

**CAMPAGNE NODCO 2 :**  
**RECONNAISSANCE DE PLUSIEURS SITES D'ENCROUTEMENTS COBALTI FERES**  
**DANS LES TUAMOTOU (POLYNESIE)**

R. Le Suavé\*

\* Département DERO/GM - IFREMER - Centre de Brest, B.P. 70, 29263 PLOUZANE

**1. DESCRIPTIF SOMMAIRE**

La mission NODCO 2 s'est déroulée du 28 février au 24 mars 1987, dans l'archipel des Tuamotou (Polynésie Française).

Les participants à la mission étaient : pour l'IFREMER : R. Le Suavé (chef de mission), J. Guillaume, S. Monti, G. Pautot, B. Savoye, E. Le Drezen, J.P. Regnault, Ph. Saget ; pour GEMONOD : Y. Morel ; pour l'Université de Grenoble : J. Amossé ; pour le GIS UBO : C. Pichocki et pour l'Analytical Systems (USA) : C. Amerigian.

Opérations :

## \* travaux en route :

- sismique monotrAce rapide,
- seabeam + 3,5 kHz,
- magnétisme, gravimétrie.

## \* travaux sur sites :

- levé seabeam,
- levé partiel au SAR + 3,5 kHz (1 ou 2 profils suivant les sites),
- prélèvements par multicarottier pyrotechnique + caméra ponctuelle,
- dragages (19),
- 1 carottage Kullenberg,
- 1 prélèvement d'eau (à 3 niveaux).

**2. OBJECTIFS ET METHODES**

L'objectif principal consiste en l'étude de l'environnement structural, sédimentaire et morphologique des dépôts polymétalliques enrichis en cobalt de la Polynésie Française ; cette étude est orientée à moyen terme vers l'inventaire des ressources minérales potentielles.

Le secteur retenu pour cette campagne, à savoir le plateau des Tuamotou et ses limites, a déjà fait l'objet d'un ensemble de travaux de détail sur deux sites,

NIAU et ANAA (bathymétrie seabeam, 3,5 kHz, levé SAR, photographies du fond, prélèvements par drague). Les résultats alors obtenus (campagne NODCO 1, 1986), confrontés aux données disponibles dans la littérature, avaient permis de dégager les principaux guides d'exploration des encroutements cobaltifères :

- localisation dans une tranche bathymétrique voisine de 800 à 1 600 m ;

- hauts topographiques relatifs présentant un substratum induré ;

- absence de sédimentation pendant des périodes allant jusqu'à plusieurs dizaines de MA.

Compte tenu de ces éléments et du fait que la géologie structurale et sédimentaire des Tuamotou était relativement mal connue, on a défini une approche exploratoire permettant de préciser les hauts morphostructuraux majeurs de l'archipel, la distribution des bassins sédimentaires, leur extension et de circonscrire ainsi les secteurs susceptibles d'être le siège d'encroutements polymétalliques.

La stratégie de la campagne a été adaptée aux deux paysages géologiques alors identifiés :

- le prolongement nord de l'archipel des Tuamotou, s'étendant au-delà de MATAHIVA et correspondant à un ensemble de massifs volcaniques, préservés des apports sédimentaires d'origine péri-récifale ;

- le plateau des Tuamotou sensu stricto, avec ses alignements d'atolls et la perspective d'y rencontrer d'importantes accumulations sédimentaires, mais également des hauts topographiques dégagés de sédiments récents.

### 3. RESULTATS D'ENSEMBLE

#### 3.1 Aspects structural et sédimentaire

##### 3.1.1 Prolongement nord de l'archipel

L'effort particulier de reconnaissance, consenti sur le prolongement nord de l'archipel, à sa jonction avec la zone de fracture des Marquises, a permis, sur la base des données seabeam et sismique réflexion, de dresser une carte bathymétrique et structurale interprétative ; dans ce secteur, la mise en place des massifs volcaniques s'est opérée sous le contrôle de deux directions principales N 80E et N 150E. Dans l'hypothèse de la formation de l'archipel à partir d'un ou plusieurs hot spots, la direction N 150E serait celle selon laquelle le magmatisme initial se serait manifesté.

Les parties hautes des axes volcaniques ainsi identifiés sont pratiquement dépourvues de sédiments ; ceux-ci se sont accumulés soit dans des bassins suspendus sur le flanc de structures, soit dans des bassins séparant les axes structuraux.

##### 3.1.2 Le plateau des Tuamotou

En s'éloignant de l'ensemble décrit précédemment, on assiste à un allongement des structures volcaniques dans la direction de l'axe de l'archipel (N 120E) et les premiers atolls apparaissent ; les flancs de l'archipel se structurent et le volume du magmatisme augmente ; la façade sud, très abrupte, contraste avec la façade nord, dont le passage vers les bassins adjacents s'effectue par un ensemble de gradins parallèles à la direction principale de l'archipel ; sur cette façade nord, les mouvements gravitaires sont importants.

