

06/11/92
U

17 novembre 1992

note n° 90190

RAPPORT D'EXPERTISE

ECHOUAGE DU MINERALIER "MANYLAD U" ET DEVERSEMENT DE MINERAI EN MER

par

Christophe CHEVILLON
Océanographe - Biosédimentologue
Chargé de Recherche
ORSTOM

Fonds Documentaire ORSTOM



010006409

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B* 6409 Ex: 1

INTRODUCTION

Le 26 octobre 1992, le minéralier "Manylad U" s'échouait sur le banc du Vandégou, dans le canal de la Havannah, par 167° 02' 7 est et 22° 20' 2 sud. Dans la nuit du 26 au 27 octobre 1992, environ 4000 tonnes de minerai de nickel étaient déversées en mer afin d'alléger le navire et de le remettre à flot. A la suite de cet événement, une plainte contre X était déposée pour "Pollution marine consécutive à l'immersion de matériaux ou substances à partir d'un navire". Le 03 novembre 1992, Jean-Luc QUINIO, Juge d'Instruction au Tribunal de Première Instance de Nouméa, commet comme experts M. Christophe CHEVILLON (Docteur en Océanographie, spécialiste en Biosédimentologie, Chargé de Recherche à l'ORSTOM) et le Professeur Michel ALLENBACH (Géologue, Sédimentologue, Maître de Conférence à L'Université Française du Pacifique) afin de connaître les conséquences de ce déversement sur le milieu marin.

1.- PLANIFICATION DE LA MISSION

- Etude préliminaire de la zone du Canal de la Havannah à partir des données sédimentologiques existantes.
- Granulométrie préalable d'un échantillon-type de minerai prélevé dans les cales du navire. Cette granulométrie a permis de déterminer que 47 % du minerai déversé était constitué de fraction fine (taille inférieure à 63 microns) extrêmement favorable à une dispersion rapide par les agents hydrodynamiques et à une dilution dans la masse d'eau environnante.
- Observations en plongée sur le banc du Vandégou et ses alentours ainsi que dans la réserve Merlet. Examen macroscopique des fonds afin de retrouver la trace du minerai déversé, d'évaluer sa dispersion à la périphérie du point de déchargement et tout impact sur le milieu biologique détectable à l'oeil.
- Echantillonnage à la benne, dans un rayon de 3,5 nautiques autour de la zone de déversement, afin de déterminer par observation macroscopique et analyse géochimique du sédiment, la dispersion à grande échelle des particules plus mobiles du minerai qui auraient pu se redéposer dans le lagon après prise en charge sur le site de déversement par les agents hydrodynamiques.
- Prélèvements d'échantillons "témoins" sur des fonds naturellement soumis à des apports en latérites nickelifères par les rivières et eaux de ruissellement (Port de Goro et Baie de Prony).

2.- ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE PRELIMINAIRE

Ce travail, réalisé à partir de données disponibles à l'ORSTOM, a permis de connaître la nature sédimentaire des fonds de la zone et d'en interpréter la dynamique afin d'orienter les recherches sur le terrain. Il montre que la plus grande partie du canal de la Havannah est constituée de fonds durs (dalle corallienne) ou très grossiers (rhodolithes), soumis à un lessivage intense par de forts courants, sur lesquels ne devraient persister que les éléments les plus grossiers du minerai déversé (sables grossiers, graviers, galets et blocs).

L'examen combiné des indices sédimentologiques (taille moyenne, triage, normalité et asymétrie) montre que les aires favorables au dépôt des fractions plus fines (sables moyens, fins à très fins) qui auraient pu être déplacées par saltation ou suspension dans le cas de courants entrants au moment du déchargement, se situent au sud d'une ligne recoupant les récifs Ioro et Nouaré ainsi que le long des récifs Komekame et Kié. Ces aires feront l'objet d'une attention particulière lors de l'échantillonnage sur le terrain.

En ce qui concerne les fractions les plus fines (vases), qui sont aussi les plus physiquement polluantes pour les organismes vivants non-adaptés (mortalité par enfouissement), la seule aire de décantation probable - et toujours dans le cas de courants entrants lors du déchargement - est située au sud de l'îlot Ugo, dans un périmètre délimité par les îlots et récifs Ugo, Ua, Gué, Péo 2 et Péo 3. Dans cette zone naturelle de dépôt, très fortement envasée (plus de 50 % de fraction fine) et à forte teneur en éléments terrigènes, l'éventuelle sédimentation des fines liées au déversement du minerai n'aurait que des effets très mineurs voire nuls.

Cette étude sédimentologique préliminaire montre d'ores et déjà que ce déversement de minerai en mer ne devrait avoir que des conséquences très limitées sur le milieu environnant du fait des caractéristiques géomorphologiques, hydrodynamiques et biologiques du site sur lequel il s'est produit. Cela n'aurait pas été le cas si cette opération avait eu lieu dans une zone plus fermée à faible hydrodynamisme et biologiquement plus fragile.

3.- CHRONOLOGIE DES OPERATIONS ET OBSERVATIONS REALISEES SUR LE TERRAIN.

Des conditions météorologiques très défavorables et l'indisponibilité de moyens à la mer n'ont pas permis aux experts de se rendre sur le terrain avant le 11 novembre 1992.

11 novembre 1992

Le Navire Océanographique DAWA de l'ORSTOM, commandé par Michel BLANC, quitte Nouméa à 8h30 avec à son bord Christophe CHEVILLON (expert commis), Pascal JOANNOT (Directrice de l'Aquarium de Nouméa, observateur), Jean-Louis MENOU et Georges BARGIBANT (plongeurs professionnels à l'ORSTOM). L'équipe arrive sur la zone à 12h45 (Phare de Goro). La présence d'un important mascaret, donc de forts courants, ne permet pas d'intervenir en plongée sur le site de l'échouage. En l'attente des conditions de marée favorables, prévues pour approximativement 15h, les premiers échantillons de sédiments, destinés essentiellement à l'analyse des teneurs en nickel et éléments associés, sont recueillis à la benne Neyrpic (Fig. 1). Une première plongée d'observation est aussi réalisée dans la réserve MERLET, le long du récif Komekame et de l'îlot Kié. Cette plongée révèle un milieu sain : aucune trace de pollution par le minerai qui soit VISUELLEMENT détectable n'a été observée (quantité anormale de particules en suspension ou dépôt sur la zone de particules plus grossières du type sable ou graviers de garniélite) (Fig. 2). Une attention particulière a été portée aux coraux en coupe qui, les premiers, sont susceptibles de recueillir la fraction fine nickelifère qui aurait pu sédimenter.

