



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service de la géochimie et de la géophysique

**LEVÉ DE SISMIQUE RÉFRACTION DANS LA
RÉGION DE CASA-BÉRARDI ET AUTHIER-NORD**

Denis-Jacques Dion
Hélène Church

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

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
INTRODUCTION	4
REMERCIEMENTS	4
SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE	4
DÉPÔTS DU QUATERNAIRE	5
DESCRIPTION DE LA ZONE DE TRAVAIL	5
Localisation	5
Topographie	5
MÉTHODE DE TRAVAIL	5
Établissement des lignes sismiques	5
Instrumentation	5
Mise en oeuvre	6
INTERPRÉTATION	6
Dromochroniques	6
Qualité des enregistrements	7
Calcul des épaisseurs	7
Calcul des vitesses	8
Précision sur les temps d'arrivée	9
Précision sur le calcul des épaisseurs	9
SYNTHÈSE	9
Les dépôts meubles	9
La roche en place	10
CORRÉLATION LITHOLOGIQUE ET STRUCTURALE	10
Coupe A – tirs sismiques 1 à 24	10
Coupe B – tirs sismiques 170 à 191	11
Coupe C – tirs sismiques 25 à 169	13
Coupe D – tirs sismiques 1 à 74	18
DISCUSSION DES RÉSULTATS	21
Zones de fracturation et dépressions topographiques	21
Potentiel économique	22
CONCLUSION	23
RÉFÉRENCES	23

ANNEXE A

Figure 1: Localisation de la zone des travaux	24
Figure 2: Carte de synthèse géologique et structurale montrant la localisation des principales concentrations aurifères du sillon Harricana-Turgeon	25
Figure 3: Mise en oeuvre le long des routes	26
Figure 4: Levés sismiques sur le terrain: profil en continu de réfraction	27
Figure 5: Exemple de dromochronique pour un essai caractéristique de la région	28
Figure 6: Séparation optimale pour la méthode des réciproques généralisées	29
Figure 8: Histogramme des vitesses sismiques pour les dépôts meubles de la région	30

ANNEXE B

Tableau 1: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe A (tirs sismiques 1 à 24)	31
Tableau 2: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe B (tirs sismiques 170 à 191)	31
Tableau 3: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe C (tirs sismiques 25 à 169)	31
Tableau 4: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe D (tirs sismiques 1 à 74)	33

HORS-TEXTE

Figure 7: Coupes et profils du terrain et de la surface rocheuse (feuilles 2 de 3 et 3 de 3)

Carte (1:50 000) – Localisation des lignes sismiques (feuille 1 de 3)

INTRODUCTION

Pour faire suite au projet de sismique réfraction débuté en été 1986, dans la région de Harricana-Grasset (Dion *et al*, 1987), d'autres coupes ont été rajoutées en été 1987 dans la partie ouest de ce secteur, afin d'en augmenter le niveau de connaissance géoscientifique (voir la figure 1 pour la localisation de la zone des travaux).

Notre levé de sismique réfraction visait la localisation des zones de fracturation (orientées presque exclusivement E-W et NW-SE) ainsi que la définition des contacts entre les différentes unités lithologiques. Toutes les lignes sismiques ont été faites le long de routes N-S de façon à recouper les formations géologiques dont l'orientation régionale est E-W.

Ce rapport fait mention de la localisation des travaux, de la mise en oeuvre, de la description des différentes méthodes de calcul utilisées pour l'évaluation des épaisseurs et des vitesses sismiques ainsi que de l'analyse des relations possibles entre les vitesses sismiques et la lithologie connue. La conclusion traite de l'analogie de nos résultats avec les autres techniques de travail. La localisation des tirs a été faite à l'échelle de 1:20 000 qui a par la suite été réduite au 1:50 000.

Les coupes illustrant la topographie de la roche en place, ainsi que la présentation des vitesses sismiques ont été transcrites à une échelle de travail au 1:10 000 avec une exagération verticale de 10. Par la suite, celles-ci furent réduites de moitié afin d'en faciliter l'édition.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier madame Marie-Josée Bélanger et messieurs Clermont Gravel, Romualdo Penta, Richard Priest, Claude Tremblay et Gilles Gaudet qui constituaient notre personnel de terrain pour leur participation active à ce projet.

SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE

La région est située dans la partie centrale de la ceinture des roches vertes de l'Abitibi et fait partie de la province structurale du Supérieur au NE du Bouclier canadien.

Suite au manque d'informations causé par la rareté des affleurements, la géologie de la région est en partie basée sur l'interprétation des données magnétiques et électromagnétiques disponibles ainsi que sur les résultats de travaux géoscientifiques (forages, géophysique terrestre, géologie, etc.).

Les roches d'âge Archéen sont constituées de séquences cycliques de volcanites acides à basiques et de métasédiments chimiques et clastiques recoupés par des intrusions granitoïdes mises en place à la fin de l'orogénèse kénoréenne. Des formations de fer à faciès oxyde d'extension régionale servent de marqueurs stratigraphiques.

Toutes ces formations ont été par la suite recoupées par des dykes de diabase d'âge protérozoïque orientés NS et ENE/WSW. Les formations ont elles-mêmes une direction générale EW à pendage subvertical et ont été réorientées localement NS par les masses intrusives.

La sédimentation semble contemporaine au volcanisme. Chaque cycle volcanique (basalte, andésite et pyroclastites felsiques) se termine avec le dépôt de roches sédimentaires telles que conglomérat à la base, siltstone, shale et grauwacke. On y observe des structures sédimentaires primaires.

Le degré de métamorphisme atteint le faciès des schistes verts sauf près des corps intrusifs où le faciès amphibolite peut être atteint dans l'auréole métamorphique de contact.

Des failles majeures EW, telle la faille de Casa-Berardi, et des cisaillements NE jouent un rôle important dans la minéralisation. Un aperçu de la géologie régionale est présenté à la figure 2.

DÉPÔTS DU QUATERNAIRE

La région est recouverte par une grande épaisseur de dépôts meubles provenant des glaciations antérieures. Les dépôts sont constitués de matière organique récente en surface, surmontant des dépôts glacio-lacustres formés d'argiles varvées à massives provenant du lac Barlow-Ojibway, d'unités variables de sable et de gravier et d'un till de base mieux préservé dans les dépressions du socle.

Dans les régions mal drainées, des sédiments organiques se sont accumulés sur les argiles pour former des tourbières et des marécages.

L'analyse des vitesses sismiques et le calcul des épaisseurs montrent que ces dépôts ont de fréquentes variations autant verticales qu'horizontales.

DESCRIPTION DE LA ZONE DE TRAVAIL

Localisation

Quatre coupes sismiques de longueurs différentes ont été effectuées dans le nord-ouest abitibien à la hauteur de Casa-Berardi et d'Authier-Nord, à l'intérieur d'un quadrilatère compris entre les latitudes 48°52' et 49°49', et les longitudes 78°52' et 79°20' (voir carte hors texte, feuille 1 de 3).

Topographie

Le relief de la région de Casa-Berardi est assez uniforme et l'altitude moyenne varie entre 270 et 290 m. La topographie s'accroît un peu plus sur la coupe d'Authier-Nord, principalement au niveau des Collines Nissing où l'élévation atteint jusqu'à 385 m par rapport à l'altitude moyenne qui se chiffre autour de 300 à 330 m. Les affleurements sont rares suite à la forte épaisseur des dépôts glaciaires et à la présence de nombreuses tourbières.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Établissement des lignes sismiques

Les quatre coupes sismiques totalisant une longueur de 74,7 km ont été effectuées dans les régions de Casa-Berardi et Authier-Nord. Elles ont toutes été faites du sud vers le nord sauf les 15 derniers kilomètres de la coupe C sur la route joignant Villebois à la mine Selbaie qui ont été rajoutés ultérieurement et exécutés en sens inverse. Les lignes sismiques sont localisées sur la carte hors texte (feuille 1 de 3).

Instrumentation

Nous avons utilisé un appareil sismique de type ABEM Trio SX-12, 12 canaux, avec chaîne d'amplification et système d'enregistrement complet. Cet appareil comprend:

- un chargeur 120 volts;
- une boîte de tir ABEM, Nitro-Nobel, 600 volts;

- un câble reliant le plateau de batterie à l'appareil;
- un câble reliant la boîte de tir à l'appareil;
- un câble à géophone de 300 m de longueur;
- 12 géophones électromagnétiques 10HZ, 280 ohms;
- 600 m de câble de tir.

Comme source d'énergie, nous avons utilisé 8½ caisses de dynamite Forcite 75%, 25 × 200 mm, 146 seismocaps de 5 m et 1 050 détonateurs électriques à retard nul, de 3 ou 4 m.

Mise en oeuvre

Un câble à géophones de 300 m de longueur a d'abord été étendu en ligne droite sur le bord de la route, près de l'accotement. À la hauteur d'une courbe, le câble était placé tangent à celle-ci de façon à rester en ligne droite. Dans ce dernier cas, la localisation des tirs lointains s'est faite à l'aide d'une boussole pour ne pas dévier de la ligne (figure 3).

L'espacement entre les géophones a été de 30 m, sauf entre le premier et le deuxième de même qu'entre le onzième et le douzième où il n'a été que de 15 m. Afin d'assurer un contrôle dans la continuité des résultats, les profils ont été faits les uns à la suite de autres, de telle sorte que le premier géophone de la deuxième ligne était situé à l'emplacement du douzième géophone de la première ligne.

Des trous dont la profondeur variait entre 5 et 45 cm, selon le matériau de surface, ont été creusés pour planter les géophones de façon à ce que le couplage avec le sol soit le plus solide possible afin de maximiser la réception des ondes. Les explosifs ont été placés à environ 90 cm de profondeur dans le sol. De ½ à 5 bâtons de dynamite par tir ont été utilisés, selon la distance aux géophones et le type de dépôt de surface.

Un minimum de 4 tirs par profil (12 géophones) ont été exécutés. Un premier, à 10 m à l'extérieur du premier géophone, nous a permis de trouver la distance à laquelle tirer pour obtenir des arrivées dans le roc aux 12 géophones. Il a également servi à déterminer l'épaisseur des dépôts meubles au-dessus du socle rocheux. Les deux tirs lointains de part et d'autre de la ligne ont servi à calculer la vitesse vraie pour le roc. Un autre tir a été effectué au centre de la ligne dans le but de donner un point d'épaisseur supplémentaire et d'augmenter la précision des vitesses déterminées (figure 4).

Un total de 56 journées ont été consacrées au travail sur le terrain. Les journées de pluie étaient affectées à la mise en plan et au travail de bureau. Le nombre de profils variait de 3 à 6 par jour soit de 0,9 à 1,8 km. Cette variation est attribuable aux conditions de terrain et à la nature des dépôts meubles rencontrés.

INTERPRÉTATION

Dromochroniques

Les dromochroniques sont tracées à partir des sorties d'enregistrement (sismogrammes) obtenues et permettent de faire l'interprétation. Les sismogrammes donnent l'information sur l'instant de l'ébranlement ($T = 0$) et sur l'arrivée des fronts d'onde à chacun des géophones (T_{g_1} à $T_{g_{12}}$).

Sur un graphique, on porte en abscisse la distance des géophones par rapport au point d'impact et en ordonnée le temps d'arrivée des fronts d'onde pour chacun des géophones. On relie entre eux les points d'un même tir et on obtient un nombre de lignes brisées correspondant au nombre de

réfracteurs. L'exemple présenté à la figure 5 est un essai sismique caractéristique pour la région étudiée.

Qualité des enregistrements

La qualité des enregistrements a varié de très bonne à moyenne en fonction du type de dépôts. Les sédiments fluvio-glaciaires (gravier et sable lâche) ainsi que les marécages ont donné les moins bons résultats tout en requérant les plus grandes quantités d'explosifs. Les géophones n'y ont pas eu une aussi bonne prise dans le sol que dans les autres types de dépôts et il semble que les ondes sismiques s'atténuent rapidement dans ce genre de matériaux.

