

II - GEOPHYSIQUE MINIERE

Raymond Millon

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION.....	67
Morne Bossa - Milot.....	68
La Mine.....	72
Mont Organise.....	74
Douvray.....	79
Faille.....	83
Grand Bois.....	85
Vallières.....	88
Limbe-Plaisance.....	90
Secteur Morne Selon, Petite Rivière.....	93
Conditions générales sur l'utilisation de la P.P. pour la prospection géophysique des porphyres cuprifères d'Haïti.....	96
Choix de la méthode.....	96
Rappel sur la méthode du rectangle.....	97
Mesurage des longueurs des profils dipôle-dipôle P.P....	98
Mesure de polarisation spontanée.....	98
La prospection géophysique dans la recherche de l'or....	99
La prospection géophysique sur les gisements de type skarn.....	101
Remarques sur la stratégie d'ensemble de la prospection géophysique et de son suivi par forage.....	102
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	103
Liste des figures	
Planche 1 (Hors texte)	

LISTE DES FIGURES

Figure 9 - Secteur du Morne Bossa - Plan de situation des levés géophysique	69
Figure 10 - Morne Bossa et Morne Choiseul - Synthèse des résultats géophysiques	70
Figure 11 - La Mine - Synthèse des résultats géophysiques (Phoenix Geophysics) 1985	73
Figure 12 - Mont Organise - Localisation des levés géophysiques	75
Figure 13 - Mont Organise - Synthèse des résultats de géophysique	76
Figure 14 - Plan de position des prospectes de Blondin, Douvray, Faille B, Mathelier	80
Figure 15 - Douvray - Carte topographique et géologique avec position des forages Comparaison des anomalies P.P. et géochimiques en position sur la grille des forages	82
Figure 16 - Grand Bois (Feuille Plaisance) - Plan de position du secteur représenté sur la Figure 17	86
Figure 17 - Grand Bois - Localisation des profils géophysiques P.P.	87
Figure 18 - Vallières - Synthèse des résultats géophysiques	89
Figure 19 - Reconstitution des résultats de levés de polarisation provoquée	91
Figure 20 - Petite Rivière - Synthèse des résultats géophysiques P.P.	94
Figure 21 - Morne Selon - Profil P.P.	95

INTRODUCTION

Ce travail a été réalisé lors d'une mission de l'auteur de quatre semaines à Haïti (du 11/4 au 8/5/1988) pendant laquelle la documentation existant dans les bibliothèques du PNUD et du BME ont été dépouillées. Une tournée de terrain sur Morne Bossa et Grand Bois a permis à l'auteur de mieux appréhender les conditions de terrain (géologiques et physiographiques) pour les sites visités.

MORNE BOSSA - MILOT

Le prospect a été étudié en géophysique dans le cadre du projet PNUD HAI/77/001 par R. LAFON [8] en 1979, assisté d'une équipe locale du Bureau des Mines et de l'Energie (E. DORVAL, M. DOMINIQUE et P. JEAN).

Les méthodes utilisées étaient la P.S., la P.P. et la résistivité, avec des rectangles élémentaires de 600 x 400 m (AB = 1200 m, profils espacés de 100 m, stations tous les 25 m) en utilisant un équipement Scintrex IPC7 et IPR10 (voir figure 9).

La P.S. donne les résultats les plus parlants (voir figure 10) :

- une anomalie de - 90 mV max (400 m x 150 m) orientée EW sur le Morne Bossa (gossan) ;
- une anomalie de - 20 mV max (100 m x 50 m) orientée SW-NE sur le Morne Choiseul (gossan) ;
- une anomalie de - 40 mV max (200 m) non fermée vers le NW.

La résistivité fournit surtout des renseignements sur les formations géologiques : les alluvions ont une résistivité de 8-15 ohm.m ; les résistivités apparentes moyennes sont de 40 à 80 ohm.m sur le morne Bossa et 100 à 150 ohm.m sur le morne Choiseul. On note toutefois une anomalie conductrice, longue de 200 m, sur le flanc sud du morne Bossa.

La P.P. a donné des anomalies caractéristiques sur un fond de 3 à 5 mV/V :

- une anomalie de 40 mV/V, orientée E-W sur le morne Bossa, correspondant à l'anomalie conductrice et avec un léger décalage de 50 m sur l'anomalie P.S. ;
- deux anomalies sur la plaine alluviale, respectivement à l'Est et au Sud du morne Bossa, en relation avec des anomalies légèrement résistantes, qui, à notre avis, pourraient être dues à des reliefs sous les alluvions ;
- une anomalie, mal délimitée, sur le morne Choiseul.

Une première campagne de forages (profondeur de l'ordre de 150 m) a été faite sur le morne Bossa ; malheureusement le mode de forage interdisait un carottage convenable ; on sait que des sulfures plus ou moins abondants, ont été recoupés sous le chapeau de fer.

Les forages de la deuxième campagne (MB1 à 22) ont reconnu essentiellement le chapeau de fer (oxydés) minéralisé en or. Dès que le forage atteignait la zone sulfurée, il était arrêté.

La plupart des forages ont trouvé des sulfures sous le gossan : pyrite disséminée ou en veinules, chalcopryrite.

Le rapport de R. LAFON proposait un programme complémentaire de géophysique :

- couverture des mornes Pelé, Mazères et Quintilien,
- levé d'un rectangle au NW du morne Choiseul (fermeture de l'anomalie P.S. de - 40 mV),
- prospection de la plaine.