A 15h, le N.O. DAWA se positionne au-dessus du point d'échouage du navire (point G.P.S.). Deux plongées successives sont réalisées et permettent la récolte d'échantillons prélevés sur le sommet, les flancs et le pied du banc du Vandégou. Dans un premier temps, aucune anomalie n'est détectée lors de l'examen macroscopique des échantillons récoltés. Ce n'est que lors de la seconde plongée que la trace du matériel déversé est retrouvée. Le minerai déversé se présente alors sous la forme d'éléments de taille millimétriques à décimétriques plus ou moins dispersés dans les poches de sédiment en place.

Le changement de marée qui s'accompagne de la reprise des courants et du mascaret ne permet pas de poursuivre l'exploration. Le reste de l'après-midi est consacré à poursuivre l'échantillonnage à la benne. Le N.O. DAWA mouille dans la soirée dans le port de Goro, face au wharf.

12 novembre 1992

M. Romain SOUBEYRAND (expert commis, Directeur du Service des Mines et de l'Energie) et M. Gilbert GUYARD (observateur, responsable des installations classées et des problèmes d'environnement au Service des Mines et de l'Energie) sont embarqués à bord du N.O. DAWA au wharf de Goro. Le navire appareille à 7h30. Deux échantillons de référence sont recueillis à la benne dans le port de Goro, zone qui semble soumise à une importante pollution "naturelle" se déversant directement dans le lagon par la conjonction des eaux de ruissellement et d'une ancienne activité minière (Fig. 3 & 4).

La première plongée de la journée sur le banc de Vandégou est effectuée par les plongeurs de l'ORSTOM à 8h30. Elle permet d'identifier la zone de frottement du navire qui s'est échoué sur un fond de dalle corallienne indurée avec couverture algale (et microfaune et macrofaune associée) avoisinant 100% de recouvrement (Fig. 5). Les coraux vivants et branchus sont rares et toujours de petite taille. Leur fréquence est évaluée à 1% du recouvrement. Des poches d'accumulation de sédiment meuble sont observées le long des sillons détritiques creusés dans la dalle par les courants. La première conséquence directe de l'échouage du navire est l'arrachement, par les frottements de la coque, de la couverture algale sur une zone d'environ 80 x 15 m (1200 m²) ; la dalle apparaît mise à nue et broyée sur quelques centimètres d'épaisseur. Deux autres points d'impact présentant les mêmes caractéristiques mais de taille plus réduite (environ 10 x 10 m) ont été repérés dans la zone. Cette plongée devait surtout révéler que le résultat du déchargement se matérialise par la présence de cinq dômes de cailloutis, galets et blocs de garnièrite, situés de part et d'autre de la trace laissée par la coque. Les plus gros blocs présentent une longueur d'environ 30 cm (Fig. 6 & 7). Les dômes, très aplatis et tous de taille sensiblement équivalente, ont un diamètre d'une vingtaine de mètres, pour une hauteur au sommet de 1,5 à 2 m. Quelques rares monticules constitués de fines latéritiques non encore lessivées, compactes et agglomérées aux blocs de garnièrite, ont été observés par endroit (Fig. 8). A la périphérie des dômes, la dispersion des éléments de garnièrite augmente rapidement (Fig. 9) et à quelques mètres seulement de la base le milieu apparaît dans son état naturel, intact et sain.

Vers 9h30 le N.O. DAWA est rejoint par un bateau de location loué par la Province Sud et à bord duquel se trouve le commandant et le matelot de l'ISABELLE (bateau de la Province Sud affecté à la surveillance du lagon), M. François DEVINCK (observateur, Adjoint au Chef du Service de la Mer), le Professeur Michel ALLENBACH (expert commis) ainsi qu'une journaliste de R.R.B. Après balisage de la zone par les plongeurs de l'ORSTOM, une deuxième plongée est réalisée à laquelle participe l'ensemble des experts et des observateurs présents. Cette nouvelle plongée n'apporte pas d'élément nouveau. Le bateau de la Province Sud repart vers 10h45, embarquant en plus des personnes présentes à son bord à l'arrivée sur la zone, P. JOANNOT, R. SOUBEYRAND et G. GUYARD.

A bord du N.O. DAWA, le reste de la journée est employé à terminer les prélèvements à la benne. Une courte plongée supplémentaire est réalisée dans la réserve MERLET, une fois encore, l'examen macroscopique des fonds et des échantillons ne montre pas trace d'envasement par le minerai déversé sur le banc du Vandégou, distant d'environ 2 milles nautiques. Sur le chemin du retour un autre échantillon de référence, destiné aux analyses géochimiques, est prélevé dans la baie de PRONY. Le N.O. DAWA regagne Nourméa à 19h45.

Remarque : en se rapportant à un cône parfait de 15 m de rayon et de 1.5 m de hauteur, le volume des dômes de cailloutis peut-être évalué à environ 350 m³, soit un total pour les cinq dômes de 1750 m³. En se basant sur une densité de 1.4 (chiffre communiqué par le Service des Mines), ce volume représente une masse d'environ 2450 tonnes, soit plus de la moitié du chargement déversé. Ces chiffres très approximatifs (qui ne tiennent pas compte des vides interstitiels dans les tas, des irrégularités de la surface du fond et qui sont basés sur une densité moyenne) concordent cependant relativement bien avec l'analyse granulométrique d'un échantillon du minerai qui a été réalisée au préalable : cette analyse a en effet montrée que le chargement était constitué à 47% de fractions fines ; la quantité de matériel grossier rejetée en mer peut-être estimée à 53% du déchargement, soit 2120 tonnes. Il est donc possible de conclure que la totalité des particules à faible capacité de déplacement (sables, graviers, galets et blocs) a bien été retrouvée sur le site même du déversement.