Calcul des épaisseurs

Les épaisseurs ont été déterminées pour chacun des réfracteurs. La méthode des distances critiques fut utilisée pour déterminer l'épaisseur des couches en présence. La formule est la suivante (pour un cas de deux terrains horizontaux):

$$H_1 = \frac{Xc_1}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Pour le terrain sous-jacent (cas de trois terrains horizontaux), on utilise la formule suivante qui tient compte d'un facteur de correction relié à l'épaisseur de la couche supérieure.

$$H_2 = \frac{Xc_2}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} - H_1 \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^2} - 1 \sqrt{-\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{V_1}{V_3}\right)^2 - \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^2}}$$

Par la suite, la méthode de Hawkins, qui détermine l'épaisseur des couches sous chacun des géophones, a été appliquée de façon à revérifier les profondeurs déterminées par les distances critiques.

Le principe veut que le temps total que prend l'onde pour parcourir le trajet du point de tir A au point de tir B (T_{AB}) doit être le même que le temps pris par l'onde pour parcourir le trajet du point de tir B au point de tir A (T_{BA}).

Les temps d'arrivée au géophone n, à partir des deux points de tir réciproques A et B sont désignés par T_{AG_n} et T_{BG_n} respectivement et doivent provenir du même réfracteur.

La formule est la suivante (pour le cas de deux terrains):

$$H_1(G_n) = \frac{1}{2} (T_{AG_n} + T_{BG_n} - T_{AB}) \frac{V_1}{\cos i_{12}}$$

Pour le cas de trois terrains, la formule s'exprime de la façon suivante:

$$H_2(G_n) = \left(\Delta T_2(G_n) - \frac{H_1(G_n) \cos i_{13}}{V_1} \right) \frac{V_2}{\cos i_{23}}$$

H_1 et H_2 :	épaisseur du premier et du second terrain.
Xc_1 et Xc_2 :	distance critique pour l'onde réfractée au toit du second et du troisième terrain.
V_1 , V_2 et V_3 :	vitesse du premier, du second et du troisième terrain.
$H_1(Gn)$, $H_2(Gn)$:	épaisseur du terrain de vitesse V_1 et V_2 , au géophone n.
TaGn:	temps pris par une onde réfractée pour parcourir le trajet du point de tir A au géophone n.
TbGn:	temps pris par une onde réfractée pour parcourir le trajet du point de tir B au géophone n.
Tab, Tba:	temps total que prend l'onde sismique générée au point A pour se rendre au point B et vice-versa (temps réciproque).
$i_{12} - i_{13} - i_{23}$:	angle limite de réfraction totale (angle critique) entre les terrains de vitesses V_1 et V_2 , V_1 et V_3 , et V_2 et V_3 .
$\Delta T_2(Gn)$:	temps de délai combiné pour le premier et le second milieu et associé au géophone n.

Le détail des techniques d'interprétation est présenté dans Dion (1986), et nous y référons le lecteur pour des informations plus détaillées.

Calcul des vitesses

La vitesse pour les différentes couches de dépôts meubles fut déterminée directement sur les graphiques par la pente de la droite donnée sur les dromochroniques. Il s'agit d'appliquer la formule:

$$\text{Vitesses: (m/s)} = \frac{\text{Distance (m)}}{\text{temps (s)}}$$

Pour la vitesse vraie dans le socle nous avons utilisé la technique des différences de temps d'arrivée, calculées grâce aux deux tirs lointains.

Sur les dromochroniques, on calcule la différence de temps entre l'arrivée directe et l'arrivée inverse de l'onde sismique pour un même récepteur. Une ligne arbitraire O est tracée comme référence et à partir de celle-ci l'on reporte les différences de temps en fonction de la position respective de chaque géophone. Par la suite, l'on relie tous les points passant par une même droite et l'on obtient ainsi un ou plusieurs segments de droite dont la pente correspond à la demi-vitesse vraie du réfracteur. Les changements de vitesses correspondent soit à des variations lithologiques, soit à des zones de cisaillement et/ou de faille.

De plus, cette façon d'analyser les résultats de la sismique réfraction est précise lorsque le réfracteur analysé possède un pendage inférieur à 15° , ce qui, pour notre zone d'étude, est la règle générale.

Les zones de faibles vitesses, décelées par la technique des différences de temps d'arrivée, ont été recalculées pour plus de précision par la méthode des réciproques généralisées de Palmer (GRM).

Il s'agit de trouver la séparation optimale (x-y) pour les géophones, de façon à ce que l'arrivée de l'onde venant du tir normal et celle venant du tir inverse proviennent environ du même point du réfracteur, éliminant ainsi les effets de topographie du socle.

Pour les épaisseurs de dépôts supérieures à 30 m, nous avons utilisé un espacement de x et y égal à 1, tandis que, pour des épaisseurs plus faibles, nous avons conservé un x-y égal à 0 (voir figure 6).

La figure 7 (hors texte) présente des changements de vitesses pour le roc, attribuables à des zones de fracturation et à des changements lithologiques.

Précisions sur les temps d'arrivée

Les temps d'arrivée sur les sismogrammes ont été fixés à 0,5 milliseconde (ms) près. Le degré de précision a été vérifié par les boucles de fermeture qui donnaient en moyenne moins de 1,5 millisecondes de différence.

Des difficultés avec certains essais ont été causées par l'utilisation de détonateurs à retard nul qui se sont avérés quelquefois inefficaces. Certaines boucles de fermeture ont montré jusqu'à 4 à 5 ms de différence sur les temps d'arrivée.

La boucle de fermeture représente le temps que prend l'onde pour un même parcours en sens normal et en sens inverse. Ce temps doit être le même.

Précisions sur le calcul des épaisseurs

Le dispositif employé pour l'ensemble des travaux (distance entre les géophones en bout de ligne: 15 m et pour les autres: 30 m) ne permet pas de calculer l'épaisseur des dépôts meubles avec la précision habituelle que l'on connaît à la méthode sismique réfraction. Nous évaluons que la précision est de $\pm 10\%$ pour des épaisseurs supérieures à 20 m. Pour des épaisseurs inférieures, la précision est sans doute moins bonne.

SYNTHÈSE

Dépôts meubles

Une première couche superficielle où la vitesse est d'environ 400 m/s se retrouve presque partout. L'épaisseur varie de quelques centimètres à moins de 5 m et correspond à la couche végétale et/ou à la zone moins dense et partiellement saturée de surface.

La vitesse de la seconde couche se situe en moyenne entre 1 300 et 1 800 m/s et correspond assez vraisemblablement à la couche d'argile présente presque à la grandeur du territoire et/ou à des sables et graviers humides.

Des vitesses plus élevées beaucoup moins fréquentes de l'ordre de 1 800 à 2 500 m/s pourraient représenter les tills qu'on ne retrouve que localement.

L'épaisseur des dépôts meubles varie beaucoup. On obtient jusqu'à 70 m de mort-terrain sur la route de Selbaie, quoique la moyenne dans cette région est d'environ 30 m.

Dans le secteur d'Authier-Nord, l'épaisseur se situe autour de 15 à 20 mètres et n'en dépasse pas 40.

À titre indicatif, nous présentons à la figure 8 l'histogramme des vitesses mesurées dans les dépôts meubles de la région.

Roche en place

Les coupes et profils produits à la figure 7 (hors texte) présentent: la topographie de surface (en mètres), la topographie et l'altitude du socle rocheux (en mètres), les intervalles de vitesses (m/s), la position des conducteurs électromagnétiques telle qu'on la retrouve sur les documents géophysiques régionaux (voir RÉFÉRENCES), la position de la portion positive des axes du gradient magnétique vertical (voir RÉFÉRENCES), les contacts géologiques tels qu'ils sont définis dans des travaux de synthèse (Rive, 1985; Lacroix, 1987 et en préparation; Pilote, 1987 et Hocq 1980-81), les résultats de forages d'exploration provenant de travaux statutaires. Les coupes et profils seront commentés de façon individuelle.

CORRÉLATION LITHOLOGIQUE ET STRUCTURALE

L'association de chaque changement significatif (plus de 500 m/s) de la vitesse de propagation des ondes sismiques avec telle ou telle lithologie n'est pas chose facile pour l'ensemble de nos travaux. La connaissance géologique d'une région passe par l'ensemble des observations que l'on peut faire sur le terrain; pour nos travaux, celles-ci sont limitées exclusivement à quelques rares affleurements sur le bord des routes et à proximité de celles-ci.

À ces observations, nous avons ajouté les informations ponctuelles des forages disponibles dans les rapports de travaux statutaires. La détection de nombreuses zones de fracturation et la corrélation de certaines de celles-ci avec des zones minéralisées en or (ex: Golden Pond) permet la **définition** de cibles à privilégier pour l'exploration aurifère le long de coupes. Ces résultats positifs démontrent l'utilité de la sismique réfraction pour l'exploration de minéralisations aurifères associées à des zones de fracturation, et ce, particulièrement dans des terrains recouverts par d'importants dépôts quaternaires. Dans les pages qui suivent, nous présentons l'analyse que nos travaux permettent à ce jour.

Coupe A – Tirs sismiques 1 à 24 (7,26 km)

Cette coupe a été faite sur un tronçon de la route reliant Villebois aux gisements Golden Pond. Elle est située sur le feuillet SNRC 32 E/11 et traverse une partie des cantons de Dieppe et de Casa-Berardi.

La carte géologique la plus récente (Pilote, 1987) nous indique que la première portion de la coupe jusqu'au tir 14 fait partie d'une unité volcanique formée surtout de basalte massif à coussiné.

Zones a-a'

Les deux zones a et a', dont les vitesses sont de 4 800 et 4 500 m/s ont la même signature sismique que celle rencontrée en bordure d'un conducteur électromagnétique régional. Or, elles se situent exactement dans le prolongement d'un conducteur INPUT que l'on retrouve à 150 m à l'ouest de la coupe.

Zone b

Le document de Pilote (1987) montre une faille dont l'azimut est N 340°. Cette faille est également retracée sur la coupe sismique (vitesse de 3 600 m/s) mais sa position est déplacée d'environ 300 m vers le sud. À cet endroit, un étirement magnétique vient tronquer la formation en place. La profondeur du réfracteur est d'une trentaine de mètres et le pendage de la petite vallée, de 3,5°.

Zone c

Une large plage de 195 m de puissance avec une vitesse de 4 800 m/s correspond à un conducteur électromagnétique que l'on retrouve sur les documents géophysiques régionaux.

Zones d-d'

Deux zones de 25 m de largeur chacune se caractérisent par une faible vitesse (3 100 et 4 100 m/s). Ces zones peuvent s'associer à du cisaillement. Le document géologique n'en fait pas mention.

Zones e et f

Ces zones représentent les contacts sud et nord d'une formation de fer à faciès oxyde qui marque la base de la succession «Golden Pond». Les vitesses en bordure sont respectivement de 4 200 et 3 600 m/s, alors que la section centrale est de 5 600 m/s. Cette correspondance est très nette et a déjà été notée lors de travaux similaires dans la région de Joutel (Dion *et al*, 1987).

La séquence de Golden Pond est composée d'un mélange de roches sédimentaires, volcaniques et pyroclastiques. On la retrouve sur la coupe, entre les zones f et h, la zone h représentant la faille de Casa-Berardi.

Zone g

La faible vitesse de 4 500 m/s s'associe au contact sud d'un conducteur électromagnétique retracé sur les documents géophysiques régionaux.

Zone h

Une fosse topographique d'une profondeur de près de 60 m et dont l'une des parois possède un pendage de 7,5° se centre sur le conducteur électromagnétique régional associé à la faille de Casa-Berardi. Près du site de nos travaux se situe la zone ouest de Golden Pond. Les rapports de forages d'exploration font mention de roches fortement cisillées et altérées. Bien que ce soit à plus d'un kilomètre de notre coupe, on retrouve environ la même épaisseur de mort-terrain et presque la même largeur pour la zone cisillée.