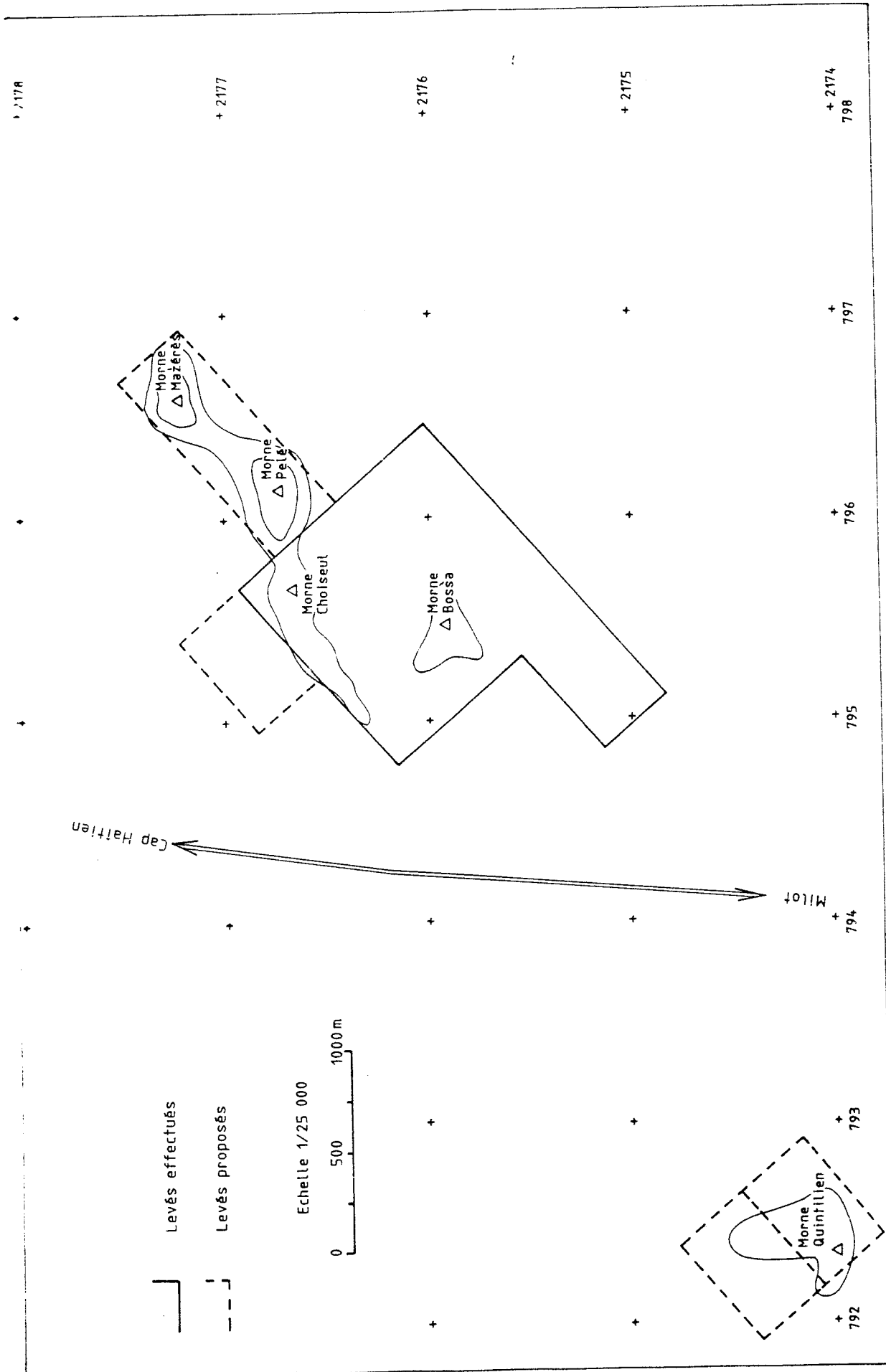


Fig. -9- SECTEUR DU MORNE BOSSA - PLAN DE SITUATION DES LEVES GEOPHYSIQUES

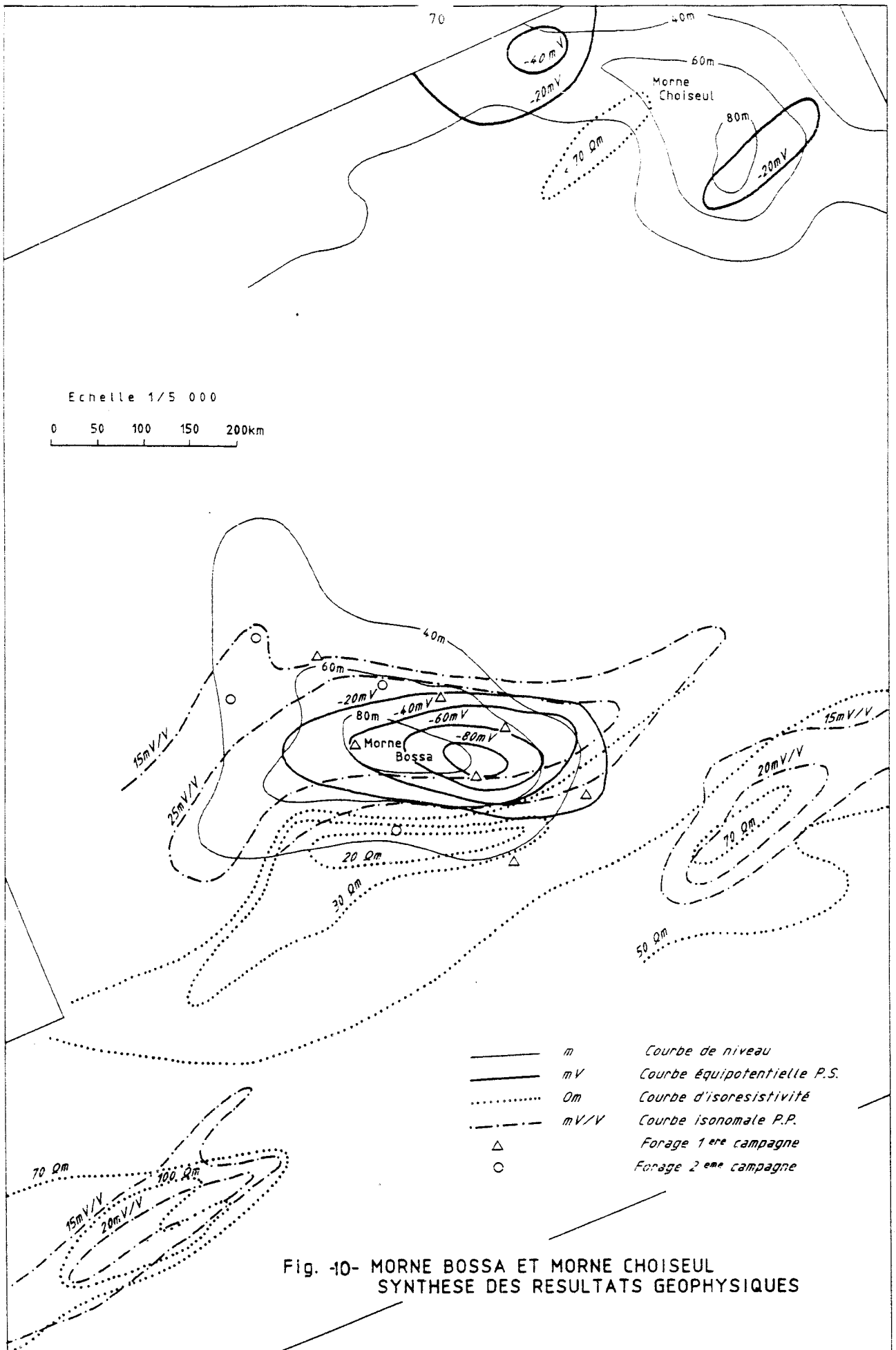


Fig. -10- MORNE BOSSA ET MORNE CHOISEUL
SYNTHESE DES RESULTATS GEOPHYSIQUES

La visite que nous avons faite sur le site nous amène à expliquer et à préciser ce programme et à le modifier légèrement :

1) Si la partie oxydée du gîte de morne Bossa peut être considérée comme reconnue, par contre, la partie sulfurée ne l'est pas : le carottage à sec des forages de la première campagne n'était pas bon et les forages de la deuxième campagne s'arrêtaient sur la zone sulfurée. Le meilleur moyen de reconnaître l'extension du gîte sulfuré est de réaliser une mise à la masse dans un forage (à faire, car les anciens forages ne sont plus accessibles) : cette mise à la masse devrait réussir car, bien que le minerai sulfuré ne soit pas massif, il est constitué de veinules interconnectées et abondantes, ce qui lui donne une conductibilité "en grand" : si ce n'était pas le cas, il n'y aurait pas de phénomène P.S..

La mise à la masse devrait donc nous donner l'extension du gisement sous la plaine et permettre d'implanter d'autres forages à partir desquels d'autres mises à la masse pourront être faites et permettre de suivre l'extension du gisement de proche en proche.

2) Les mornes émergeant de la plaine devraient être prospectés par P.S. (mornes Pelé, Mazères et Quintilien) ; les levés P.S. débordent légèrement sur la plaine, mais pas trop car la nappe phréatique étant proche de la surface dans la plaine, le phénomène P.S. ne peut s'y produire. Les anomalies P.S. éventuelles devront être testées par forage et, s'il y a des sulfures, une mise à la masse devra être faite.

3) La plaine devrait être étudiée en P.P. + résistivité au moyen de dispositifs rectangles, en commençant par la prolongation des anomalies trouvées sur les mornes. Cette étude serait précédée par l'exécution de quelques sondages électriques pour déterminer l'épaisseur des alluvions et éviter de s'attaquer aux zones où le soubassement est trop profond.

LA MINE