CONCLUSIONS

Les observations réalisées sur le site montrent que l'échouage du navire et le déversement du minerai en mer ont eu pour première conséquence la destruction physique des fonds marins sur une surface évaluée à 4500 m². Cette destruction est le résultat d'une part, du frottement et du talonnage de la coque du minéralier sur le fond et d'autre part de l'ensevelissement des peuplements (couverture algale de la dalle corallienne avec microfaune et macrofaune associée) sous les tas de blocs et cailloutis de garnièrite déversés. Il faut ici garder à l'esprit que, à titre comparatif, la surface occupée par les fonds du Canal de la Havannah (dans une aire délimitée par la sortie de la passe, le trait de côte jusqu'au Cap Ndoua, le récif Peo 1 et le récif Komekame) représente 137 km² (137 millions de m²). En d'autres termes, cette "pollution mécanique" ne touche que 0.003 % des fonds du canal dans l'aire précédemment définie.

En ce qui concerne la partie fine du minerai déversé, qui est la plus "polluante" pour les organismes marins, l'impact se révèle extrêmement réduit. Tout d'abord, seule une infime partie de cette fraction a été retrouvée sur le site du déchargement. C'est une constatation logique car, compte tenu de la très importante aptitude au transport de ces particules de faible densité, elles auront été mises en suspension lors du déchargement, puis très rapidement dispersées et diluées par l'activité hydrodynamique intense dans la zone du banc de Vandégou. Par ailleurs, aucune trace de la présence de cette phase fine n'a été détectée à la périphérie de la zone lors des observations en plongée et de l'examen macroscopique des échantillons. Le déversement ayant eu lieu à marée descendante il est effectivement très probable que les particules fines aient en majeure partie été entraînées vers le large par les courants sortants. De plus, les 1880 tonnes (47 % du chargement déversé) de fines rejetées en mer représentent un volume de 2632 m³ (d=1.4) ; or, la masse d'eau "contenue" dans la zone du canal de la Havannah délimitée au premier paragraphe, peut-être évaluée, pour une profondeur moyenne de 20 m, à 2 milliards 744 millions de m³. La dilution des particules fines dans la masse d'eau serait donc de l'ordre de 1 pour 3 millions !

Un troisième et dernier point intéresse les possibilités de pollution chimique par passage en solution du nickel dans l'eau de mer. Le nickel présent dans le chargement se présente sous forme d'oxydes dont la solubilité est très faible voire nulle au pH de l'eau de mer (10⁻¹⁰ mg/l à pH 7). Il faut en fait un milieu réducteur (ce qui n'est pas le cas de la zone de déversement, très oxygénée) et une activité bactérienne sulfo-réductrice pour que les oxydes de nickel commencent à passer en solution (pH voisin de 3). Or, dans ce type de milieu, le nickel qui passe en solution reprécipite immédiatement sous forme de sulfures qui eux, sont insolubles (produit de solubilité des sulfures : 1.07 x 10⁻²¹). Tout risque de pollution chimique peut-être donc raisonnablement écarté.

A l'issue de cette mission d'expertise et compte tenu de nos connaissances actuelles, il apparaît donc que le déchargement de 4000 tonnes de minerai nickelifère sur le banc du Vandégou n'a eu qu'un impact très limité et localisé à la zone de déchargement. Aucune "pollution mécanique" due à l'envasement par les fines contenues dans le minerai n'a pu être observée sur le site même, à sa périphérie ou aux abords de la réserve MERLET. Le nickel ne présentant par ailleurs qu'un très faible pouvoir de dissolution dans l'eau de mer, toute crainte de pollution chimique est sans doute écartée. Toutefois seule l'analyse géochimique des échantillons prélevés permettra de tirer des conclusions définitives. Enfin, il devrait être envisagé une ou deux courtes missions, à six mois d'intervalle, afin de suivre l'évolution de la zone physiquement altérée (transformations de la morphologie des dômes, évolution de la dispersion des éléments restés en place, recolonisation par les organismes marins...).

