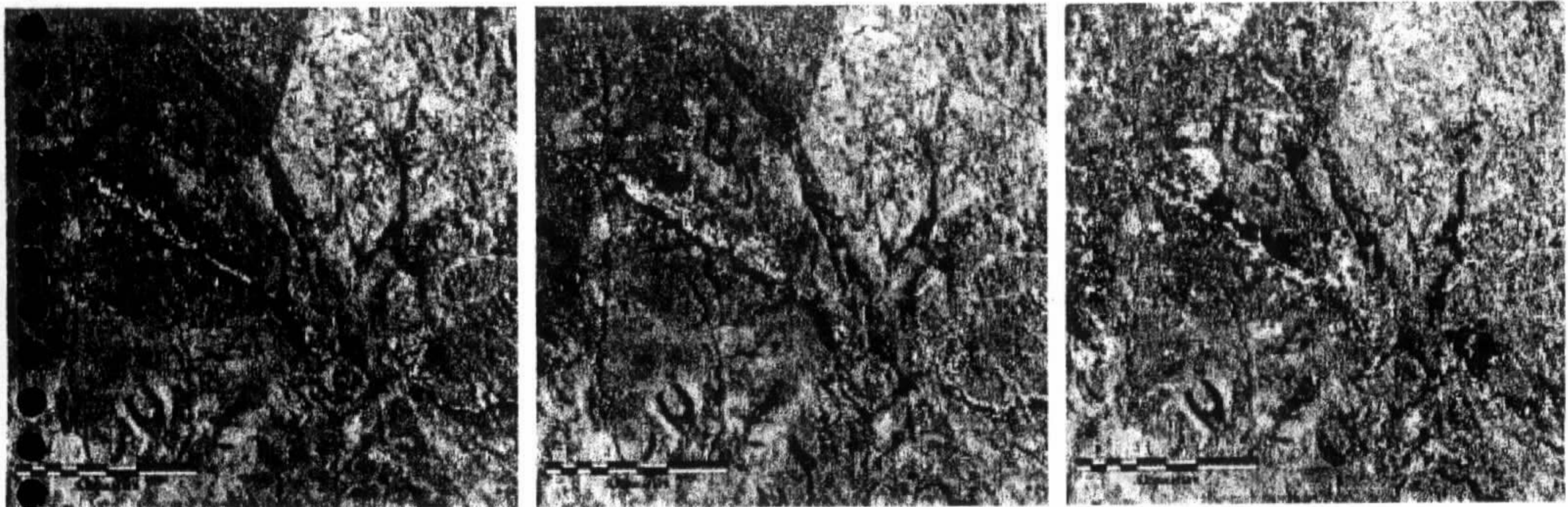


Figure 4 False colour composite of NDVI, band 4 and band 2 as red, green and blue. The image intensity is varied by the shaded apparent magnetic susceptibility. Areas in white are where $NDVI\ wet > .35$ and $NDVI\ dry < .35$.

For detailed analysis of the correspondence between magnetic and vegetation change lineaments, two approaches are possible. In the first, vegetation lineaments are found on the processed satellite images and the processed magnetic map is examined for corresponding lineaments. A traverse is then taken across the magnetic lineament and the magnetic field profile is modeled with a two-dimensional geological model, to determine whether the lineament corresponds to a fault or a dyke. The second approach is the reverse of this. Magnetic lineaments are identified first, and the corresponding areas of the satellite image inspected for vegetation lineaments. Because the number of magnetic lineaments in these maps is significantly larger than the number of vegetation lineaments, this second approach is unwieldy.

Using the first approach, it was found that a significant proportion of the major vegetation lineaments corresponded to magnetic lineaments. However, the unambiguous identifications of magnetic lineaments corresponding to minor vegetation change lineaments were difficult to make. A reason for this difficulty is the relatively poor spatial resolution of the aeromagnetic dataset compared to the satellite data. It is also difficult to make clear distinctions between dykes and faults or lithological contacts using magnetic modeling. A solution to this latter difficulty will be to use strong averaging of the magnetic map along the strike of the vegetation lineament prior to extraction of a magnetic profile for modeling. This has not yet been implemented.

Figure 5 False colour composites of Landsat TM bands 7, 4 and 2 as red, green and blue.



NDVI wet > .4
NDVI dry < .4

NDVI wet > .35
NDVI dry < .35

NDVI wet > .25
NDVI dry < .25

As an example of a vegetation-magnetic lineament correlation, Figure 5 shows a magnified area in which a vegetation edge lies along a magnetic lineament and falls preferentially on one side. Areas where the vegetation indexes for the wet and dry seasons have changed are shown in yellow. As the NDVI threshold is increased the range of vegetation spreads on the East side of the lineament. At low threshold value vegetation changes are apparent on both sides of the magnetic lineament. Traverses of the magnetic data across this lineament were modeled and suggest a series of parallel structures, including a weathered fault and a series of dykes about 100m wide. The vegetation distribution is consistent with preference for water on the east side of the lineament which may be related to the concentration of dykes there.