Situé à 70 km à l'Ouest de Cap Haïtien, ce prospect a été découvert en 1975 par un levé du PNUD, mais ce n'est qu'en 1984 que LEWIS et KIELEY [11] y effectuèrent, toujours pour le PNUD, des tests géophysiques : quelques profils P.P. + résistivité furent mesurés en dispositifs Wenner ($a = 50$ m) et Schlumberger ($AB = 350$ m, $MN = 50$ m), et donc avec une profondeur d'investigation relativement peu importante (40 à 80 m) ; une zone anormale en P.P. fut ainsi détectée, apparaissant dédoublée (la plus large étant à l'Ouest). Un essai d'électromagnétisme effectué avec l'appareil Pulse EM de Crone ne montra pas d'anomalie conductrice. LEWIS et KIELEY en conclurent, à juste titre, que la minéralisation était plus disséminée que massive.

Un an plus tard, en 1985, Phoenix Geophysics [13] entreprit un levé P.P. systématique par dipôle-dipôle, avec magnétisme associé, pour délimiter la zone de pyritisation et trouver les parties plus riches en sulfures. Ce levé était fait pour le compte de l'UNRFFNRE. 17,5 km de profils espacés de 60 m dans la partie nord, et de 100 à 200 m au Sud, ont été mesurés avec des dipôles de 30, 50 ou 75 m. On peut s'étonner du choix de ce dispositif alors que LEWIS et KIELEY avaient obtenu de bons résultats avec des dispositifs Wenner ou Schlumberger : pour un levé systématique, la zone pouvait être couverte à moindres frais avec six rectangles de 500 m x 350 m ($AB = 1000$ m).

La figure 11 montre les résultats de cette prospection : les axes anormaux P.P. correspondent assez bien avec la zone pyriteuse connue ; les axes magnétiques sont obliques sur la zone minéralisée et ne coïncident pas avec les axes P.P. : on est donc assuré que les anomalies P.P. sont dues essentiellement à la présence de sulfures disséminés.

Phoenix propose de faire de l'A.M.T. pour trouver des conducteurs pouvant être dus à des concentrations plus ou moins massives, mais on a vu que LEWIS et KIELEY avaient eu des résultats négatifs avec l'E.M.. Cette proposition ne paraît donc pas judicieuse.

Il est dommage qu'aucun forage de contrôle n'ait été effectué sur ce secteur :

- ou bien les anomalies géochimiques étaient trop faibles et alors il était inutile de faire la géophysique,
- ou bien les anomalies P.P. de LEWIS et KIELEY étaient jugées également trop faibles et alors il était inutile de faire un levé P.P. complet.