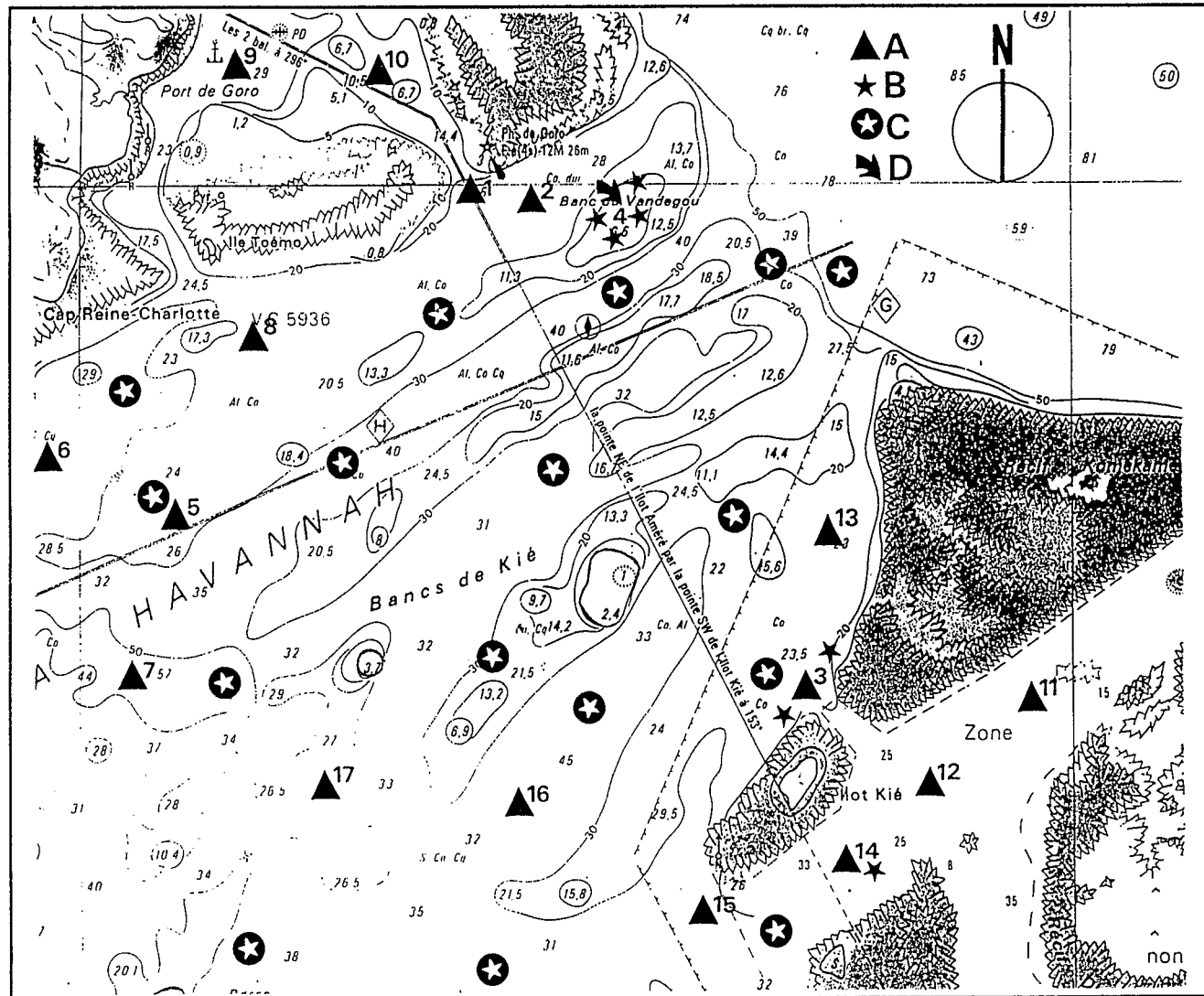


Figure 1.- Plan d'échantillonnage. (A) Echantillons prélevés à la benne, (B) plongées d'observations, (C) Origine des données utilisées pour l'étude sédimentologique préliminaire, (D) Point d'impact du minéralier.
(Echelle 1/159 500)

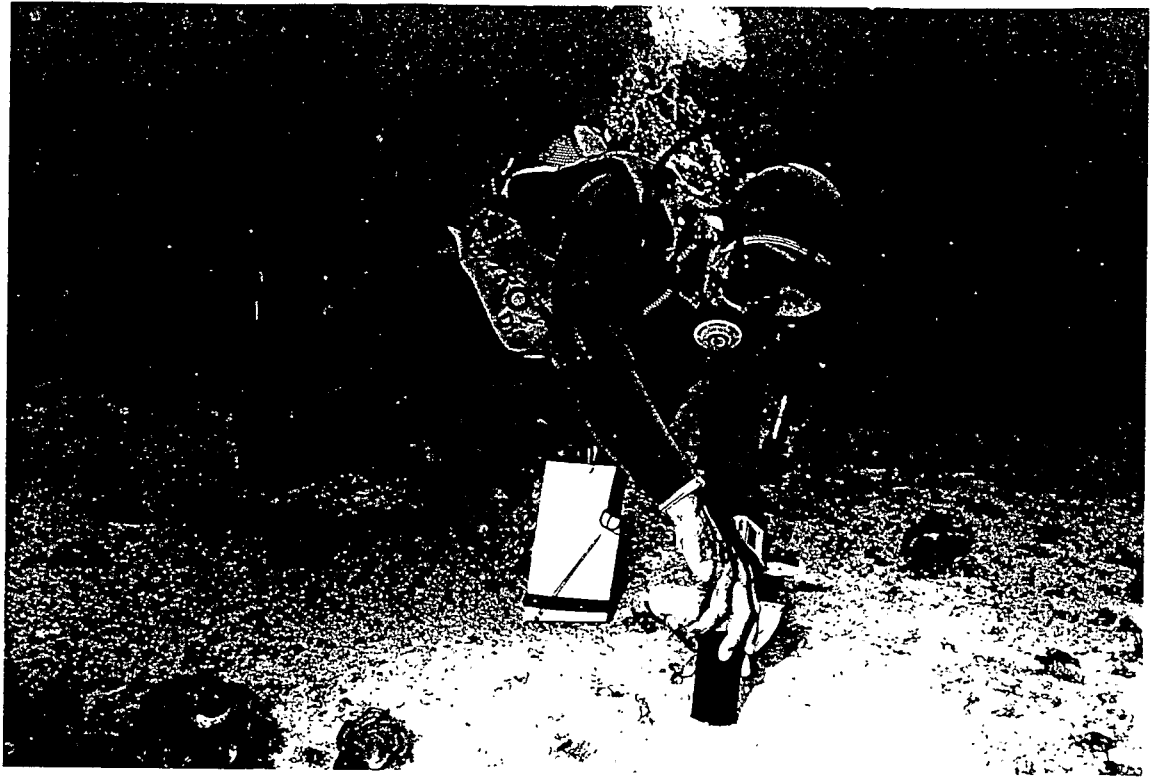


Figure 2.- Réserve Merlet. Echantillonnage en plongée. Les fonds apparaissent intact à l'observation macroscopique.
Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou.