Zone i

Une zone de 30 m d'épaisseur avec une faible vitesse de 4 100 m/s semble représenter une zone de fracturation ou de cisaillement dans le socle rocheux.

Selon Pilote (1987), la portion au nord de la zone h se trouve dans un empilement sédimentaire formé surtout de conglomérats, grauwackes et siltstones.

Il est malheureusement impossible sur cette coupe-ci de différencier les assemblages volcaniques des assemblages sédimentaires par la réponse des vitesses sismiques. Deux essais supplémentaires effectués perpendiculairement à la stratigraphie ont été exécutés ultérieurement sur des affleurements de roches volcaniques, sur le chemin menant aux collines Dieppe. La réponse obtenue (plus de 6 000 m/s) fut celle que nous nous attendions à trouver dans ce genre de lithologie (Dion *et al* 1987).

Il semble en effet qu'à certains endroits le tracé de route suit plus l'orientation des formations stratigraphiques qu'il ne les recoupe (ex.: au sud, la route fait un angle d'environ 30° avec l'orientation stratigraphique) ce qui serait insuffisant pour obtenir des résultats optimaux en sismique réflexion.

Coupe B – Tirs sismiques 170 à 191 (6,4 km)

Ce levé a été effectué à une dizaine de kilomètres au nord de la coupe précédente. Il regroupe 22 tirs comprenant les essais 170 à 191 inclusivement. Il couvre une partie des cantons de Récher, de Raymond et de Carheil et se termine à la hauteur du lac Gagnon.

Du début de la coupe jusqu'à la zone C, la vitesse moyenne pour le socle rocheux est d'environ 5 200 m/s, sauf dans un secteur compris entre les essais 174,5 et 178,5, où l'on observe sur plus d'un kilomètre de fréquentes variations de vitesses qui laissent croire à un mélange de roches volcaniques et sédimentaires. Des vitesses de l'ordre de 5 000 à 5 500 m/s traduisent habituellement un environnement sédimentaire, tel que présenté sur la carte de Lacroix (en préparation).

Des résultats de sondages et de forages à circulation renversée provenant des travaux de compilation indiquent une composition sédimentaire (surtout grauwackes) pour la région comprise entre les essais 171 et 177. Quelques trous ont montré des roches volcaniques intermédiaires à mafiques. Les vitesses de 5 900 à 6 800 m/s sous les tirs 174, 177 et 178 pourraient représenter ces passées volcaniques.

Le conducteur électromagnétique à caractère régional, présent de l'essai 172 à l'essai 174,5, ne se traduit pas par un changement au niveau des vitesses.

Zone a

Une large zone de 240 m d'extension montre une vitesse de 4 700 m/s suivie d'une vitesse très rapide. Ce secteur correspond à une anomalie magnétique et il pourrait s'agir d'un contact entre des roches sédimentaires et des volcanites.

Zone b

Cette zone recouverte de plus de 55 m de dépôts meubles est définie par une faible vitesse de 3 500 m/s. On ne trouve aucune formation particulière qui puisse y correspondre sur les cartes géologiques ou géophysiques. Elle peut être associée à un cisaillement et/ou une fracturation du socle rocheux ou pourrait correspondre à un autre contact roches sédimentaires-volcanites.

Zone c

Une faible dépression dans la surface rocheuse est marquée par une zone de 115 m d'épaisseur de faible vitesse (3 600 m/s) qui s'associe à un gradient magnétique vertical positif. Il semble que le contact sud de la formation de fer noté par Lacroix (en préparation) au tir 179,3 pourrait être déplacé de 600 m vers le nord jusqu'à proximité de la zone c.

Zone d

Une zone de 195 m d'extension dont la vitesse est de 4 100 m/s est située dans une dépression topographique moyenne et définit le contact nord de la formation de fer.

La moyenne des vitesses pour le socle rocheux au nord de la zone d se situe autour de 5 900 m/s. Cette vitesse est généralement attribuée aux roches volcaniques. Un forage effectué sur le bord de la route en 1986 par le MER (LaSalle, en préparation) révèle un basalte andésitique au niveau de l'essai 186,3. La vitesse correspondante est de 5 800 m/s.

Suite à l'analyse des vitesses sismiques, il apparaît que la formation de fer sépare un ensemble sédimentaire au sud ($5\,200 \pm 200$ m/s) d'un ensemble volcanique au nord ($5\,800 \pm 200$ m/s).

Zone e

Un secteur de 30 m d'extension possédant une vitesse de 3 900 m/s se traduit sur les cartes géophysiques par un contact magnétique.

Zone f

Une zone de 65 m de largeur se caractérise par une faible vitesse de 3 900 m/s, encadrée de part et d'autre par des vitesses rapides. On ne retrouve pas de corrélation avec les cartes géologiques et géophysiques. Il peut s'agir d'un cisaillement et/ou d'une fracturation dans le socle rocheux ou bien encore de l'effet d'un horizon graphiteux.

Zone g

Une zone d'une vitesse de 5 100 m/s recoupe un secteur possédant une vitesse régulière de 5 900 m/s. Un résultat de forage à circulation renversée indique des sédiments à ce niveau. Le contact nord est marqué par le début d'un conducteur électromagnétique.

Coupe C – Tirs sismiques 25 à 169 (39,4 km)

Le levé qui inclut les essais de sismique réfraction 25 à 169 a été réalisé sur la route gravelée reliant Villebois à la mine Selbaie. La coupe débute au nord du feuillet SNRC 32 E/7, se poursuit sur 32 E/10 et E/11 à travers les cantons d'Estrées et de Puiseaux et se termine au pont de la rivière Wawagosic dans le canton de Brouillan sur le feuillet 32 E/14.

Du début de la coupe jusqu'à la zone b, le profil sismique fait ressortir une non-concordance avec la géologie déjà établie. Ce secteur jusqu'alors cartographié comme constitué d'une intrusion granitoïde n'apparaît pas comme tel suite à l'analyse de la géophysique. Les vitesses sismiques du roc (>6 000 m/s) traduisent un environnement composé en grande partie de roches mafiques à intermédiaires entrecoupées de zones à vitesses plus faibles (5 000 à 5 300 m/s) lesquelles pourraient représenter des roches de composition granitoïde. Cette même alternance de vitesses rapides et lentes se retrouve de part et d'autre de l'intrusion.

La carte magnétique du gouvernement fédéral nous donne également sur le début de la coupe une structure NW/SE bien différente de celle d'un granitoïde. Il se peut que ce soit la signature d'une enclave amphibolitique qu'on retrouve fréquemment dans ce pluton.

Zone a

Un secteur de 40 m d'épaisseur de faible vitesse (3 800 m/s) correspond au contact nord d'un prolongement magnétique.

Zone b-b'

Deux zones de faible vitesse (3 900 m/s), de 85 et 65 m d'épaisseur chacune représentent les contacts cisailés de l'intrusion granitoïde qu'on retrouve entre les zones b et b'. La vélocité des roches granitiques est de 5 400 m/s. Les vitesses rapides adjacentes aux faibles vitesses pourraient correspondre à une recristallisation des minéraux en bordure de l'intrusion, ce qui en augmenterait leur compétence.

Zone b''

Une zone de 50 m d'extension de faible vitesse (4 200 m/s) suivie d'une vitesse rapide apparaît au centre de l'intrusion. Elle s'associe à un gradient magnétique vertical positif.

Zone c

Le contact sud d'une zone de gradient magnétique vertical positif présente, comme dans le cas précédent, une signature de sismique réfraction de basse vitesse (4 200 m/s).

Les vitesses rapides (>6 300 m/s) obtenues sous les essais 43 à 47 correspondent habituellement aux roches volcaniques mafiques tel que cartographié par Lacroix (1987).

Zone c et c'

Ces zones situées de part et d'autre d'une dépression topographique très importante se caractérisent par de faibles vitesses de 3 800 et 3 900 m/s respectivement. Elles correspondraient soit à des cisaillements et/ou des fracturations de la roche en place ou bien à deux horizons graphiteux.

Selon les cartes géologiques de Lacroix (1987) et Rive (1985), la composition du socle rocheux sous les essais 47 à 61 inclusivement se définit comme un ensemble de laves mafiques, de roches volcanoclastiques et d'horizons d'argilite graphiteuse et pyriteuse.

Les fréquentes variations des vitesses sismiques à ce niveau traduisent bien ce genre de lithologie. À certains endroits, les basaltes altérés répondent avec des vitesses plus faibles de l'ordre de 5 300 à 5 500 m/s. Cette corrélation est basée sur une information provenant d'un affleurement à 200 m à l'est de la coupe à la hauteur du tir 59 et qui montre des schistes métamorphiques en relation avec des andésites.

Zones d-d'

Ces deux zones de 30 m d'épaisseur chacune avec de faibles vitesses de 4 000 et 3 600 m/s s'associent à un gradient magnétique vertical positif. La vitesse de 6 200 m/s entre ces deux zones pourrait s'associer à un gabbro.

Zone e

Deux plages d'une cinquantaine de mètres chacune possédant des vitesses de 3 800 m/s et 3 700 m/s encadrent un conducteur électromagnétique régional dont la vitesse est de 6 400 m/s. Un résultat de sondage fait à environ ½ km à l'est de la coupe indique qu'un gabbro correspond à cette vitesse.

Zone f

Trois zones de faibles vitesses (3 800, 4 100 et 3 900 m/s) à l'intérieur des laves altérées pourraient traduire des zones cisailées.

Zone g

Deux secteurs définis par des vitesses de 4 400 et 4 500 m/s, séparés par une vitesse rapide, correspondent à une zone de gradient magnétique vertical positif. Cette zone est cartographiée par Lacroix (1987) comme étant une formation de fer. Un forage provenant des travaux statutaires le confirme. Ce serait la même formation de fer que celle qui passe au sud du gisement Golden Pond. Les zones de faibles vitesses dans cette région pourraient alors devenir des cibles intéressantes.

Zones h-h'

Ces deux zones correspondent à de petites dépressions dans le socle rocheux et possèdent des vitesses de 3 900 et 4 000 m/s sur une trentaine de mètres d'épaisseur chacune. Elles s'associent aux contacts sud et nord d'un conducteur électromagnétique régional. La zone h marque aussi le contact nord d'un gradient magnétique vertical positif qui délimite la formation de fer. Cette cible pourrait être intéressante étant donné qu'elle se trouve dans le prolongement de la zone aurifère de Casa-Berardi.

Les vitesses sismiques du secteur situé entre les essais 63 et 71,7 définissent un ensemble de roches volcaniques mafiques (vitesse > 6 000 m/s) interlité avec quelques horizons de tufs et/ou d'argilite graphiteuse et pyriteuse (vitesses 3 900 à 4 600 m/s). Des informations provenant

des travaux statutaires sur des résultats de forages au niveau des essais 63 à 68,5 indiquent des roches volcaniques mafiques et des andésites à cet endroit.

Zone i

Deux zones de faibles vitesses (4 000 et 4 600 m/s) se retrouvent sous un conducteur électromagnétique régional.

Zone j

Cette zone de 30 m d'épaisseur se caractérise par une faible vitesse (3 300 m/s) associée à une dépression topographique moyenne et pourrait correspondre à un cisaillement et/ou une fracturation.

L'observation des vitesses sismiques montre une différence marquée entre les vitesses au sud du point k qui sont en moyenne supérieures à 6 000 m/s et celles au nord qui sont beaucoup plus faibles, de l'ordre de 5 000 à 5 700 m/s.

Cela invite à reporter à cet endroit (au point k) le contact volcanites – roches sédimentaires placé à environ 1 km au sud sur les cartes géologiques (Lacroix, 1987 et Rive, 1985).