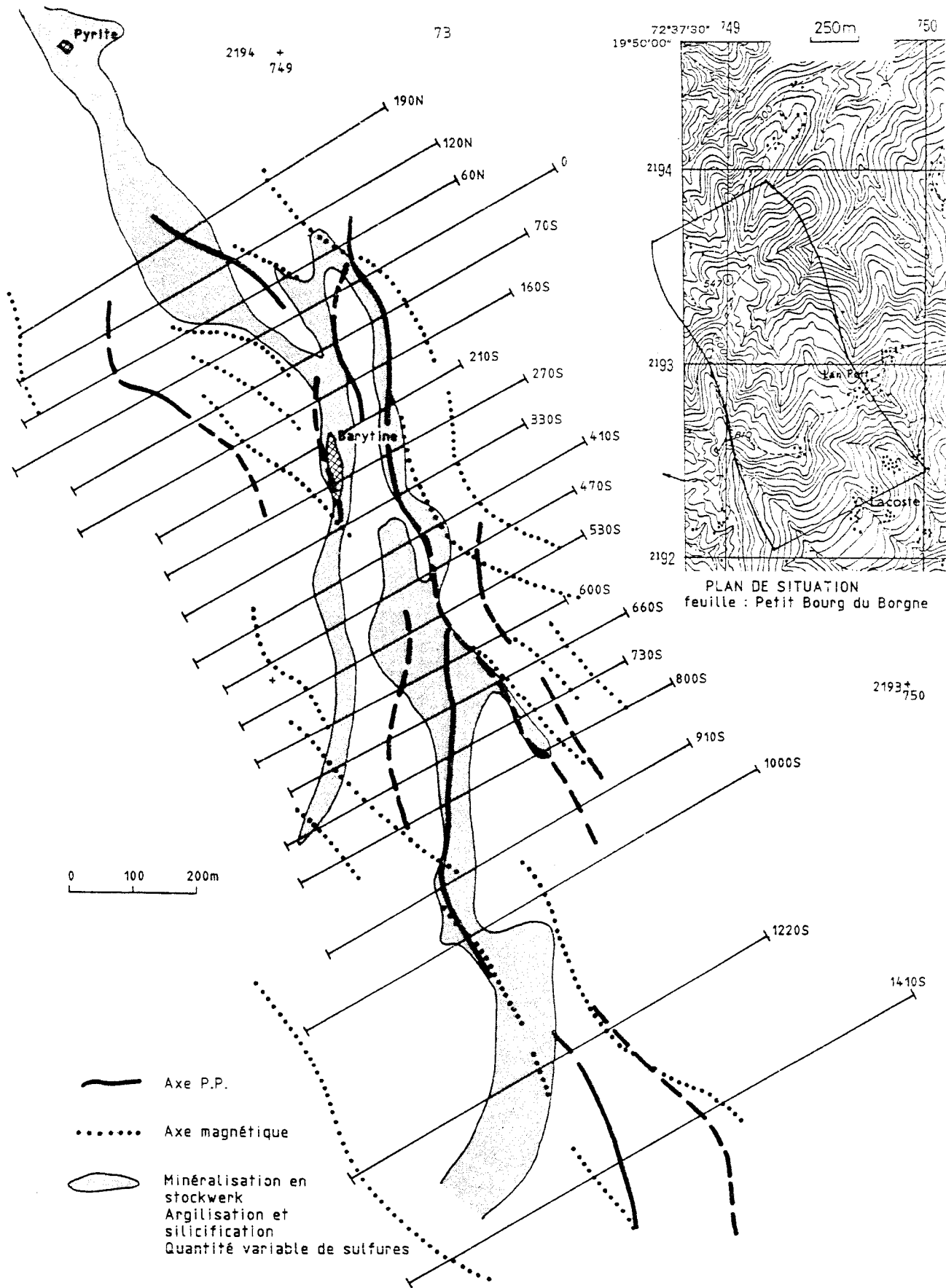


Fig. -11- LA MINE - SYNTHESE DES RESULTATS GEOPHYSIQUES (PHOENIX GEOPHYSICS) 1985

MONT ORGANISE

Sur ce prospect, les levés géophysiques ont été faits pour étudier des anomalies géochimiques ; ils sont peu nombreux :

- Heinrichs Geoexploration, en 1977, leva quatre profils de 2,4 km de long, avec des dipôles de 150 m sur six niveaux [2] (P.P. + résistivité, magnétisme, P.S.), en utilisant un équipement P.P. modèle 7 de Geoexploration et un magnétomètre Geometrics G836 ;
- Scintrex, en 1983, effectua un levé plus complet avec huit profils espacés de 200 m, avec des dipôles de 100 m (dispositif pôle-dipôle), sur six niveaux [9] (P.P. + résistivité, magnétisme), en utilisant un équipement Scintrex IPR8 et IPC7 (2,5 kW) et un magnétomètre Scintrex MP2.

Tous les profils sont orientés NW-SE ; les profils 6 et 10 d'Heinrichs coïncident à peu près avec les profils 6 et 10 de Scintrex (voir fig. 12) : c'est d'ailleurs sur ces profils qu'Heinrichs obtint les réponses P.P. les plus intéressantes, bien que faibles (2 %). On note des réponses fortes en magnétisme, mais la forme des anomalies est mal déterminée à cause de la maille (200 x 25 m).

Scintrex trouva quatre zones anormales (voir fig. 13) :

- A : chargeabilité environ 30 mV/V (6 fois le fond) : réponse due aux sulfures disséminés dans les tufs acides,
- B : chargeabilité environ 10 à 15 mV/V, peu étendue et accompagnée d'une forte réponse magnétique,
- C : chargeabilité environ 10 mV/V, sur des tufs andésitiques (extension SW de D ?),
- D : chargeabilité environ 10 mV/V, sur des tufs acides, accompagnée d'une forte réponse magnétique.