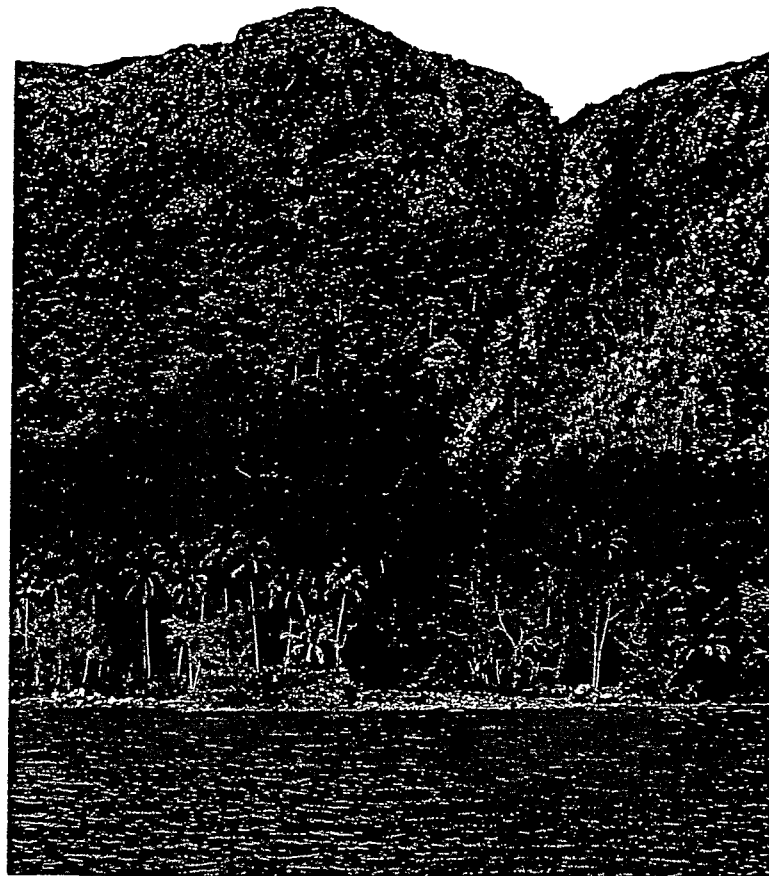


Figure 3. Port de Goro. Mise en évidence des apports au lagon en latérites nickelifères par les eaux de ruissellement

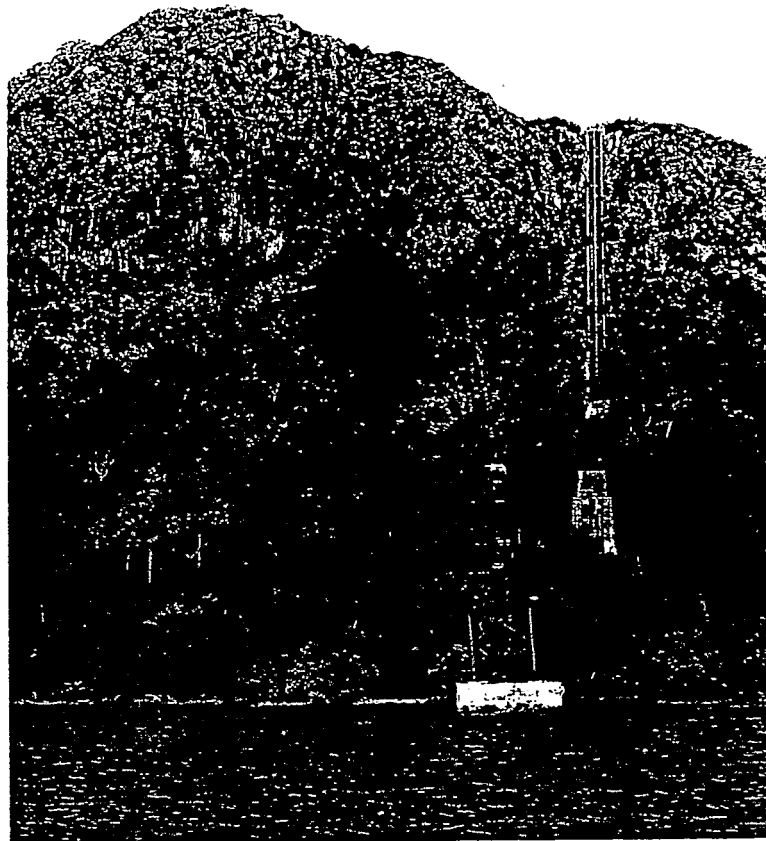


Figure 4.- Même légende que figure précédente. *Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou*

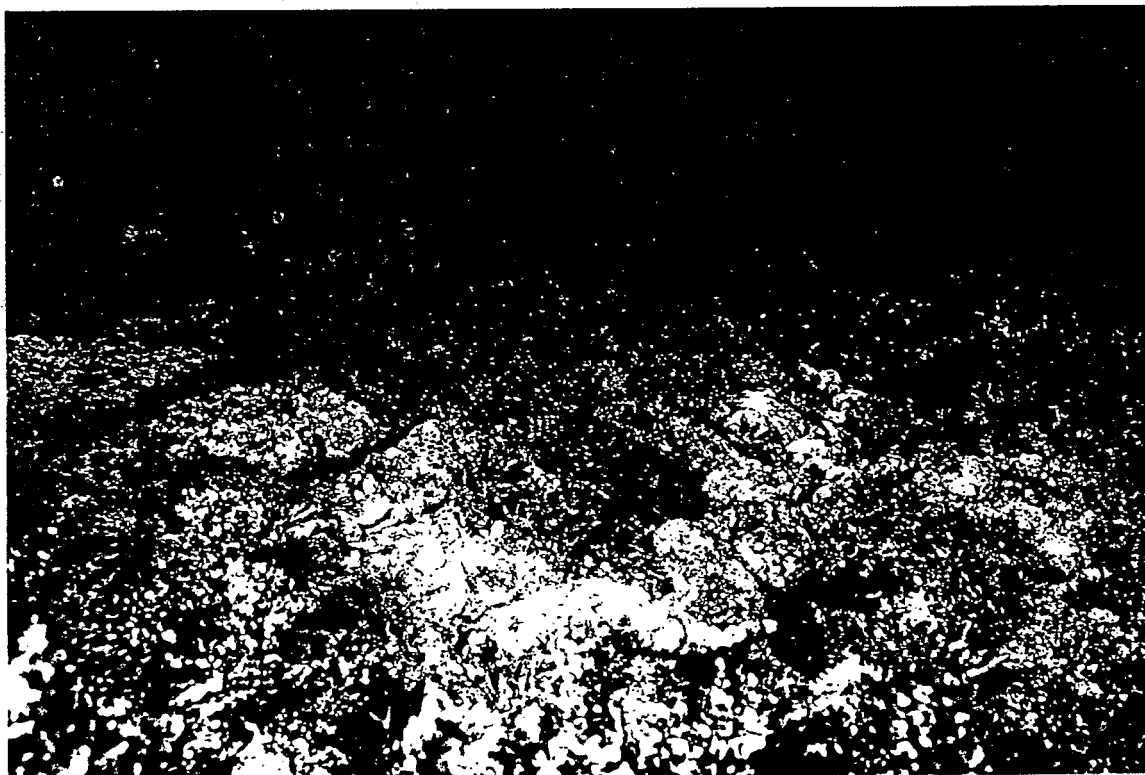


Figure 5.- Banc Vandégou. Vue sous-marine de l'état naturel des fonds sur lesquels a eu lieu le déversement. *Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou.*