Des résultats de sondages au niveau des essais 73, 77, 81, 86 et 90 indiquent tous une composition sédimentaire.

Zone l-l'

Deux zones de faibles vitesses (3 700 et 3 400 m/s) se retrouvent chacune dans une légère dépression topographique. Il pourrait s'agir de cisaillement et/ou de fracturation dans le socle. On ne trouve pas d'éléments correspondants sur les cartes géologiques et géophysiques.

Zone m

Ce secteur qui est associé à un gradient magnétique vertical positif se traduit par une augmentation des vitesses (6 200 et 6 400 m/s). Il pourrait s'agir d'un dyke de gabbro qui coupe la bande sédimentaire. Le contact sud est marqué par une faible vitesse de 3 300 m/s sur 45 m de puissance.

Zone n

Une zone de basse vitesse (4 200 m/s) de 75 m de largeur marque le contact entre les roches sédimentaires et une unité volcanique au nord. Cette région est également associée à un conducteur électromagnétique régional.

La signature sismique entre les zones n et o traduit un environnement volcanique mafique uniforme avec une vitesse moyenne de 6 000 m/s.

Zone o

Une dépression topographique moyenne s'associe à une zone de 35 m d'épaisseur de faible vitesse (3 800 m/s). Elle correspond au contact sud d'un conducteur électromagnétique à caractère régional.

Zone o'

Le contact nord de ce conducteur est marqué par une faible vitesse (3 900 m/s) sur plus de 50 m de largeur. Un forage effectué par le MER (P. LaSalle, en préparation), à une centaine de mètres au nord du conducteur indique que le massif granitoïde d'Orvilliers se poursuivrait au moins jusqu'à la route de Selbaie, soit quelques centaines de mètres à l'ouest du contact géologique déjà établi. Les nombreuses variations de vitesses à la zone o' pourraient être expliquées par cette zone de contact. Un gradient magnétique vertical positif se superpose à une partie de cette région.

Zone p

Une dépression topographique moyenne est caractérisée par une zone de faible vitesse (4 200 m/s) sur 40 m d'épaisseur et se corrèle avec un conducteur électromagnétique régional superposé à un gradient magnétique vertical positif.

Zone q

Une faible vitesse de 3 700 m/s sur 30 m de largeur située dans une dépression topographique moyenne pourrait correspondre à un cisaillement et/ou une fracturation du socle rocheux. Cette zone pourrait également indiquer un contact lithologique entre les roches volcaniques au sud et un ensemble sédimentaire au nord.

La région comprise entre les essais 99,6 et 107 est marquée par une remontée très importante du socle rocheux. Les vitesses qui varient de 5 800 à 6 800 m/s correspondent habituellement à un ensemble volcanique. Or, cette région se situe dans le prolongement ouest d'une bande volcanique cartographiée au nord du pluton d'Orvilliers sur le feuillet 32 E/10 (Lacroix, 1987).

Des résultats de sondages effectués un peu à l'ouest de la coupe montrent des roches mafiques, ultramafiques ainsi que des lits de tufs au niveau des essais 104-105.

Le secteur compris entre les essais 108 et 113 inclusivement se caractérise par des vitesses moyennes de $5\,300 \pm 200$ m/s, vitesse habituellement associée aux roches sédimentaires.

Zone r

Une dépression du socle rocheux correspond à une vitesse de 4 800 m/s sur plus de 250 m de largeur et s'associe au contact sud de la formation de fer tel que proposé par Lacroix (1987). À cette formation de fer, se superpose un gradient magnétique vertical positif.

Zone s

Une plage de 150 m d'épaisseur possède une vitesse beaucoup plus rapide (6 000 m/s) que l'ensemble de la région. Un forage fait par le MER (P. LaSalle, en préparation) montre un basalte andésitique associé à cette vitesse.

Zone t

Le contact nord de la formation de fer se traduit par une zone de faible vitesse (4 600 m/s) sur 115 m d'épaisseur.

Les fréquentes variations de vitesses au niveau des tirs 116,5 à 123,2 suggèrent un mélange de roches volcaniques mafiques, de pyroclastites et d'horizons graphiteux et pyriteux.

Les vitesses de $5\,200 \pm 100$ m/s peuvent correspondre soit à des roches sédimentaires soit à des basaltes altérés et chloritisés.

Zone u

Une faible vitesse de 3 900 m/s sur une largeur de 55 m pourrait correspondre à un cisaillement et/ou une fracturation du socle rocheux.

Zone v

Une zone de 25 m de largeur possédant une vitesse de 3 750 m/s est associée à une dépression dans le socle rocheux et correspond à un cisaillement et/ou une fracturation dans le socle rocheux.

La lithologie dominante dans le secteur compris entre les essais 123.3 et 152,5 est un basalte andésitique, entrecoupé d'horizons plus felsiques et de fréquents niveaux graphiteux et pyriteux. D'après la réponse sismique, ces derniers semblent plutôt concentrés entre les tirs 139 et 142 inclusivement.

Des informations provenant de descriptions d'affleurements ainsi que des résultats de sondages faits de part et d'autres de la ligne sismique montrent des amphibolites et des andésites sous un conducteur électromagnétique et des andésites au nord de celui-ci. Les vitesses correspondantes sont toujours supérieures à 6 000 m/s pour ce type de roche.

Zones w-w'

Deux zones de 60 m d'épaisseur chacune caractérisée par de faibles vitesses (4 400 et 4 950 m/s) correspondent aux contacts nord des deux branches d'un conducteur électromagnétique régional. Des anomalies en polarisation provoquée causées par des horizons graphiteux et pyriteux se superposent à ces zones.

Zone x

Une dépression topographique accentuée décrite par une alternance de vitesse faible (4 100 m/s) et de vitesse très rapide (7 000 m/s) s'associe à un gradient magnétique vertical positif. Cette alternance se poursuit sur 1 km vers le nord avec des vitesses d'environ 4 500 et $6\,600 \pm 300$ m/s.

Zone y

Deux plages de faibles vitesses (4 800 et 4 900 m/s) marquent les contacts sud et nord d'un conducteur électromagnétique régional. De plus, un gradient magnétique vertical positif se superpose à cette zone.

Zone y'

Une faible vitesse de 3 700 m/s correspond au contact nord d'un autre conducteur électromagnétique régional. Cette zone est associée à une faible dépression dans le socle rocheux.

Zone y''

Le contact sud d'un conducteur électromagnétique régional s'associe à une zone de faible vitesse (4 450 m/s) précédée et suivie de vitesses rapides. Un gradient magnétique vertical positif se corrèle avec cette zone.

De cette zone jusqu'à la fin de la coupe, on retrouve un mélange de roches volcaniques basaltiques et de tufs. Selon les résultats de sondages sous le conducteur électromagnétique, les tufs répondent avec une vitesse moyenne de 5 800 m/s.

Il semblerait que les vitesses plus faibles de l'ordre de 5 100 à 5 600 m/s correspondent à une chloritisation des basaltes.

Zone z

Une dépression topographique très importante est marquée par une zone de 85 m d'épaisseur de faible vitesse (4 000 m/s). En tenant compte de la topographie du socle rocheux, on peut supposer qu'il s'agirait ici d'une zone de fracturation et/ou de cisaillement.

Cette zone correspond aussi au début d'un gradient magnétique vertical positif. À une centaine de mètres au nord, on trouve une autre zone de 30 m de largeur de faible vitesse (4 100 m/s).

Zone z'

Deux autres zones de 105 et 65 m d'extension avec de faibles vitesses de 4 100 et 3 900 m/s sont associées à une fosse topographique importante. Il pourrait s'agir de cisaillement et/ou de fracturation du socle rocheux.

Le secteur représenté sous les tirs 164 à 168,5 possède une vitesse régulière de 5 200 m/s. Cette réponse serait associée à des basaltes chloritisés.

Coupe D – tirs sismiques 1 à 74 (21,65 km)

Cette coupe regroupe les essais de sismique réfraction 1 à 74 inclusivement. Elle a été faite sur une partie de la route gravellée reliant Authier-Nord à Joutel. Les essais 1 à 40 se retrouvent sur le feuillet SNRC 32 D/15 à la limite des cantons de Chazel et de Disson tandis que les tirs 41 à 74 sont localisés sur la coupure 32 E/2 en bordure des cantons de Lavergne et de Vanier.

Du début de la coupe jusqu'à l'intrusion granitoïde au tir 017, les vitesses moyennes sont de l'ordre de $5\,500 \pm 300$ m/s et représenteraient d'après les cartes de compilation des roches sédimentaires clastiques et des roches volcanoclastiques.

Les vitesses sismiques de ce secteur nous permettent difficilement de différencier les deux types de roches sauf sous les essais 14,5 à 16,2 où la vitesse de 5 900 m/s caractérise un environnement volcanique par rapport à des vitesses plus faibles pour les roches sédimentaires.

Zone a

Deux zones de 30 et 45 m d'épaisseur de faibles vitesses (3 400 et 4 200 m/s) se centrent sur un conducteur électromagnétique régional.

Zone b

Une zone de faible vitesse (4 000 m/s) de 60 m d'extension est associée à une faible dépression.

Zone b'

Une fosse topographique moyenne associée à une faible vitesse de 3 000 m/s sur 25 m d'épaisseur est suivie d'une vitesse rapide et pourrait représenter un cisaillement et/ou une fracturation de la roche sous-jacente.

Zone c

Un large conducteur électromagnétique régional débutant à ce niveau s'associe à une faible vitesse de 4 200 m/s.

Des résultats de forage provenant de travaux de compilation de part et d'autre de la coupe sous le conducteur indiquent que le roc est formé de tuf intermédiaire à felsique avec quelques horizons d'argilite graphiteux et pyriteux. La vitesse sismique correspondante est de 5 900 m/s.

Zone d

Cette zone d'une vitesse de 4 100 m/s correspond au contact nord du conducteur électromagnétique qui débutait à la zone c et marque également le contact entre les roches volcanosédimentaires au sud et l'intrusion granitoïde au nord. La vitesse adjacente de 6 050 m/s se corrèle avec la fin d'un haut magnétique et pourrait représenter une zone recristallisée plus compétente, en bordure de l'intrusion.

La coupe a été interrompue sur 3,7 km au niveau des collines Nissing, formées par l'intrusion granitoïde. Seul un essai référence a été effectué sur un affleurement afin de vérifier la vitesse du roc (5 500 m/s). Le contact nord du granitoïde se situerait à l'essai 21 sur la zone «d'» d'après les changements de vitesse passant de 5 500 à 5 900 m/s.

Des informations provenant des données de forages et de cartographie nous indiquent, au niveau des essais sismiques 21 à 35, une composition de laves andésitiques, interstratifiées de tufs felsiques et/ou d'argilite peu à très graphiteuse et recoupées de rhyolite intrusive très dure. Les vitesses sismiques qui s'y superposent sont de l'ordre de $6\,300 \pm 200$ m/s. Jusqu'au tir 35,7, on retrouve une alternance de ces vitesses rapides avec des vitesses plus faibles de l'ordre de 5 100 à 5 900 m/s. Ces dernières, à la lueur de certains travaux statistiques semblent correspondre à des lits de tufs ou à des laves plus altérées ou chloritisées.

Zone e

Une dépression topographique moyenne s'associe à une zone de faible vitesse (4 000 m/s) et correspond au contact sud d'un conducteur électromagnétique régional ainsi qu'à un conducteur Max-Min au sol expliqué par une argilite graphiteuse.

Zone f

Une plage de 25 m d'extension possédant une vitesse de 3 450 m/s trahit la limite sud d'un autre conducteur électromagnétique régional. Elle se situe également juste au nord d'un haut magnétique correspondant à une vitesse beaucoup plus rapide (6 800 m/s) que celle de l'ensemble de la région.