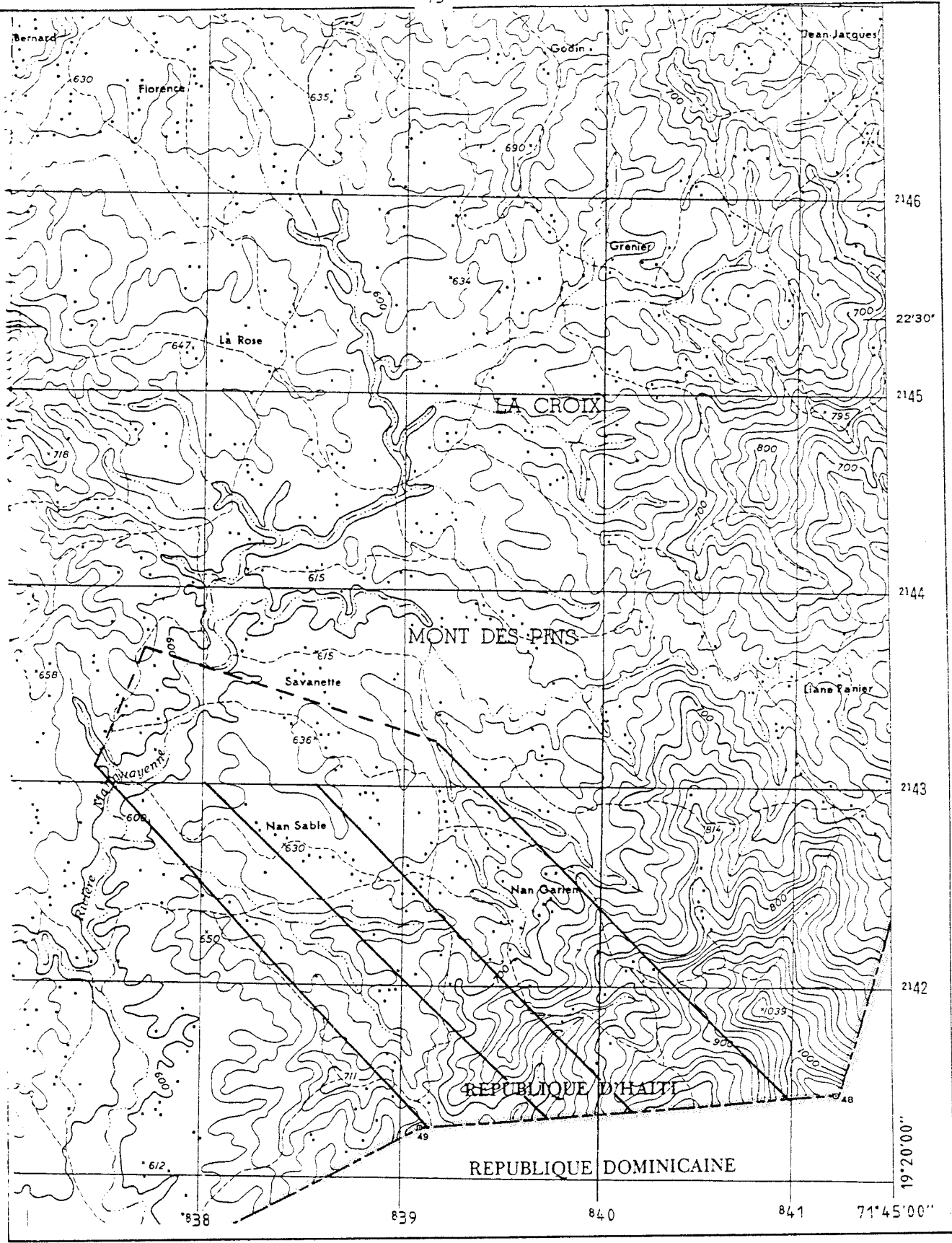
Un tronçon de la ligne 6 a été levé en méthode gradient qui a bien précisé le bord de l'anomalie P.P..

Les anomalies P.P. et magnétiques ne sont en général pas superposées ; cependant, il n'est pas impossible que la magnétite soit en partie responsable des anomalies P.P. B et D ; la carte magnétique est à regarder avec prudence à cause de la maille du levé (200 x 25 m) ; malgré cette réserve, on voit certains traits géologiques (par exemple au NW, les anomalies magnétiques 3 et 4 suivent les limites des roches granitiques).

Remarque : le paramètre P.P. mesuré n'est pas le même pour les deux équipements utilisés :

- Heinrichs Geoexploration mesure un effet de fréquence (en pourcentage) entre les fréquences 0,3 et 3 Hz,
- Scintrex mesure une chargeabilité (en mV/V, donc en pour-mille) .

En convertissant la chargeabilité en pourcentage, on obtient des valeurs du même ordre que les effets de fréquence exprimés en pourcentage.