Figuer 6.- Banc Vandégou. Vue d'ensemble de l'un des 5 dômes de cailloutis, galers et blocs résultant du déversement.
Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou



Figure 7.- Banc Vandégou. Detail des éléments constitutifs des dômes *Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou*



Figure 8.- Banc Vandégou. Résidus de fines non encore lessivés et agglomérés aux blocs de Gamiérite.
Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou

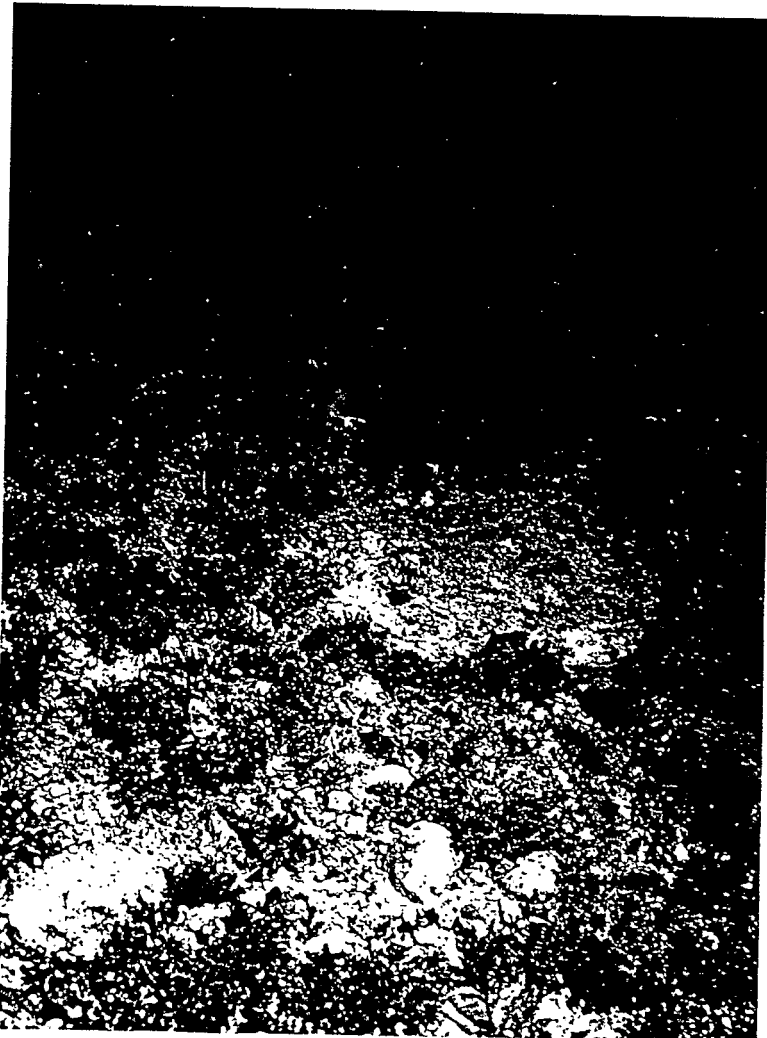


Figure 9.- Banc Vandégou. Dispersion des éléments dans le milieu naturel à la base des dômes.
Photo ORSTOM - G. Bargibant & J.L. Menou

4433

63

ECHOUAGE DU MINERALIER "MANYLAD U" ET DEVERSEMENT DE MINERAI EN MER

Complément au rapport d'expertise

RESULTATS DES ANALYSES GEOCHIMIQUES DU SEDIMENT

- C. CHEVILLON -

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B*6409

Ex: 1
24/02/92

Ce document vient en complément du rapport d'expertise en date du 17.11.92 remis par MM. Allenbach et Chevillon. Il présente le résultat des analyses géochimiques réalisées sur les échantillons de sédiment recueillis lors de la mission des experts sur le terrain. Nous rappelons que ces échantillons ont été prélevés sur le site d'échouage du navire et à sa périphérie ainsi que dans la réserve Merlet (voir plan d'échantillonnage dans le premier rapport). Des échantillons-témoins ont par ailleurs été utilisés à fin de référence. Ces derniers ont été prélevés dans les baies de Goro et de Prony, en face de Nouméa (chenal de l'îlot Maître) ainsi que sur les fonds blancs de la barrière extérieure (près du récif Tabou).

Sur chaque échantillon disponible des analyses complètes ont été réalisées, c'est à dire que les teneurs ont été déterminées pour les 9 éléments suivants : oxydes de calcium (CaO), silice (ou oxyde de silicium, SiO₂), magnésium (MgO), oxydes de fer (Fe₂O₃), nickel (Ni), alumine (ou oxyde d'aluminium, Al₂O₃), oxyde de chrome (Cr₂O₃), manganèse (Mn) et cobalt (Co). La représentation des résultats a été scindée en deux graphiques ; le premier (Fig. 1) regroupe les éléments majeurs (CaO, SiO₂, MgO et Fe₂O₃) et le second (Fig. 2) les éléments mineurs (Ni, Al₂O₃, Cr₂O₃, Mn et Co). Les teneurs exactes de ces 9 éléments, pour chacun des échantillons de sédiment prélevés, sont données dans le **tableau 1**.

Sur les graphiques des pages 5 & 6, les échantillons sont classés, de la gauche vers la droite dans l'ordre suivant :

- les échantillons-témoins, "Tabou" (récif Tabou), "Maître" (chenal de l'îlot Maître), 9 et 10 "Gor" (port de Goro), 19 "Pro" (baie de Prony) ;
- les échantillons prélevés sur la zone d'échouage, notés 4A à 4I ;
- les échantillons prélevés à la périphérie de la zone d'échouage et dans la réserve Merlet ("Rés"), qui sont classés *par distance croissante au site du déchargement*.

Les stations de prélèvement n° 1, 2, 5, 11 Rés, 12 Rés, 15 Rés, 16 et 17 n'apparaissent pas sur les graphiques car il s'agit de fonds durs sur lesquels aucune quantité de sédiment n'a pu être recueillie.