Le plateau sensu stricto est caractérisé par des accumulations sédimentaires de plusieurs centaines de mètres dont la géométrie est contrôlée par des courants de contour ; il est localement affecté par des effondrements récents.

La stratigraphie acoustique, calée sur le forage DSDP 318, a permis l'identification de deux discordances majeures à l'Oligocène Moyen et au Miocène Moyen ; l'existence de ces niveaux repères, que l'on retrouve dans la

plupart des bassins sédimentaires reconnus durant la campagne, pose avec un éclairage nouveau, le problème de l'origine de l'archipel ("hot spot" ou dorsale avortée) et de la chronologie comparée des dépôts et de l'époque d'édification du substratum basalitique.

L'extrémité sud-ouest du plateau, reconnue selon une coupe transversale, présente une pente générale vers le nord-est ; elle est affectée par une tectonique d'effondrement.

#### 3.2 Les dépôts polymétalliques

L'expérience acquise au cours de la campagne NODCO 1 (début 1986) en ce qui concerne les relations existantes entre les encroûtements polymétalliques, leur réponse acoustique (3,5 kHz) et leur environnement géologique ont rapidement permis d'identifier trois sites privilégiés pouvant faire l'objet de reconnaissances de détail : deux d'entre eux sont situés sur des hauts structuraux à la jonction du prolongement nord de l'archipel avec la zone de fracture des Marquises (sites 3 et 4, fig. 1), le dernier sur la bordure extrême sud-ouest du plateau (site 5).

Chaque site (voir exemple du site de MATAHIVA nord, fig. 2) a fait l'objet d'un levé seabeam + 3,5 kHz détaillé et d'un ou deux traits SAR ; les résultats obtenus sur la bathymétrie et ceux relatifs à la distribution des faciès acoustiques (substratum induré ou sédiment) ont permis la mise en place d'un ensemble de dragages et de profils photographiques du fond. Ces derniers ont été réalisés par une caméra travaillant en ponctuelle montée sur le châssis d'un multicarottier pyrotechnique (30 mini carottiers à percussion fonctionnant en programmé).

##### 3.2.1 La géochimie des dépôts

Tous les échantillons polymétalliques (nodules et encroûtements) prélevés sur les sites nouvellement découverts sont enrichis en cobalt ; cet enrichissement, du même ordre de grandeur que celui identifié au cours de la campagne NODCO 1 (sites de NIAU et ANAA) permet d'identifier une nouvelle province géochimique cobaltifère dans le Pacifique.

L'augmentation de la teneur en cobalt est contrôlée par 2 facteurs : la profondeur (les échantillons situés à faible pro-

fondeur sont les plus enrichis en cobalt) et la position dans l'échantillon (la partie corticale externe est enrichie au maximum).

L'origine des dépôts polymétalliques des Tuamotou est hydrogénétiq ue (travaux de C. Pichocki, Université de Strasbourg) bien qu'une influence hydrothermale locale ne soit pas à écarter (A. Kosakevitch, BRGM). En dehors des éléments absorbés à partir de l'eau de mer, la géochimie de ces concrétions peut subir l'influence d'apports externes comme les micrométéorites dont le profil géochimique, enrichi en platinoïdes, laisse entrevoir la possibilité de recyclage, dans un milieu chloruré comme l'eau de mer, de leur constituants chimiques élémentaires (J. Amossé, Université de Grenoble).

### 3.2.2 Signification géodynamique

L'étude pétrologique et géochimique fine des concrétions polymétalliques et du substrat sédimentaire du site de NIAU d'une part, et l'interprétation des données sismiques collectées sur le même site au cours de NODCO 2 d'autre part, montrent que ces dépôts sont de véritables séries géologiques condensées de 40 Ma ayant enregistré de façon simultanée des événements géodynamiques et climatiques d'échelle régionale et globale (C. Pichocki).

### 3.3 Aspect ressource minérale

La régionalisation des faciès acoustiques 3,5 kHz sur les sites reconnus ainsi que les données SAR calibrées par photographie du fond et prélèvements, ont permis de préciser l'extension des zones minéralisées ou susceptibles de l'être ; l'épaisseur de la minéralisation (plusieurs cm) ainsi que les teneurs moyennes en cobalt (3 à 5 fois celle des nodules des bassins profonds) permettent d'affirmer qu'il existe un potentiel de ressource en cobalt en Polynésie Française.

### 3.4 Bibliographie

AMOSSE J. (1987)

Etude géochimique de la répartition du platine dans les nodules et les encroûtements polymétalliques océaniques (campagne NODCO 1).