RADARSAT Data

Although the information content of Landsat TM data is high, it is expensive if required for specific dates in a multitemporal study. An obvious question is the extent to which RADARSAT can supplement or even replace some of the datasets described above. To provide answers to this question, eight precision geocoded RADARSAT images were requested from ADRO covering the same area east of the Great Dyke as the Landsat Thematic Mapper images above. The first four images (two standard mode and two fine scale mode) were requested for the wet season at the end of March 1996. Satellite down time prevented us from getting this data set, acquisition was rescheduled for January 1997. The second four images were taken during the dry season. We have just received the last of these images. The dry season images are uncalibrated which presents some difficulty in interpreting the multitemporal results.

Discussion of RADARSAT Images To Date

The raw images that we received from RADARSAT were sufficiently degraded by 'speckle' to make geocoding impossible prior to filtering. A series of standard filters and filter combinations including the Frost (Frost et al 1982) and Lee (1983) filters were tested. The best combination for the purposes of geocoding and initial interpretation of the lineaments was a symmetric nearest neighbor weighting (5 x 5) filter followed by a linear intensity stretch between two data points chosen to optimize the contrast. Edge detection filters were found to significantly reduce resolution of linear features such as major roads and rivers, and were not used.

Figure 6 RADARSAT, Landsat TM and Shaded Apparent Magnetic susceptibility .