Zone f'

Une zone de 25 m d'épaisseur, avec une vitesse faible de 4 100 m/s, correspond selon les travaux statistiques à un conducteur HEM au sol donné par un horizon de graphite.

De l'essai 35,7 à l'essai 43,3, les vitesses sismiques révèlent un cycle volcanique mafique (vitesses supérieures à 6 000 m/s) entrecoupé de plusieurs lits de tuf et/ou d'argilite graphiteuse et pyriteuse (vitesses de 4 100 à 5 000 m/s). Des rapports de travaux statistiques confirment cette lithologie.

Zone g

Dans ce contexte, la zone de faible vitesse (3 800 m/s) pourrait se révéler intéressante. Elle a une extension de 55 m et est située dans une dépression topographique moyenne. Elle semble représenter une structure cassante à l'intérieur des laves mafiques. Selon M. Hocq (communication personnelle) il y aurait également une forte ankérisation à ce niveau.

Zone h-h'

Deux zones dont les vitesses sont de 4 200 et 3 700 m/s encadrent un haut magnétique. La vitesse de 6 400 m/s à l'intérieur pourrait correspondre à un gabbro.

Zone i

Un secteur de 35 m de basse vitesse (3 100 m/s) situé dans une faible dépression topographique pourrait s'associer à un cisaillement et/ou une fracturation du roc sous-jacent.

Dans les rapports de travaux statistiques, des données de forages et de cartographie au niveau des tirs 48 à 50 inclusivement montrent un environnement formé surtout de basaltes et de gabbros avec un peu de tuf mafique. Les vitesses plus faibles de $5\,500 \pm 100$ m/s obtenues sous ces essais nous laissent supposer que les basaltes sont altérés. On remarque qu'entre

les essais 47,5 et 52, le roc est presque affleurant. Les vitesses supérieures à 6 000 m/s sous les tirs 49, 51 et 54 correspondent à des zones de haut magnétique et se corrélient probablement aux gabbros.

Zone j

Un secteur de 35 m d'épaisseur dont la vitesse du socle rocheux est de 4 200 m/s pourrait être associé à une faille NE/SW qui a été proposée à 50 m au sud. Cette information provient des travaux statistiques, notamment un levé exécuté sur la propriété de Noramco (Vior centre).

Zone k-k'

Deux plages d'une extension de 30 m chacune avec des vitesses de 3 600 m/s encadrent un secteur correspondant à un haut magnétique.

Les vitesses de 6 000 m/s sous les tirs 55 à 61 inclusivement reflètent un environnement mafique à intermédiaire. Les laves sont plus altérées sous les tirs 56 à 58 si l'on en juge d'après les vitesses un peu plus basses ($5\,700 \pm 100$ m/s).

Ces basaltes sont très fréquemment entrecoupés de lits de tuf, d'argilite ou de schiste graphiteux et pyriteux associés aux vitesses beaucoup plus faibles ($4\,600 \pm 300$ m/s). Un large conducteur électromagnétique régional se superpose à ces tirs.

La carte de compilation de Rive (1985) place des roches sédimentaires à cet endroit. Quelques forages récents au niveau des essais 57 et 58 montrent des roches volcaniques intermédiaires avec de minces lits de tuf et/ou de roches sédimentaires intercalés en accord avec les réponses sismiques.

Zone l

Une zone de 60 m de largeur possédant une vitesse de 4 300 m/s, se situe sous un conducteur électromagnétique régional et correspond à une argilite graphiteuse et pyriteuse.

Zone l'

Cette zone de 60 m d'épaisseur, de faible vitesse (3 700 m/s) et associée à une dépression topographique moyenne semble représenter une région de fracturation et/ou de cisaillement dans le roc. On retrouve ici le même genre de signature sismique qu'à la zone G. Cette faible vitesse se retrouve à l'intérieur d'un conducteur électromagnétique régional.

Zone m

Le contact entre l'ensemble volcanique et l'ensemble sédimentaire se traduit par une zone de faible vitesse (4 300 m/s) sur 40 m d'épaisseur. Elle marque également la fin du conducteur électromagnétique régional.

Selon la carte de compilation de Rive (1985), la région comprise entre les essais 62 et 72,5 serait formée de roches volcaniques entrecoupées par une bande sédimentaire au niveau des tirs 66 à 68. Or, d'après la signature sismique, cet endroit apparaît plutôt comme une unité sédimentaire (vitesses de 5 000 à 5 300 m/s) entrecoupée localement de coulées de lave volcanique au niveau des tirs 64 et 68 (vitesses supérieures à 6 000 m/s).

Zone n

La zone de 30 m d'épaisseur de faible vitesse (3 200 m/s) correspond à un conducteur HEM au sol. Un sondage à cet endroit indique une argilite graphiteuse.

Zone o

Cette zone marquée par une dépression topographique moyenne, se traduit par une faible vitesse de 4 100 m/s sur plus de 60 m de largeur et correspond au contact nord d'une coulée volcanique infiltrée dans les sédiments. Cette zone se superpose également à une faille NE-SW signalée dans les travaux statistiques effectués sur la propriété de Noramco.

Zone p

Ce secteur marqué par une vitesse plus élevée (5 700 m/s) correspond à un haut magnétique cartographié comme dyke de diabase. Suite à une consultation avec M. Hocq, le dyke affleurerait à l'est de la carte 32 E/2 sur une puissance de plus de 150 m. La zone de faible vitesse (4 100 m/s) marque le contact supérieur de ce dyke.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Zones de fracturation et dépressions topographiques

Notre levé de sismique réfraction visait principalement la localisation des failles régionales E-W (telle la zone de faille de Casa-Berardi décrite au niveau d'un conducteur électromagnétique régional présent au gisement Golden Pond).

Les coupes sismiques de l'été 87 ont révélé un grand nombre de zones de fracturation (\pm 4 000 m/s) dans l'empilement volcano-sédimentaire. Ceci tend à montrer que la déformation cassante ne s'est pas manifestée par quelques failles bien nettes, mais plutôt par des zones de cisaillement (?) aux contacts favorables entre deux lithologies de compétence distincte.

Les zones de faibles vitesses se retrouvent principalement associées aux conducteurs électromagnétiques régionaux. Ceux-ci, à l'exception d'un seul, ont tous montré un ou plusieurs secteurs de faible vitesse (\pm 4 000 m/s), soit à l'intérieur du conducteur ou le plus souvent au contact avec la roche encaissante. L'épaisseur des zones fracturées variait de 20 à 70 m. L'importance de la zone cisailée ou fracturée n'est pas proportionnelle à la réponse électromagnétique.

Des sondages récents de l'exploration minière ont montré que les zones de faibles vitesses ne sont pas toujours reliées à un cisaillement ou une fracturation dans le socle rocheux. Elles correspondent aussi à des horizons graphiteux.

Si l'on en juge par l'exemple de la faille de Casa-Berardi, l'importance de la dépression topographique associée à la faible vitesse pourrait devenir un indice important dans la recherche de zones de fracturation.

Un conducteur électromagnétique régional (localisé sur la coupe B, entre les tirs 172 et 174) n'a pas donné de zone de faible vitesse, ce qui suggère que la présence d'un conducteur n'indique pas nécessairement la présence d'une zone de fracturation.

Aux niveaux des formations de fer (haut gradiométrique très fort) ou à leurs contacts, nous avons décelé des zones de fracturation dont les épaisseurs varient de 25 à 195 m. La moyenne se situe autour d'une centaine de mètres. Ces zones ne sont pas nécessairement associées à des dépressions topographiques.

Aux niveaux des gabbros (haut gradiométrique) ou à leurs contacts, des zones de fracturation de 30 à 85 m (moyenne 35 m) ont été notées à plusieurs endroits. Les dépressions topographiques sont dans la plupart des cas très faibles ou inexistantes.

Les contacts lithologiques entre les ensembles volcaniques et sédimentaires ou en bordure des intrusions granitoïdes sont habituellement traduits par des zones de faible vitesse sur une largeur variant de 40 à 85 m. Des dépressions topographiques faibles à accentuées sont associées à ces zones de fracturation.

Les failles notées par les géologues (Pilote, 1987 et travaux statutaires de Noramco) sont retracées en sismique réfraction par de faibles vitesses et sont toujours associées à des dépressions topographiques moyennes à accentuées.

Plusieurs zones de fracturation (de 25 à 90 m) ont été notées dans les ensembles volcaniques. Elles correspondent probablement à des cisaillements et/ou des fracturations dans le socle rocheux ou à des contacts entre les laves basaltiques et les tufs intermédiaires à felsiques. Seulement deux zones de fracturation (25 et 45 m) ont été observées dans les roches sédimentaires. Des dépressions faibles à moyennement accentuées sont associées à ces zones de fracturation.

Potentiel économique

Les découvertes de la mine Selbaie (Cu-Zn-Au-Ag) en 1974, puis de Golden Pond (Au), dans le canton de Casa-Berardi en 1981, et finalement du gisement d'Estrades (Au-Ag-Cu-Zn) en 1985, montrent que la région est très prometteuse pour son potentiel en métaux précieux (Au-Ag) et en métaux de base (Cu-Zn).

Du point de vue théorique, toutes les zones de fracturation dans le socle rocheux peuvent être considérées comme des sites privilégiés pour la découverte de minéralisation (notamment aurifère). Selon le modèle établi au gisement de Golden Pond (7,2 Mt à 0,25 oz/t Au) et Estrades (2,6 MT à 0,385 oz/t, équivalent Au), on peut affirmer que toutes les zones de fracturation associées aux conducteurs électromagnétiques régionaux représentent des cibles prioritaires pour l'exploration de l'or.

Dans notre zone de travaux, sur la coupe A, au niveau du conducteur électromagnétique régional, une zone importante de fracturation (h) a été recoupée (la faille de Casa-Berardi).

En se basant sur cet exemple, le point c de la Coupe A, les points e, h, h', i, n, o, o', p, y', y'' de la coupe C et les points a, c, f, l', m, de la coupe D représentent des cibles aurifères de premier ordre.

D'autres zones importantes de fracturation ont été notées aux contacts et à l'intérieur des formations de fer; elles représentent par leur contexte géologique d'autres cibles aurifères d'intérêt (MacDonald, 1984).

La présence d'une faille majeure jumelée à un contact régional de roches volcaniques-sédimentaires est typique des gisements aurifères à contrôle structural de la province du Supérieur. Dans ce sens, les points n et q de la coupe C, de même que le point m de la coupe D sont des cibles intéressantes.

CONCLUSION

Le but de cette étude était d'appliquer la sismique réfraction à l'exploration minière. Cette méthode s'avère un outil intéressant dans la recherche de grandes zones de fracturation et de cisaillement dans le socle rocheux tout comme dans la distinction des grandes unités lithologiques.

Des différences de vitesses de plus de 1 500 m/s ont été interprétées comme zones de fracturation par rapport aux roches encaissantes.

Avec les récents résultats de sondages d'exploration disponibles, nous nous sommes rendus compte que les horizons graphiteux donnent dans certains cas une réponse sismique identique à celle des fracturations.

De la même façon, la chloritisation ou l'altération d'un basalte diminue de beaucoup sa vitesse par rapport au roc sain et les vitesses s'apparentent alors de très près à celles des roches sédimentaires.

La sismique réfraction demeure toutefois un outil de plus pour délimiter des cibles à privilégier dans l'exploration pour l'or.