Echelle 1/25 000

Fig. -12- MONT ORGANISE - LOCALISATION DES LEVES GEOPHYSIQUES

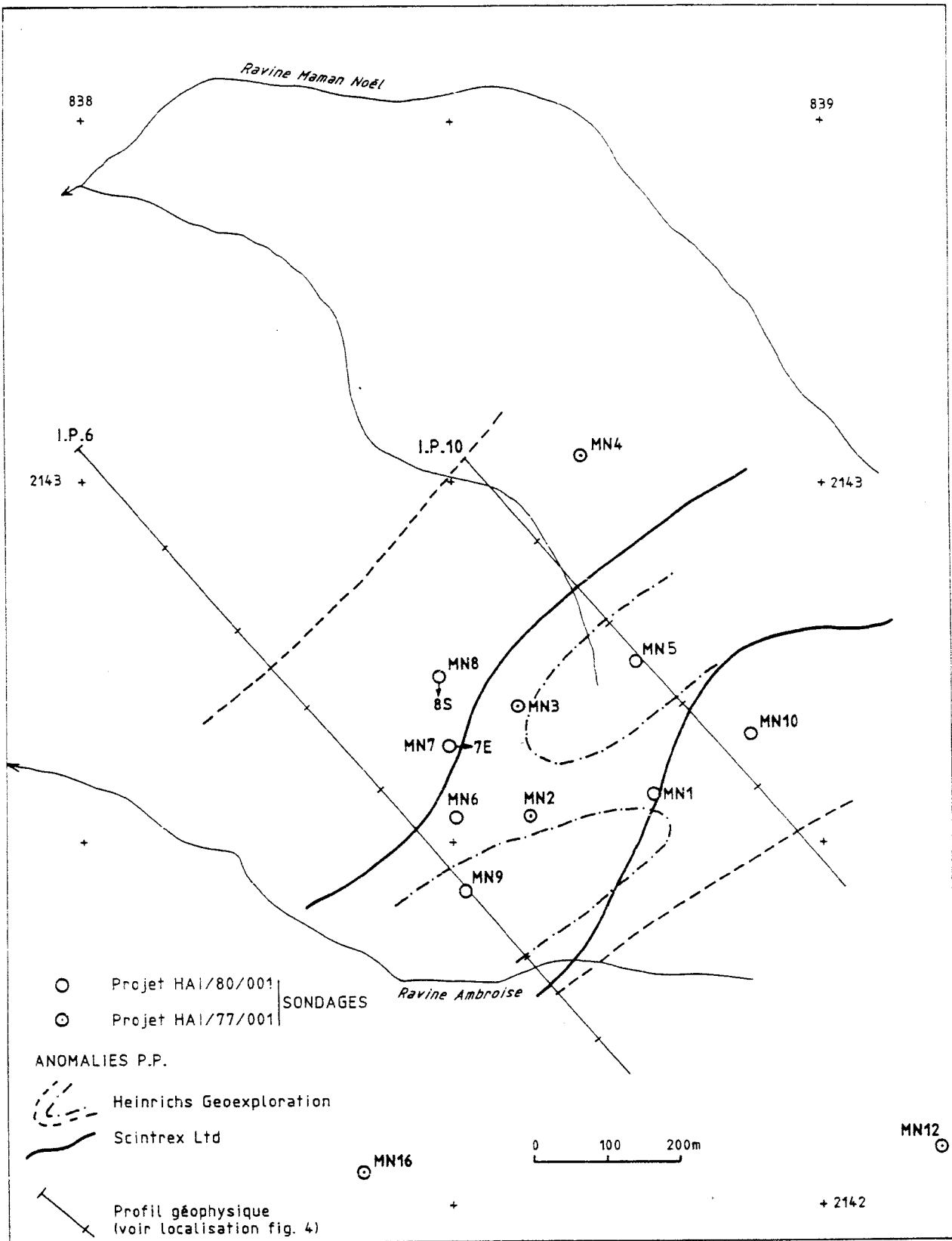


Fig. -13- MONT ORGANISE - SYNTHESE DES RESULTATS DE GEOPHYSIQUE

En 1978-79, quatre forages (MN 1 à 4) ont été implantés dans une zone d'anomalie P.P. faible, sur proposition de S. PRZENIOSLO, sur des anomalies géochimiques en Cu et Au, les résultats sont les suivants :

Sondage	Longueur	Altération	
MN1	278 m	60 m	sulfures plus abondants à partir de 200 m de profondeur
MN2	243 m	50 m	pyrite abondante dès 40 m
MN3	275 m	27 m	sulfures disséminés peu abondants
MN4	312 m	46 m	sulfures disséminés plus abondants au-delà de 180 m

Le sondage 3 ayant donné quelques teneurs intéressantes en or, quatre autres forages (MN5 à 8) furent implantés dans les environs :

MN5	30 m	1 à 3 % de sulfures disséminés
MN6	45 m	5 % de sulfures disséminés (parfois 10 % sur 0,5 m)
MN7	57 m	2 à 3 % de sulfures disséminés
MN8	40 m	jusqu'à 5 % de sulfures disséminés

Le forage MN9 est celui proposé par Heinrichs dans son rapport sur une "anomalie" P.P. de faible profondeur (voir fig. 13) ; en fait, cette anomalie est négative, ponctuelle et probablement due à un effet de couplage ; elle n'aurait pas dû être prise en considération. Situé dans la bande anormale faible, le forage trouva 40 m d'altération et 2 à 5 % de sulfures, c'est-à-dire comme pour les forages voisins.

Un dernier forage (MN10) fut implanté par KRASON d'après la géophysique de 1977 ; long seulement de 75 m, il ne trouva que très peu de sulfures.

On remarquera que tous ces forages se trouvent dans la zone anormale D de Scintrex qui confirme les résultats de Heinrichs (environ deux fois la valeur du background : 1 à 1,5 % en effet de fréquence pour Heinrichs, 10 à 15 mV/V en chargeabilité pour Scintrex). Cette zone D se traduit par des anomalies magnétiques bien que les roches soient surtout des tufs acides.

Commentaires :

* Les forages ont été implantés autant sur anomalies géochimiques que géophysiques.

* Les anomalies P.P. ont une amplitude faible : il ne fallait donc pas s'attendre à trouver plus de sulfures que les forages n'en ont trouvés.

* Le choix de la longueur du dipôle est convenable = 100 à 150 m) compte tenu de l'objectif et de l'épaisseur de la zone d'altération.

* Si les quatre profils de reconnaissance d'Heinrichs pouvaient être faits en dipôle-dipôle, le levé systématique de Scintrex,

par contre, aurait pu être fait en dispositif rectangle (voir chapitre méthodologie).

* Il n'y a pas de corrélation bien nette entre le magnétisme et la P.P. ; dans les forages, la magnétite se trouve parfois en veines centimétriques avec la pyrite, mais n'est pas associée aux sulfures de façon générale.

DOUVRAY

(Mathelier - Blondin - Douvray - Dos Rada - La Coupe Michel - Perches)

(Voir fig. 14 pour la localisation de ces prospects)

La région de Douvray a été couverte en P.P. + résistivité, magnétisme, P.S. en 1976 par Heinrichs Geoexploration Company dans le cadre d'un programme PNUD (projet HAI/74/019). Outre le rapport concernant cette campagne géophysique [1], on trouve un jugement sur ces travaux par F. SEWARD [3] et une brève mention dans un rapport ONU [4] et dans un article de D. BEHRING [12].

Les mesures P.P., résistivité et P.S. ont été faites avec l'équipement Modèle 7 de Geoexploration.

Le magnétomètre était un Geometrics G836 (précision 10 nT).

Remarque : Heinrichs indique que 122,25 km de profils P.P. ont été réalisés ; en fait, la manière de comptabiliser les longueurs n'est pas correcte et, si l'on s'en tient à la longueur effective totale des pseudo-coupes, on trouve seulement 102 km.

Cette campagne géophysique avait été précédée par une prospection géochimique qui avait fourni des anomalies cuivre suffisamment marquées pour permettre de faire des forages (ONU1 à 21).