L'impact du déversement de minerai sur le banc Vandegou est particulièrement bien caractérisé par la composition géochimique des échantillons 4C, 4D, 4G, 4H et 4I, prélevés sur

les lieux même du déversement. Cet impact se traduit sur le sédiment *in situ* - et en ce qui concerne les éléments majeurs - par un fort déficit en CaO accompagné d'un excès de silice, de magnésium et d'oxydes de fer (Figure 1 & Tableau 1). Le CaO ne représente en effet que 12.7% en moyenne sur ces 5 échantillons et peut chuter jusqu'à 0.3% alors que la teneur normale est rarement inférieure à 40% pour les sédiments lagonaires biogènes. Les teneurs en silice sont comprises entre 13.2 et 37.5% alors que cet élément ne se trouve en général qu'à l'état de traces (< 0.5 %). Le magnésium titre 12.1 à 23.6% contre des valeurs toujours inférieure à 4% à l'état naturel et les oxydes de fer sont compris entre 3.43 et 16.16% tandis qu'à l'état naturel ils sont rarement supérieures à 1%.

En ce qui concerne les éléments mineurs (Figure 2 & Tableau 1), le déversement a eu pour conséquences l'apparition de quantité anormales de nickel (0.76 à 3.35%), d'alumine (0.2 à 1.6%), d'oxydes de chrome (0.4 à 1%), de manganèse (0.03 à 0.15%) et de cobalt (0.01 à 0.09%). Ces éléments sont quasiment inexistant à l'état naturel ou alors en très faible quantité.

Il est rassurant de constater que ces anomalies de composition géochimique restent très localisées puisque dès les abords de la zone de déchargement elles tendent à disparaître ou du moins à s'atténuer très fortement (échantillons n° 4A et 4E). En revanche, des anomalies similaires, mais d'une amplitude beaucoup plus restreinte, sont constatées au niveau des échantillons prélevés dans les baies de Prony et de Goro (n° 9Gor, 10Gor & 19Pro). Il s'agit là d'une "pollution naturelle" par les apports des rivières et des eaux de ruissellement. La baie de Prony (19Pro) est d'ailleurs bien plus marquée que la baie de Goro ce qui exclue toute possibilité de pollution par le minéralier pour cette dernière. Il en va d'ailleurs de même pour les échantillons prélevés à la périphérie de la zone d'échouage et dans la réserve Merlet (8, 13Rés, 3Rés, 6, 7, 14Rés & 18). Certes, nous y retrouvons la présence d'oxydes de fer (0.29 à 0.86%), de magnésium (2.9 à 3.7%), d'alumine (0.1%) et parfois de silice (0.1 à 0.3%), de nickel (0.02%) ou de manganèse (0.01%) mais jamais en quantité significativement supérieure à celle des échantillons-témoins pour qu'il soit possible d'attribuer la présence de ces éléments aux conséquences du déchargement de minerai de nickel par le "Manylad U".

Composition géochimique des prélèvements de sédiment (élt. majeurs)

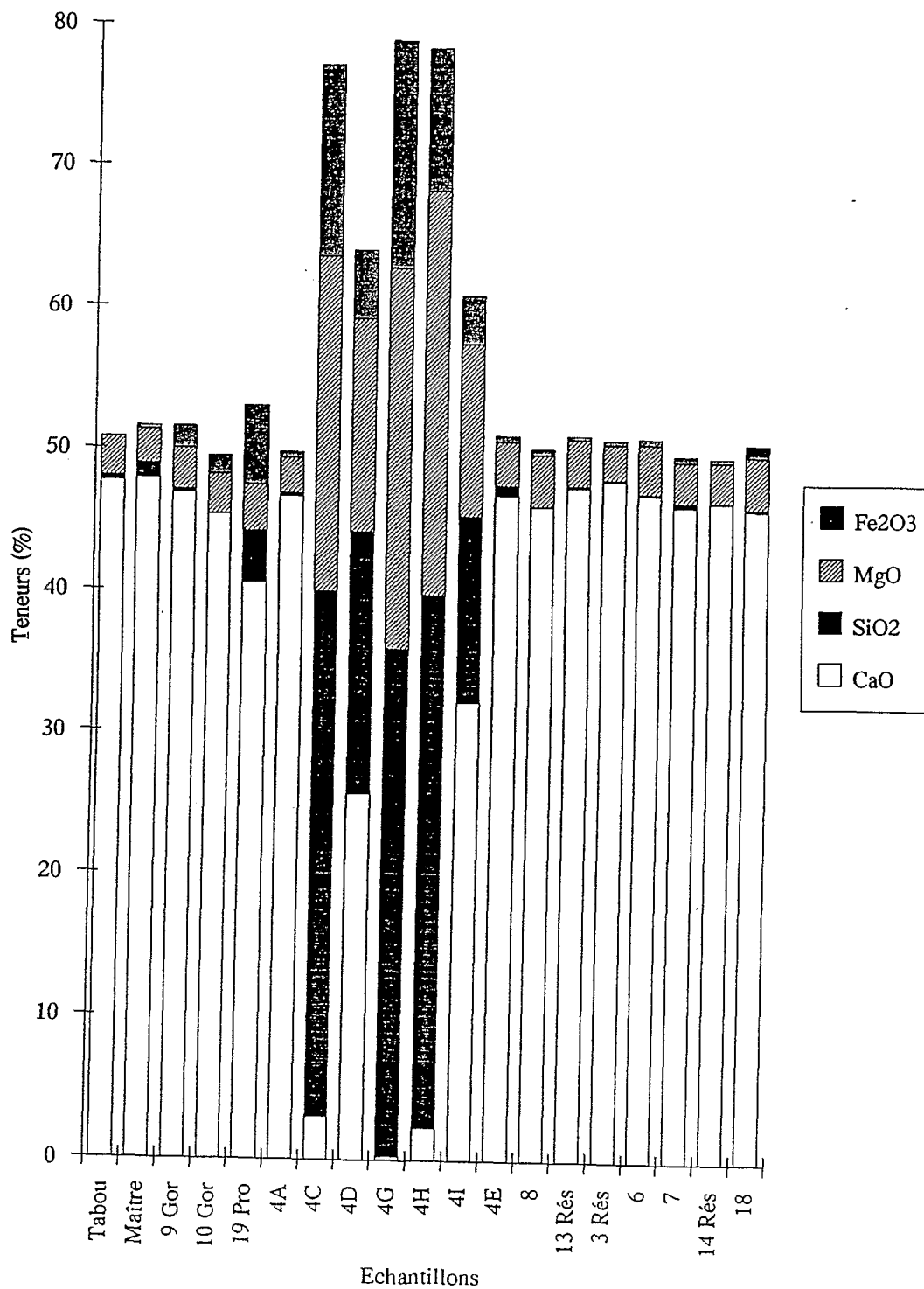


FIGURE 1.