RÉFÉRENCES

- ACSI Géoscience inc., 1986 – Traitement de données géophysiques (aéromagnétiques) – Région de Brouillan-Manthet. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 86-10.
- DION, D.-J., 1986 – La méthode sismique réfraction appliquée au génie géologique – Notions d'interprétation. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 85-06.
- DION, D.-J. – CHURCH, H. – LACROIX, S., 1987 – Levé de sismique réfraction dans la région de Harricana-Grasset. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 87-18.
- HOCQ, M., 1981 – Carte géologique préliminaire de la région de Joutel-Guyenne, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; carte annotée, DP 851.
- HUNTING SURVEY COR. LTD, 1958 – Carte aéromagnétique du lac Mistouac. Commission géologique du Canada; 5355G.
- _____, 1958, Carte aéromagnétique de la région Collet-Laberge. Commission géologique du Canada; 5347.
- KENTING EARTH SCIENCES LTD – RELEVÉS GÉOPHYSIQUES INC., 1984 – Levé gradiométrique – Région de Matagami. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 85-15.
- LACROIX, S., 1987 – Géologie de la région de Harricana-Grasset (demi-ouest). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 87-13.
- LES RELEVÉS GÉOPHYSIQUES INC., 1982 – Levé EM aérien par INPUT MK VI – Région de Brouillan-Manthet. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV-866.
- MacDONALD, A.J., 1984 – Gold mineralization in Ontario: The role of banded iron formation. *In* Guha J et Chown, E.H. editors, Chibougamau – Stratigraphy and Mineralization; CIM Special volume 34 pages 412-430.
- MacINTOSH, J.A., 1978 – Compilation géologique et travaux de prospection – Canton de Chazel. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP-559.
- PATTISON, E.F. – SAUERBREI, J.E. – HANNILA, J.J. – CHURCH, J.J., 1986 – Gold mineralization in the Casa-Berardi area. Quebec, Canada. International Symposium on the geology of gold deposits, Toronto, 1986; proceedings volume (edited by A.J. MacDonald), pages 170-183.
- PILOTE, P., 1987 – Géologie de la région de Dieppe -Casa-Berardi. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; carte annotée, DP 87-17.
- QUESTOR SURVEYS LTD, 1974 – Levé EM aérien par INPUT MK VI – Région de la Rivière Turgeon. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP-260.
- RIVE, M., 1985 – Cartes géologiques manuscrites disponibles au bureau régional du secteur Mines du Ministère de l'Énergie et des Ressources, Rouyn-Noranda.
- SAEURBREI, J.A. – PATTISON, E.F. – AVERELL, S.A., 1985 – Till sampling in the Casa-Berardi area, Québec. A case history in orientation and discovery. A paper presented at the 11th International geochemical exploration symposium, Toronto, April 30, 1985.

ANNEXE A

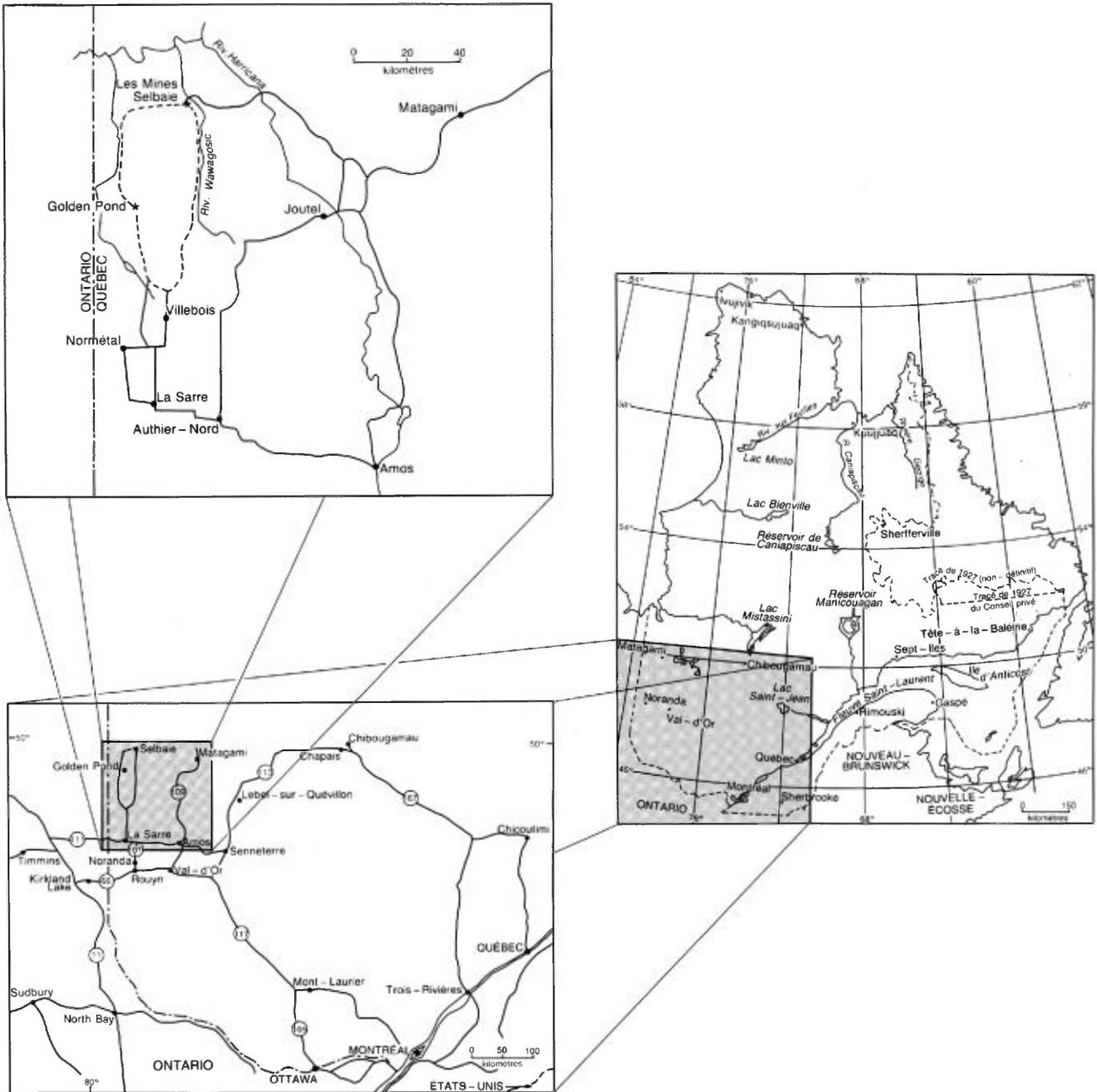


Figure 1 – Localisation de la zone des travaux

CARTE GÉOLOGIQUE

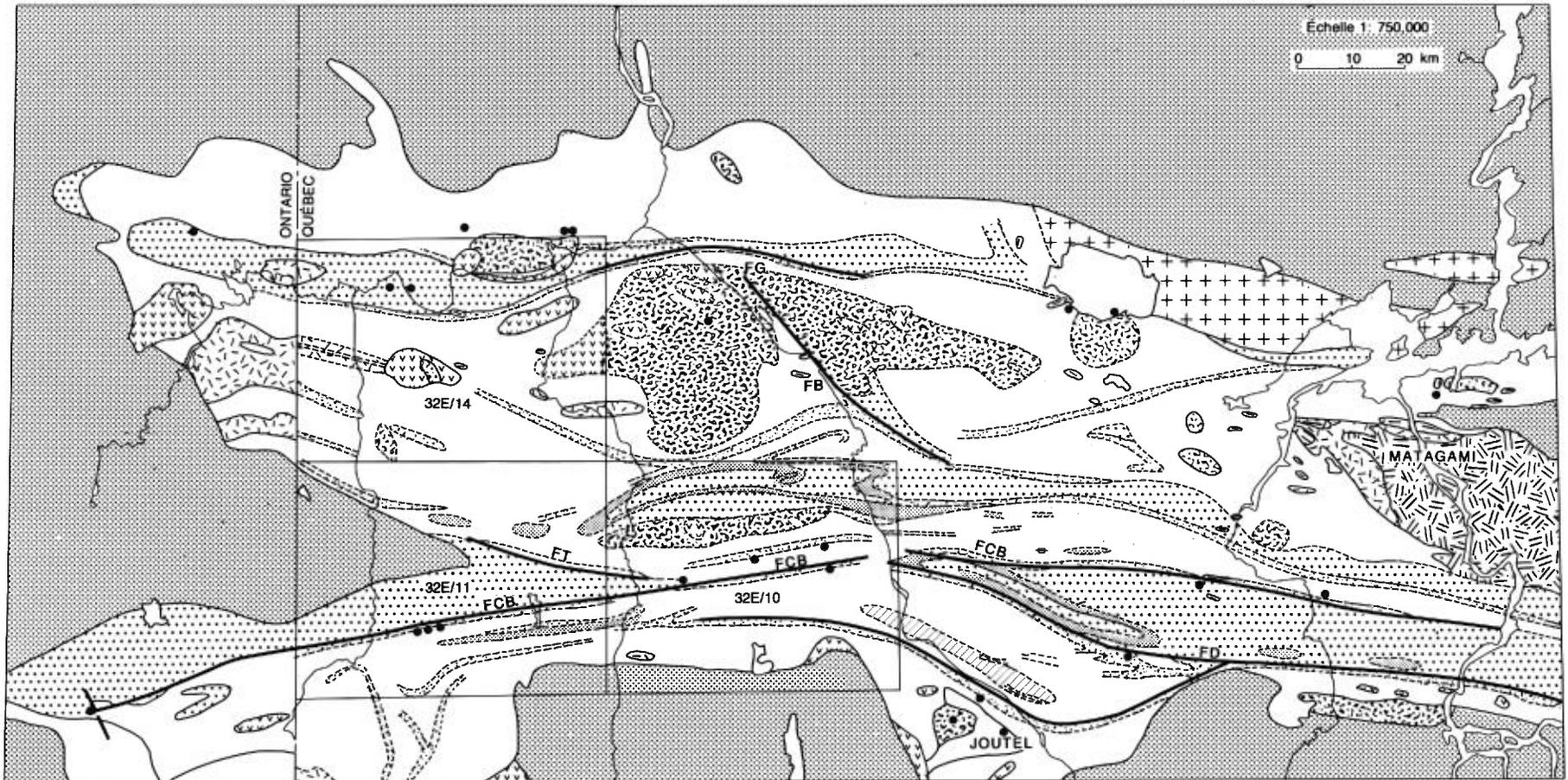


Figure 2- Synthèse géologique et structurale montrant la localisation des principales concentrations aurifères du sillon Harricana – Turgeon D'après Lacroix (1986b)