C'est le paramètre P.P. (effet de fréquence) qui donne les anomalies les plus caractéristiques : elles se présentent de deux bandes longues de plusieurs km, larges de quelques km, ce qui suggère "mieux une minéralisation volcano-sédimentaire ou des bancs à pyrite, magnétite ou oligiste que des intrusions de type porphyrique" [4]. D'ailleurs, SEWARD [3] reconnaît le caractère non conventionnel de ces porphyres cuprifères.

La plus grande bande (Mathelier, Douvray, Dos Rada, La Coupe Michel) s'étend sur plus de 10 km de long et apparaît légèrement incurvée vers le NE ; la plus petite (Blondin) à 3 km de long et se prolonge, au Sud, par le prospect de Faille. L'orientation générale est NNW-SSE (voir planche 1).

Ces anomalies ont une intensité faible à modérée (2 à 4 % en E.F.).

Il est remarquable que les 21 forages ONU, implantés avant la campagne géophysique sur les anomalies géochimiques, se trouvent situés, à quelques exceptions près, sur les anomalies P.P. : ce fait confirme que des sulfures disséminés sont sous les anomalies géochimiques, mais également tout le long de la bande contenant ces anomalies. L'espoir initial que le minerai ne serait pas pyriteux (de sorte que les anomalies P.P. indiqueraient directement la minéralisation en cuivre) ne s'est pas vérifié [12].

24 sondages supplémentaires (BI1 à 24) ont été faits par le B.G.R. à Douvray (entre les lignes M et O) pour compléter les forages ONU dans une zone de 0,5 km² en ayant une grille de 100 à 200 m de côté, mais seul BI9 a été fait sur l'emplacement recommandé par Heinrichs

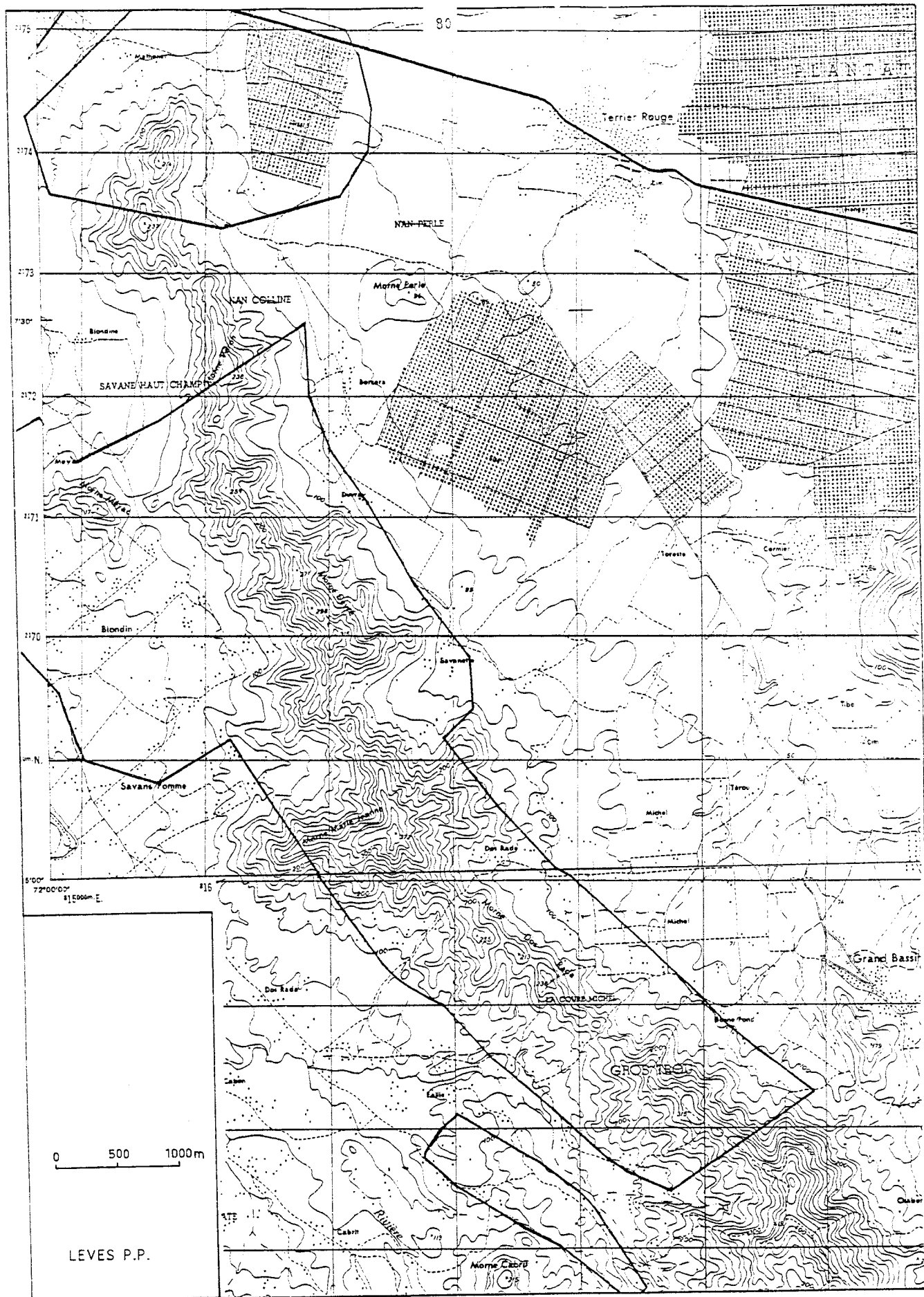


Fig. -14- PLAN DE POSITION DES PROSPECTS DE BLONDIN, DOUVRAY, FAILLE B, MATHELIER

Geoexploration (voir fig. 15). A Blondin, les forages ONU (16 à 18) faits avant la géophysique sont peu minéralisés ; la magnétite y prend une part non négligeable parmi les causes de l'anomalie P.P. car les anomalies magnétiques peuvent atteindre 2000 nT.