Composition géochimique des prélèvements de sédiment (élt. mineurs)

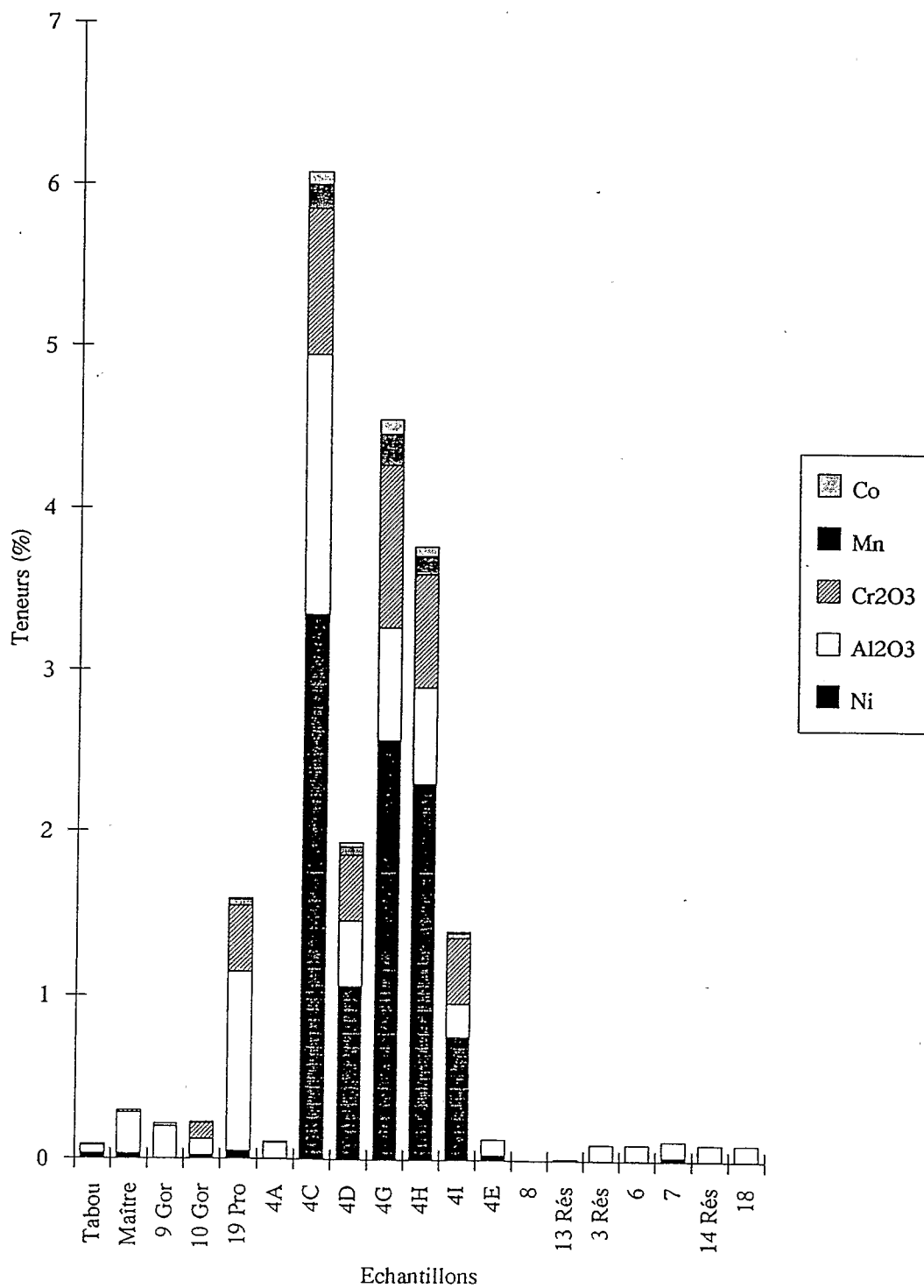


FIGURE 2.

n°	CaO	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	n°	Ni	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Mn	Co
Tabou	47.7	0.3	2.8	0	Tabou	0.03	0.05	0.01	0	0
Maitre	47.9	1	2.4	0.29	Maitre	0.03	0.25	0.02	0	0
9 Gor	46.9	0.2	2.9	1.57	9 Gor	0	0.2	0	0.02	0
10 Gor	45.4	0	2.8	1.29	10 Gor	0.02	0.1	0.1	0.01	0
19 Pro	40.6	3.6	3.3	5.58	19 Pro	0.05	1.1	0.4	0.04	0.01
4A	46.7	0.2	2.5	0.43	4A	0	0.1	0	0.01	0
4C	3	37	23.6	13.58	4C	3.35	1.6	0.9	0.15	0.03
4D	25.7	18.4	15	4.86	4D	1.06	0.4	0.4	0.03	0.03
4G	0.3	45.6	26.9	16.16	4G	2.57	0.7	1	0.19	0.09
4H	2.3	37.5	28.5	10.13	4H	2.3	0.6	0.7	0.11	0.06
4I	32.2	13.2	12.1	3.43	4I	0.76	0.2	0.4	0.03	0.01
4E	46.9	0.7	3.1	0.43	4E	0.03	0.1	0	0	0
8	46.1	0	3.7	0.43	8	0	0	0	0	0
13 Rés	47.5	0.1	3.3	0.29	13 Rés	0	0	0	0.01	0
3 Rés	48	0.1	2.5	0.29	3 Rés	0	0.1	0	0	0
6	47	0.1	3.5	0.43	6	0	0.1	0	0	0
7	46.2	0.3	2.9	0.43	7	0.02	0.1	0	0	0
14 Rés	46.5	0	2.9	0.29	14 Rés	0	0.1	0	0	0
18	46	0.1	3.7	0.86	18	0	0.1	0	0	0
	Eléments majeurs					Eléments mineurs				

Tableau 1.- Composition géochimique des échantillons