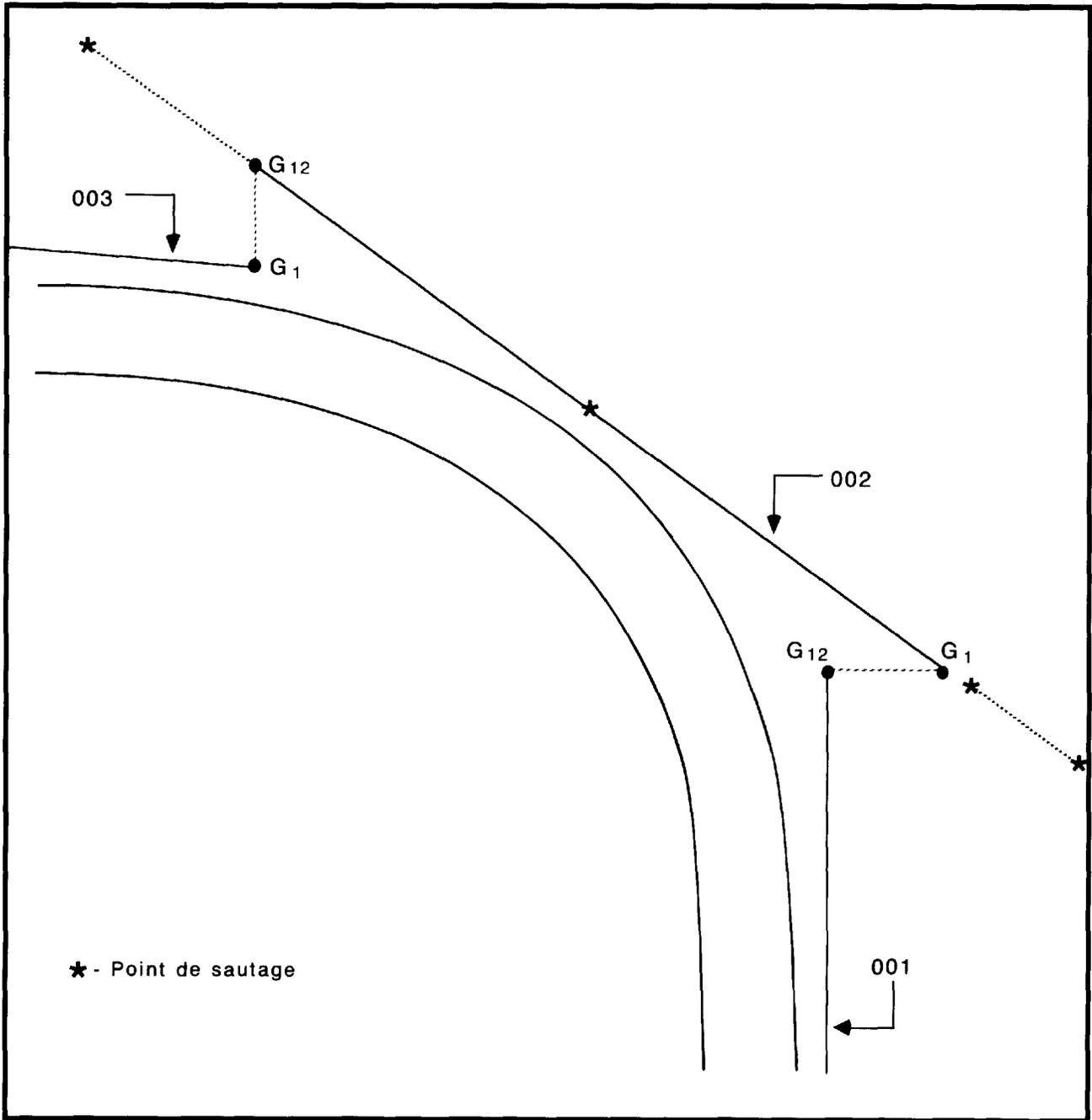


Figure 3 - Mise en oeuvre le long des routes.

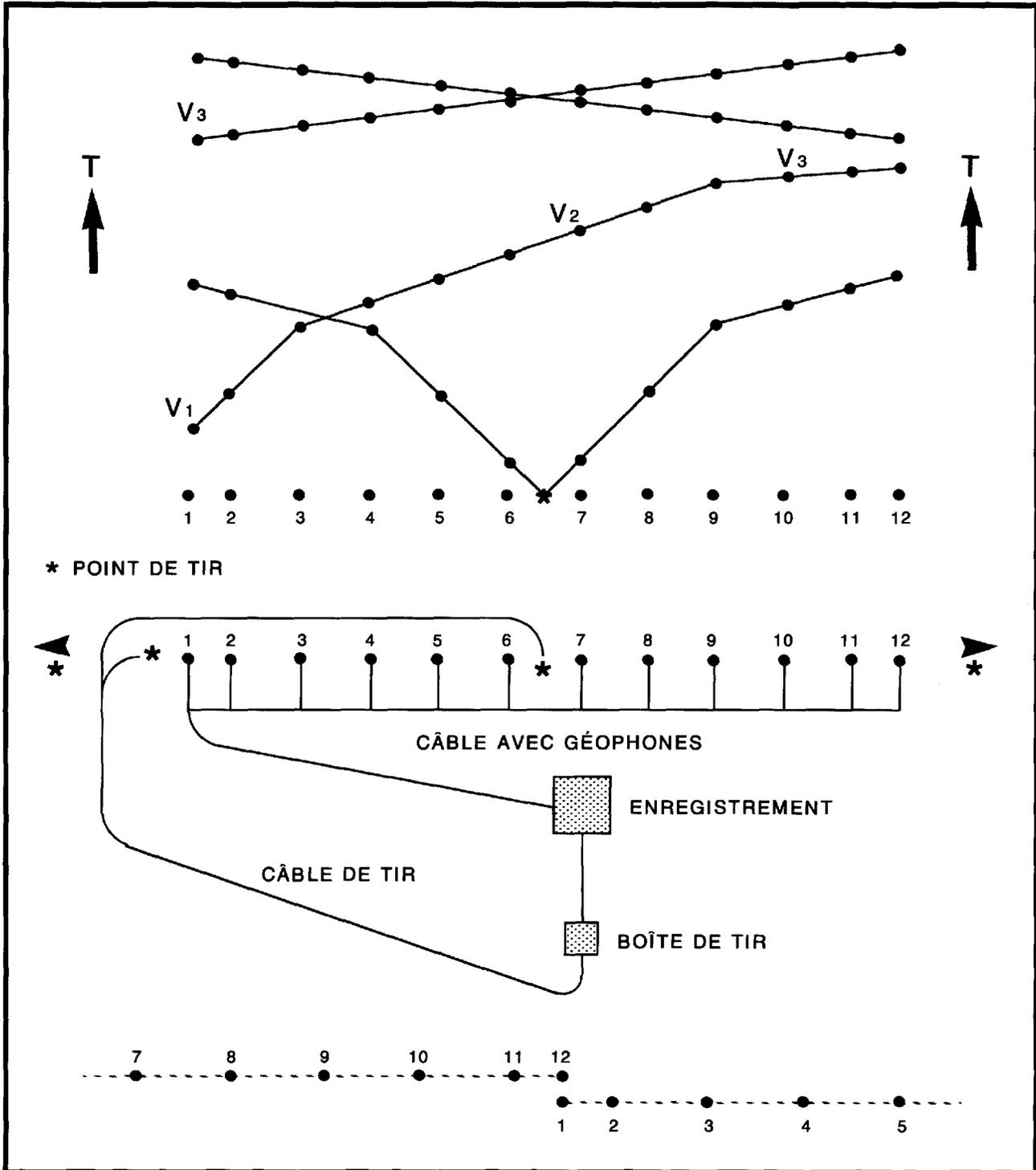


Figure 4 - Levés sismiques sur le terrain: profil en continu de réfraction.

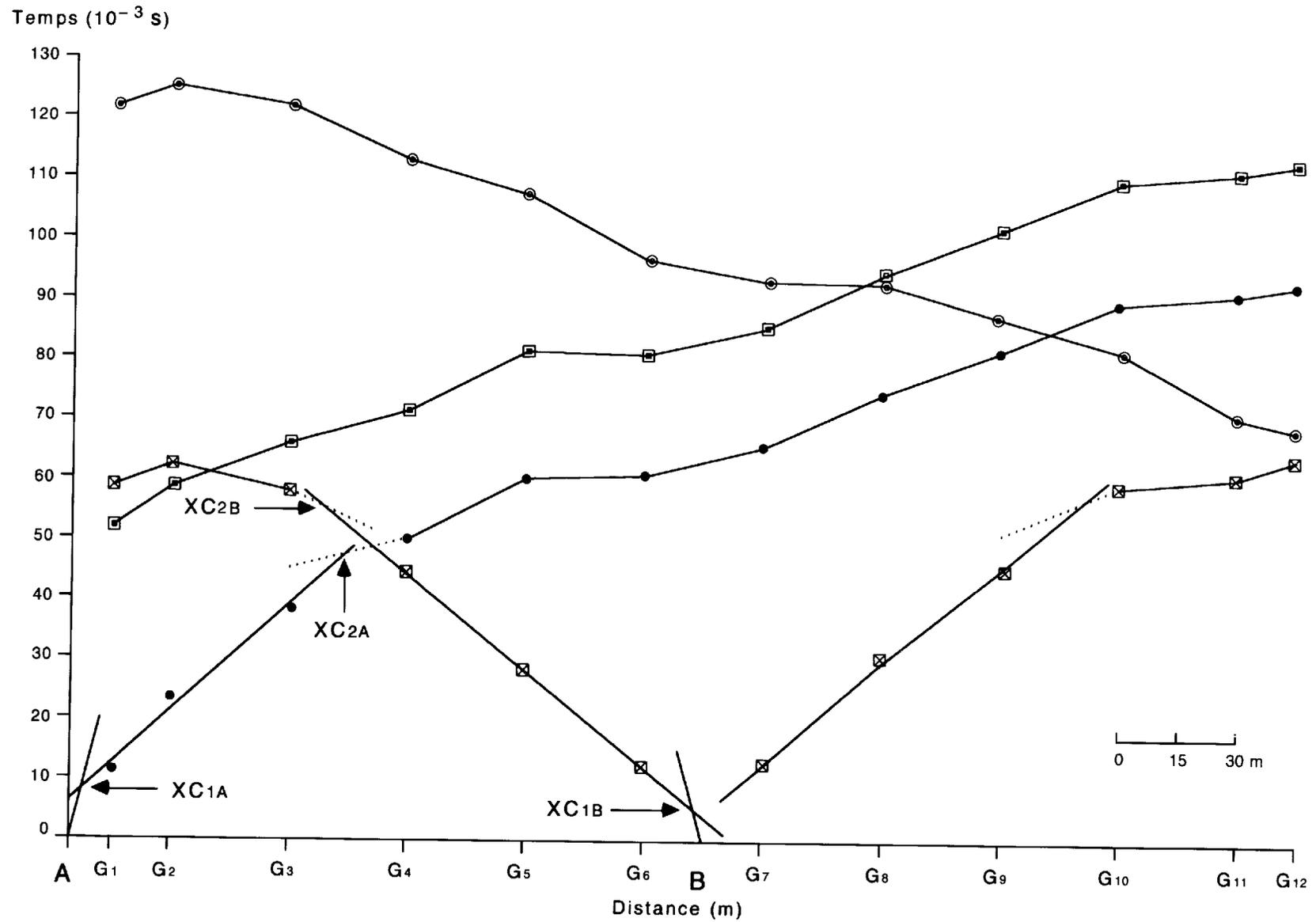
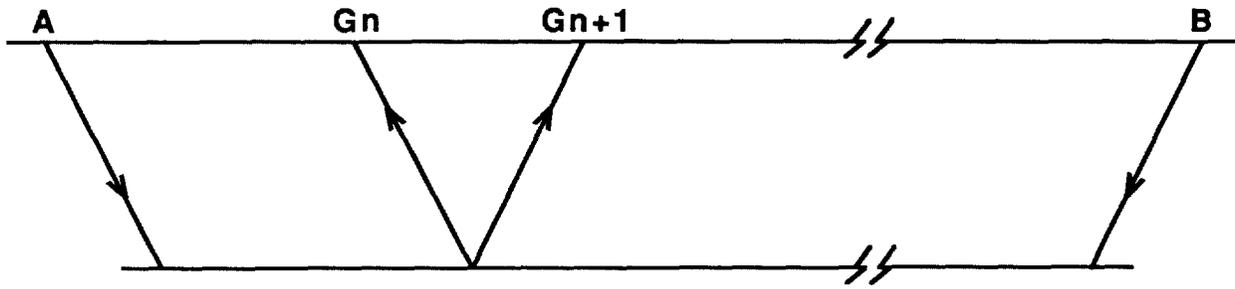


Figure 5: Exemple de dromochronique pour un essai caractéristique dans la région étudiée.