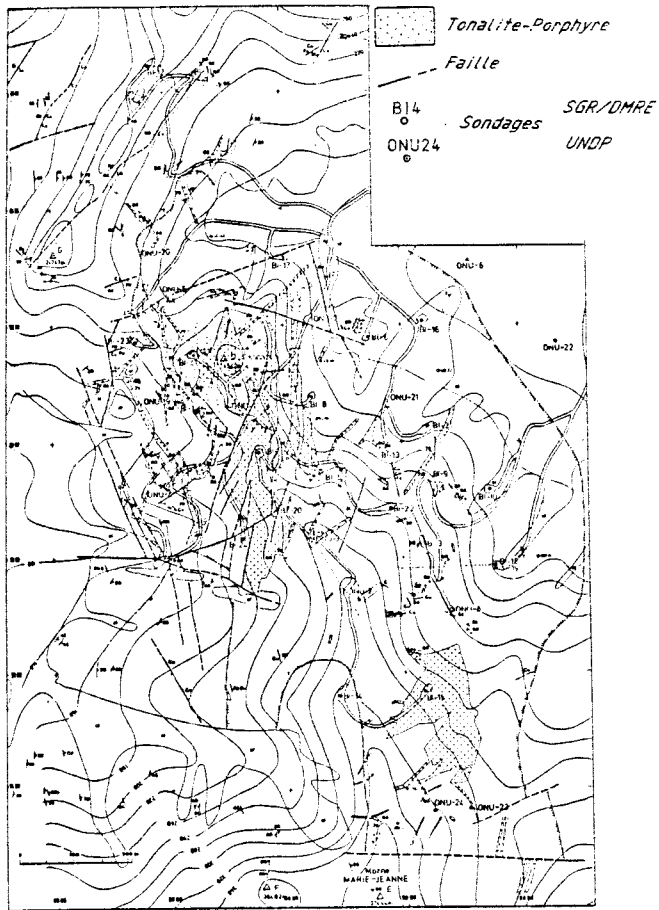
Dans ce secteur central de Douvray, la bande anormale P.P. paraît décalée par un accident senestre NE-SW de 500 m de rejet entre les profils IM et N (non indiqué sur la carte géologique, mais apparaissant sur la figure 14 de [12]) ; d'autres accidents du même type peuvent être suspectés plus au Nord, entre les profils O et P d'une part et Q et R d'autre part. Seul l'accident entre O et P figure sur la carte géologique.

Il est tentant d'essayer de faire un rapprochement entre les teneurs en sulfures trouvées en forage et l'effet de fréquence P.P.. Heinrichs Geoexploration a fait des mesures sur une vingtaine d'échantillons provenant des carottes de forages ONU et la correspondance suivante peut en être tirée, en éliminant les valeurs extrêmes :

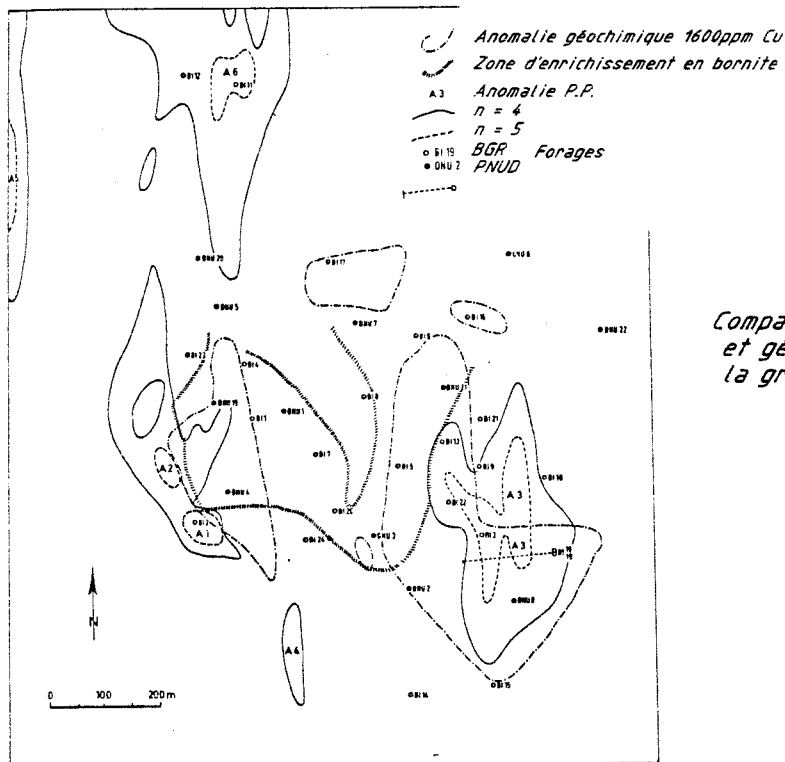
teneur en sulfures	0,5 %	1 %	1 %	
effet de fréquence sur carotte	1,5 %	3-7 %	2 à 10 %	
effet de fréquence sur profil	1,5 %	2-2,5 %	2 %	(à titre de comparaison car l'effet P.P. est intégré sur des dipôles de 150 m !).

Le B.G.R. donne dans [12] les résultats d'un forage (BI9) où il y a environ 1 % de Cu (3 % de sulfures car il n'y a pas de pyrite) entre 100 et 250 m de profondeur : la pseudo-coupe P.P. montre à cet endroit un effet de fréquence de 3 %.

L'apport principal de cette prospection P.P. est certainement la mise en évidence de bandes anormales P.P., traduisant la répartition des sulfures disséminés dans les roches et entraînant un doute sur le caractère de porphyre cuprifère de ce gisement. La disposition des anomalies P.P., dans un porphyre cuprifère, est en forme d'auréole autour de l'intrusion ; ici, par contre, la disposition en deux bandes parallèles laisse plutôt à penser à des niveaux volcano-sédimentaires faiblement minéralisés avec remaniement (et peut être apport) des sulfures lors de l'intrusion porphyrique.



Carte topographique et géologique avec position des forages



Comparaison des anomalies P.P. et géochimiques en position sur la grille des forages

Fig.-15- DOUVRAY (Ces figures sont extraites de l'article de BEHRING : "Exploration des porphyry-copper-vorkommens Douvray bei Terrier Rouge" et réduites à l'échelle de 1/12 500 pour une meilleure comparaison avec la planche 1