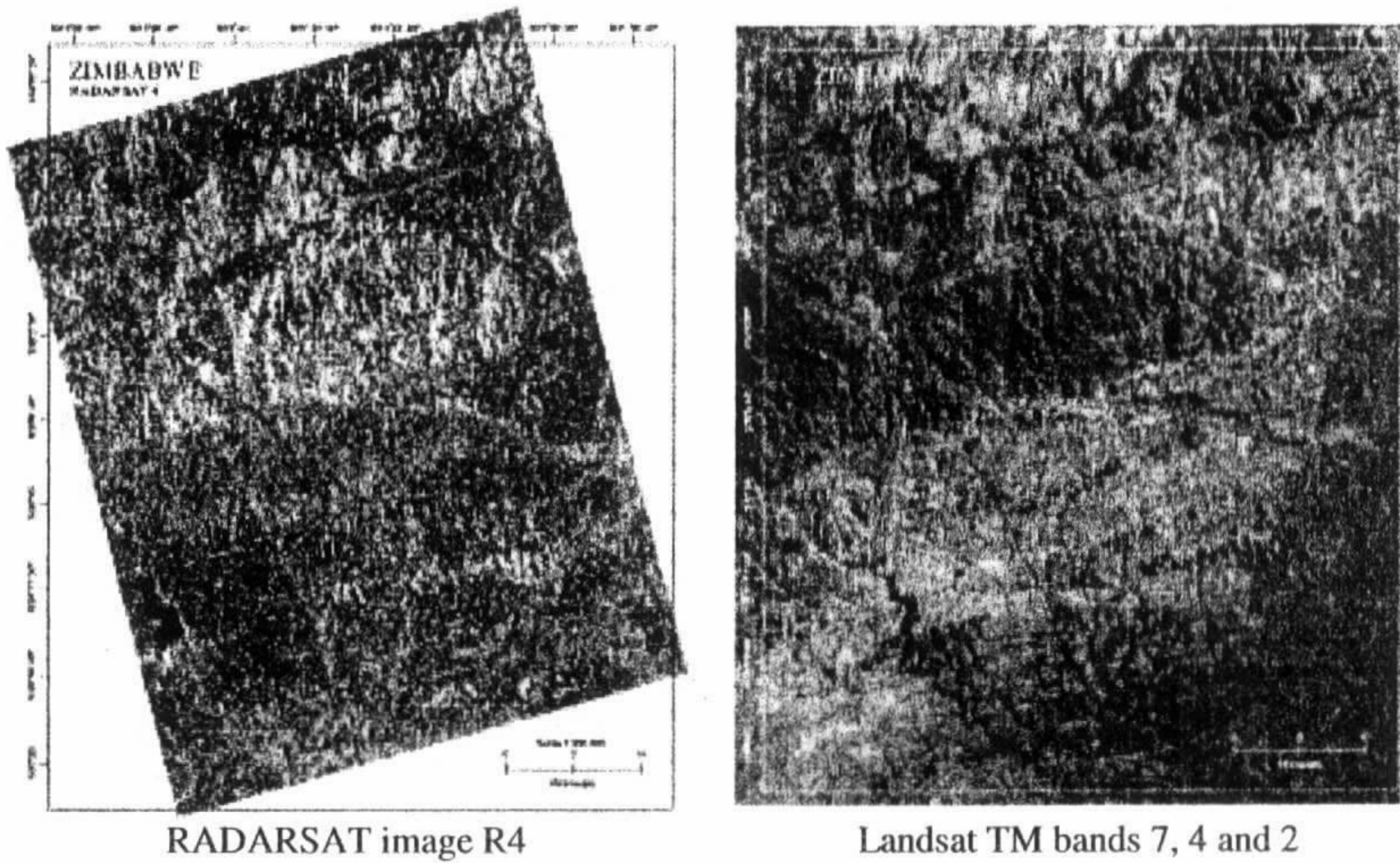


Figure 6 shows the high-resolution RADARSAT image R4, the shaded total magnetic field and Landsat TM (bands 7, 4 and 2) for the same area. The major linear features seen

on the aeromagnetic image correspond to linear features on the RADARSAT image and on the Landsat image. For example; the magnetic lineament running approximately north-south and intersecting (page center) the horizontal concave upward magnetic lineament has strong corresponding radar lineaments. At this stage we conclude that radar data is as good as our Landsat data for locating the longer lineaments. Other filter combinations and edge detection filters will be applied to establish their use in enhancing individual features. A comparison with the standard beam RADARSAT image covering the same area will also be made. Multitemporal analysis of the RADARSAT data is now proceeding.

Conclusions

The overall contribution of magnetic/vegetation lineament correlation analysis to groundwater location analysis in Zimbabwe cannot be assessed without some ground followup work. It is apparent at this point, however, that a simple visual comparison on satellite and magnetic maps is not sufficient to distinguish dyke and fault contributions to groundwater storage, and that detailed magnetic modeling is required for this. Further work on such magnetic modeling will have to incorporate along-strike averaging of magnetic profiles prior to modeling. Assessment of the utility of RADARSAT data as a replacement for Landsat data in this context depends critically on completing the multitemporal analysis of the RADARSAT data, and on the subsequent comparison on the RADARSAT vegetation indicator with that of the NDVI difference.

REFERENCES

- Astier, J.L., and Paterson, N.R., 1987, Hydrogeological interest of aeromagnetic maps in crystalline and metamorphic areas. *Proc. Exploration '87: Third decennial international conference on geophysical and geochemical exploration for minerals and groundwater*, ed. G.D.Garland
- Buckley, D.K. and Zeil, P., 1984, The character of fractured rock aquifers in eastern Botswana. *Challenges in African Hydrology and Water Resources. IAHS Publ. no. 144, 24-36*
- Clark, L., 1985, Groundwater abstraction from basement complex areas of Africa. *Q. J. eng. Geol. London*, 18, 25-34..
- Das, P.K. and Burman, G.K., 1987, Groundwater exploration in hard rocks of Singhbhum district, Bihar. Some field observations on relevant geomorphological and geological features. *Internal report to the Central Groundwater board, Kesai-Subarnarekha project, India.*
- Dixey, F., 1931, *A Practical Handbook of Water Supply*. Thomas Murphy & Co. London.
- Finch, J.W., 1990, Location of high-yielding groundwater sites in Zimbabwe by use of remotely sensed data. *Remote Sensing, an operational technology for the mining and petroleum industries published at the Institute of Mining Metallurgy.*

Frost, V.S., Stiles, J.A. Shanmugan K.S. and Holtzman J.C., 1982, A model for radar images and its application to adaptive digital filtering of multiplicative noise. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 4, No. 2, pp. 157-166.

Greenbaum, D., 1985, Review of remote sensing applications to groundwater exploration in basement and regolith. *BGS Technical Report, March, 1985.*

Kochel, C.R. and Piper, J.F., 1986, Morphology of large valleys on Hawaii: Evidence for groundwater sapping and comparisons with Martian valleys. *J.G.R.*, 19, B13, E175-E192.

Lee, J., 1983, A simple speckle smoothing algorithm for synthetic aperture radar images. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 13, No. 1, pp. 85-89.

Urquhart, E. (1988), Geological evaluation of a Magnetic Survey in the Mattagami Region of Quebec, Ph.D. Thesis, University of Toronto.

Ventrice, H.B., Collett, D.B. and Boyd, D.W., 1982, Relationship between groundwater occurrence and a dolerite dyke in the Northampton area of Western Australia. *AWRC Conference on groundwater in fractured rock, Canberra 1982.*

Wilson, J.F., Jones, D.L. and Kramers, J.D., 1987, Mafic dyke swarms in Zimbabwe. *Mafic dyke swarms, Editors: Halls, H.C. and Fahrig, W.F., GAC, special paper 34, 433-444.*