- A, B,** Point de sautage
 $G_n - G_{n+1} = X - Y$ Espacement entre les géophones
 $X - Y = 0$ Même géophone
 $X - Y = 1$ Espacement entre deux géophones adjacents

Figure 6 - Séparation optimale pour la méthode des réciproques généralisées

Fréquence (nombre)

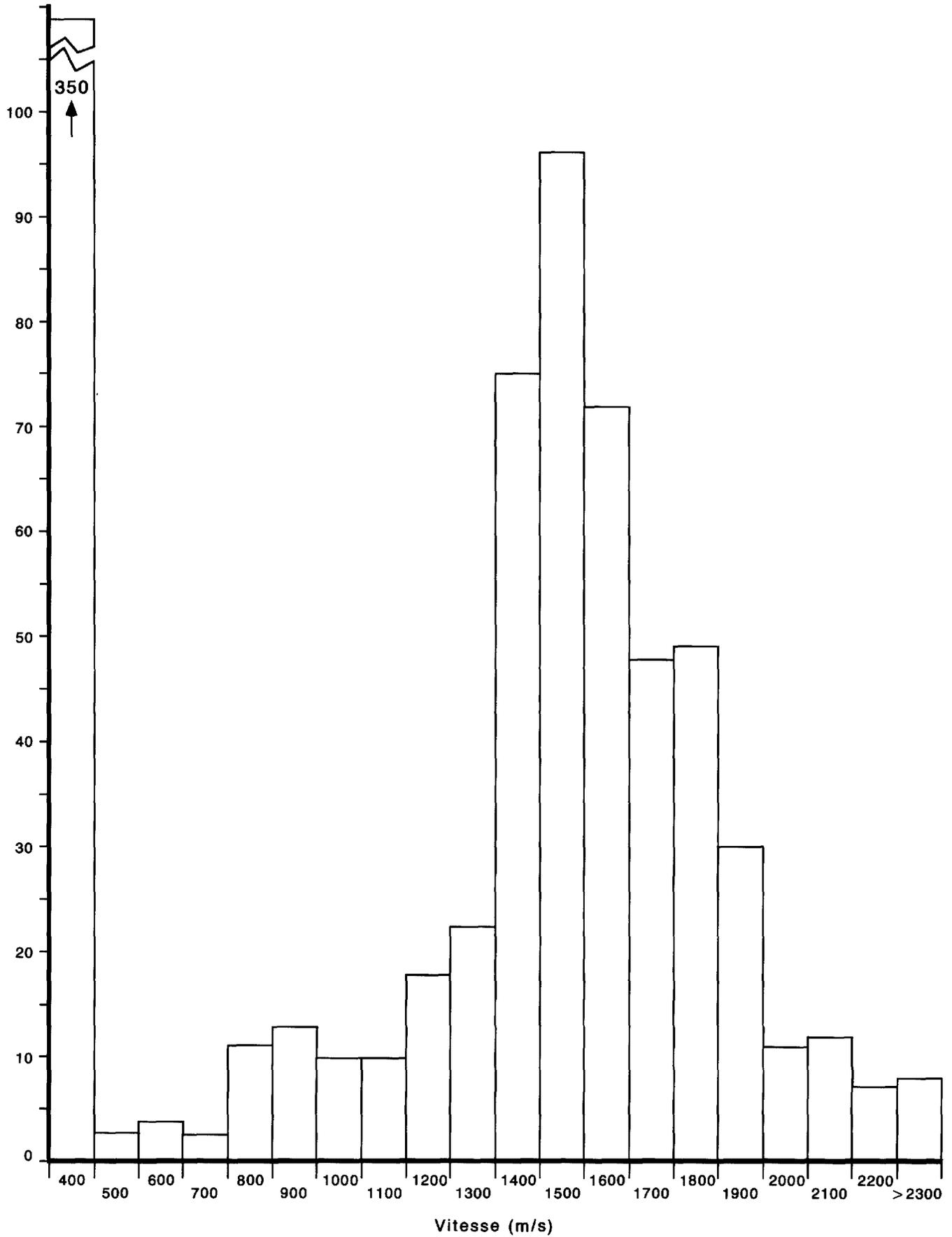


Figure 8 : Histogramme des vitesses sismiques pour les dépôts meubles de la région.

TABLEAU 1: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe A (tirs sismiques 1 à 24)

Zone	Épaisseurs et vitesses	Géomorphologie	Corrélation géophysique	Corrélation géologique
b	55 m à 3 600 m/s	dépression topographique moyenne		zone de fracturation correspondant à la faille NW/SE de Pilote (1987) à 300 m au nord
b	25 m à 3 600 m/s	dépression topographique moyenne		
d	25 m à 3 100 m/s	dépression topographique peu accentuée		
d'	25 m à 4 100 m/s	dépression topographique peu accentuée		
e	90 m à 4 200 m/s	dépression topographique peu accentuée	contact sud d'un haut gradiométrique	contact sud de la formation de fer
f	25 m à 3 600 m/s	dépression topographique moyenne	contact nord d'un haut gradiométrique	contact nord de la formation de fer
g	90 m à 4 500 m/s	dépression topographique moyenne à accentuée	conducteur électromagnétique	
h	70 m à 3 350 m/s	dépression topographique très forte	conducteur électromagnétique	faille de Casa-Berardi
i	30 m à 4 100 m/s			

TABLEAU 2: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe B (tirs sismiques 170 à 191)

Zone	Épaisseurs et vitesses	Géomorphologie	Corrélation géophysique	Corrélation géologique
a	240 m à 4 700 m/s	dépression topographique accentuée	anomalie magnétique	contact roches sédimentaires / roches volcaniques (?)
b	55 m à 3 500 m/s	dépression topographique accentuée		contact roches sédimentaires / roches volcaniques (?)
c	115 m à 3 600 m/s	dépression topographique faible	haut gradiométrique	contact sud de la formation de fer
d	195 m à 4 100 m/s	dépression topographique faible à moyenne		contact nord de la formation de fer
e	30 m à 3 900 m/s			
f	65 m à 3 900 m/s		contact magnétique	

TABLEAU 3: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe C (tirs sismiques 25 à 169)

Zone	Épaisseurs et vitesses	Géomorphologie	Corrélation géophysique	Corrélation géologique
a	40 m à 3 800 m/s	dépression topographique peu accentuée	prolongement magnétique	
b	85 m à 3 850 m/s			contact sud de l'intrusion granitoïde
b'	65 m à 3 900 m/s	dépression topographique moyenne		contact nord de l'intrusion granitoïde
b''	55 m à 4 200 m/s	dépression topographique moyenne	haut gradiométrique	à l'intérieur de l'intrusion granitoïde
c	45 m à 4 200 m/s	dépression topographique moyenne	haut gradiométrique	
c'	90 m à 3 800 m/s	dépression topographique peu accentuée		
c''	40 m à 3 900 m/s	dépression topographique peu accentuée		
d	35 m à 4 000 m/s	remontée du socle rocheux	haut gradiométrique	contact sud d'un gabbro (?)
d'	30 m à 3 600 m/s		haut gradiométrique	contact nord d'un gabbro (?)
e	67 m à 3 800 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	

TABLEAU 3 (suite)

Zone	Épaisseurs et vitesses	Géomorphologie	Corrélation géophysique	Corrélation géologique
e	45 m à 3 700 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	
f	40 m à 3 800 m/s	dépression topographique faible à moyenne	conducteur électromagnétique à l'est	schistes et basaltes altérés
f	50 m à 4 100 m/s	dépression topographique moyenne		schistes et basaltes altérés
f	25 m à 3 900 m/s			schistes et basaltes altérés
g	30 m à 4 400 m/s		haut gradiométrique	contact sud de la formation de fer
g	125 m à 4 500 m/s		haut gradiométrique	formation de fer
h	30 m à 3 900 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique haut gradiométrique	contact nord de la formation de fer
h'	35 m à 4 000 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	
i	30 m à 4 000 m/s		conducteur électromagnétique	
i	75 m à 4 600 m/s		conducteur électromagnétique	
j	30 m à 3 300 m/s	dépression topographique importante		
l	45 m à 3 700 m/s	dépression topographique peu accentuée		
l'	25 m à 3 400 m/s	dépression topographique peu accentuée		
m	45 m à 3 300 m/s	dépression topographique peu accentuée	haut gradiométrique	dyke de gabbro (?)
n	75 m à 4 200 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	contact roches sédimentaires au sud / roches volcaniques au nord
o	35 m à 3 800 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique	
o'	55 m à 3 900 m/s	dépression topographique moyenne à accentuée	conducteur électromagnétique haut gradiométrique	zone de contact de l'intrusion granitoïde d'Orvilliers (?)
p	40 m à 4 200 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique haut gradiométrique	
q	25 m à 3 700 m/s	dépression topographique faible à moyenne		contact roches volcaniques au sud / roches sédimentaires au nord
u	55 m à 3 900 m/s			
v	25 m à 3 750 m/s	dépression topographique moyenne		
w	60 m à 4 400 m/s	dépression topographique très faible	conducteur électromagnétique anomalie en polarisation provoquée haut gradiométrique	horizons graphiteux et pyriteux
x	35 m à 4 100 m/s	dépression topographique moyenne		
x	60 m à 4 150 m/s	dépression topographique moyenne	haut gradiométrique	
x	45 m à 4 300 m/s	dépression topographique moyenne	haut gradiométrique	
x'	35 m à 4 300 m/s	dépression topographique faible	haut gradiométrique	
y'	40 m à 3 700 m/s	dépression topographique faible à moyenne	conducteur électromagnétique	
y''	30 m à 4 200 m/s	dépression topographique faible		
y''	30 m à 4 450 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique haut gradiométrique	
z	85 m à 4 000 m/s	dépression topographique très accentuée	haut gradiométrique	
z	30 m à 4 100 m/s	dépression topographique moyenne		
z'	105 m à 4 100 m/s	dépression topographique accentuée		
z'	65 m à 3 900 m/s	dépression topographique moyenne		

TABLEAU 4: Résumé des observations géologiques et géophysiques de la coupe D (tirs sismiques 1 à 74)

Zone	Épaisseurs et vitesses	Géomorphologie	Corrélation géophysique	Corrélation géologique
a	30 m à 3 400 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique	
a	45 m à 4 200 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique	
b	60 m à 4 000 m/s	dépression topographique peu accentuée		
b'	40 m à 3 000 m/s	dépression topographique peu accentuée		
c	40 m à 4 200 m/s	dépression topographique faible	conducteur électromagnétique	
d	40 m à 4 100 m/s		conducteur électromagnétique contact d'un haut magnétique	contact roches volcaniques (tufs) au sud / intrusion granitoïde au nord
e	55 m à 4 000 m/s	dépression topographique accentuée	conducteur électromagnétique	horizon graphiteux
	40 m à 4 000 m/s	dépression topographique peu accentuée		près d'un axe anticlinal
f	25 m à 3 450 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	sur un axe synclinal
f'	25 m à 4 100 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur HEM au sol	horizon de graphite
g	55 m à 3 800 m/s	dépression topographique moyenne à accentuée		
h	60 m à 4 200 m/s	dépression topographique peu accentuée	haut magnétique	gabbro (?)
h'	35 m à 3 700 m/s	dépression topographique peu accentuée	haut magnétique	gabbro (?)
i	35 m à 3 100 m/s	dépression topographique peu accentuée		
j	35 m à 4 200 m/s	dépression topographique moyenne		faille NE/SW interprétée sur la propriété de Noramco
k	30 m à 3 600 m/s	dépression topographique peu accentuée	haut magnétique	
k'	30 m à 3 650 m/s		haut magnétique	
l	60 m à 4 300 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	argilite graphiteuse
l'	60 m à 3 700 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur électromagnétique	
m	40 m à 4 300 m/s	dépression topographique peu accentuée	conducteur électromagnétique	contact roches volcaniques au sud / roches sédimentaires au nord
n	30 m à 3 200 m/s	dépression topographique moyenne	conducteur HEM au sol	argilite graphiteuse
o	60 m à 4 100 m/s	dépression topographique moyenne		faille NE/SW interprétée sur la propriété de Noramco contact nord d'un sill volcanique dans les sédiments
p	125 m à 4 100 m/s	dépression topographique peu accentuée	haut magnétique	contact nord d'un dyke de diabase