Rapport du contrat IFREMER

86/2/41077.

AMOSSE J. (1988)

Etude de la répartition des platinoïdes dans les nodules et encroûtements cobaltifères du plateau des Tuamotou (campagne NODCO 2).

Rapport du contrat IFREMER  
87/2/410 248

JANIN M.C. (1985)

Les empreintes de nannofossiles calcaires cénozoïques des concrétions polymétalliques du Pacifique Central (Archipel des Tuamotou).

Revue de Micropaléontologie,  
Vol. 28, n° 2, pp. 125-137.

JANIN M.C. (1985)

Biostratigraphie des concrétions polymétalliques de l'archipel des Tuamotou fondée sur les nannofossiles calcaires.

Bulletin de la Société Géologique de France, Vol. 1, n° 1,  
pp. 79-87.

JANIN M.C. (1987)

Micropaléontologie des concrétions polymétalliques du Pacifique central - zone Clarion Clipperton, chaîne Centre Pacifique, Iles de la Ligne et archipel des Tuamotou (Eocène et Actuel).

Thèse d'Etat - Mémoire de la Société Géologique de France,  
n° 152, p. 315.

KOSAKEVITCH A. (1987)

Etude d'encroûtements et nodules cobaltifères dans leur environnement géologique en Polynésie Française.

Rapport de contrat IFREMER  
86/2/410 181.

KOSAKEVITCH A. (1988)

Encroûtements polymétalliques des Tuamotou (Polynésie Française) et indices d'un hydrothermalisme sous-marin.

Rapport de contrat IFREMER 87/2/410 364

LE SUAVE R. (1986)

Rapport préliminaire de la campagne NODCO 1 (1ère partie), 5/02 au 10/02/1986.

Rapport interne IFREMER.

LE SUAVE R., PAUTOT G. (1988)

La terminaison nord-ouest de l'archipel des Tuamotou. RST Lille, avril 1988.

LE SUAVE R. (1988)

Résultats préliminaires de la campagne NODCO 2.  
Rapport interne IFREMER

LE SUAVE R. (1988)

Campagne NODCO 2 - Recueil des coupes sismiques  
Document interne IFREMER

PAUTOT G., MONTI S. (1974)

Carte bathymétrique du Pacifique Sud (1/100 000). Feuilles Tahiti, Marquises, Hao, Muroroa, Raroïa.

Publications CNEXO.

PAUTOT G. (1975)

Analyse structurale de l'archipel des Tuamotou : origine volcano-tectonique.

3<sup>ème</sup> colloque des Sciences de la Terre, Montpellier, p. 288

PAUTOT G. (1975)

Les nodules cobaltifères de la

Polynésie Française.  
DEA, Université de Bretagne Occidentale

PICHOCKI C., HOFFERT M. (1985)

Quelques caractéristiques de l'environnement géologique de nodules et d'encroûtements cobaltifères prélevés en Polynésie Française.

Rapport de contrat IFREMER 85/2/410 353.

PICHOCKI C., HOFFERT M. (1987)

Etude d'encroûtements et nodules cobaltifères dans leur environnement géologique en Polynésie Française.

Rapport de contrat IFREMER 86/2/410 181

#### 4. RESUME EN ANGLAIS

The Tuamotou archipelago is one of the most important mid plate volcanic structure ; it is considered by different authors as a potential area for the occurrence of cobalt rich ferromanganese crusts.

The existence of these deposits usually located between 800 to 1 600 m of water depth is conditioned by the existence of an indurated substrate (volcanic rocks, consolidated sediments) and the lack of sedimentation during several million years.

Those two main conditions, encountered previously on the two sites surveyed during NODCO 1 cruise (1986) have brought to extend the exploration to the whole plateau of the Tuamotou archipelago and to the northern extension of the plateau, in the vicinity of the Marquisas F.Z.

A detailed seismic and seabeam survey carried out on the northern extension of the plateau has brought to the identification of topographic highs along two main structural directions N 80E and N 150E. In this area, two sites have been surveyed with seabeam, 3,5 kc, and SAR side looking sonar ; in addition, dredging and bottom photographs survey have

been performed.

A third site, located at the south western limit of the plateau has been surveyed in the same way.

For all the polymetallic crusts sampled dredged between 1 600 and 600 m, we confirm the enrichment in cobalt as a depth function ; the increase in cobalt content is maximum at the outer part of the samples.

## 5. PUBLICATIONS

LE SUAVE R. et al. (1988)

Geological study of cobalt rich ferromanganese crusts located on a submerged atoll in the Tuamotou archipelago.

Marine Geology (sous presse).

KOSAKEVITCH A. (1988)

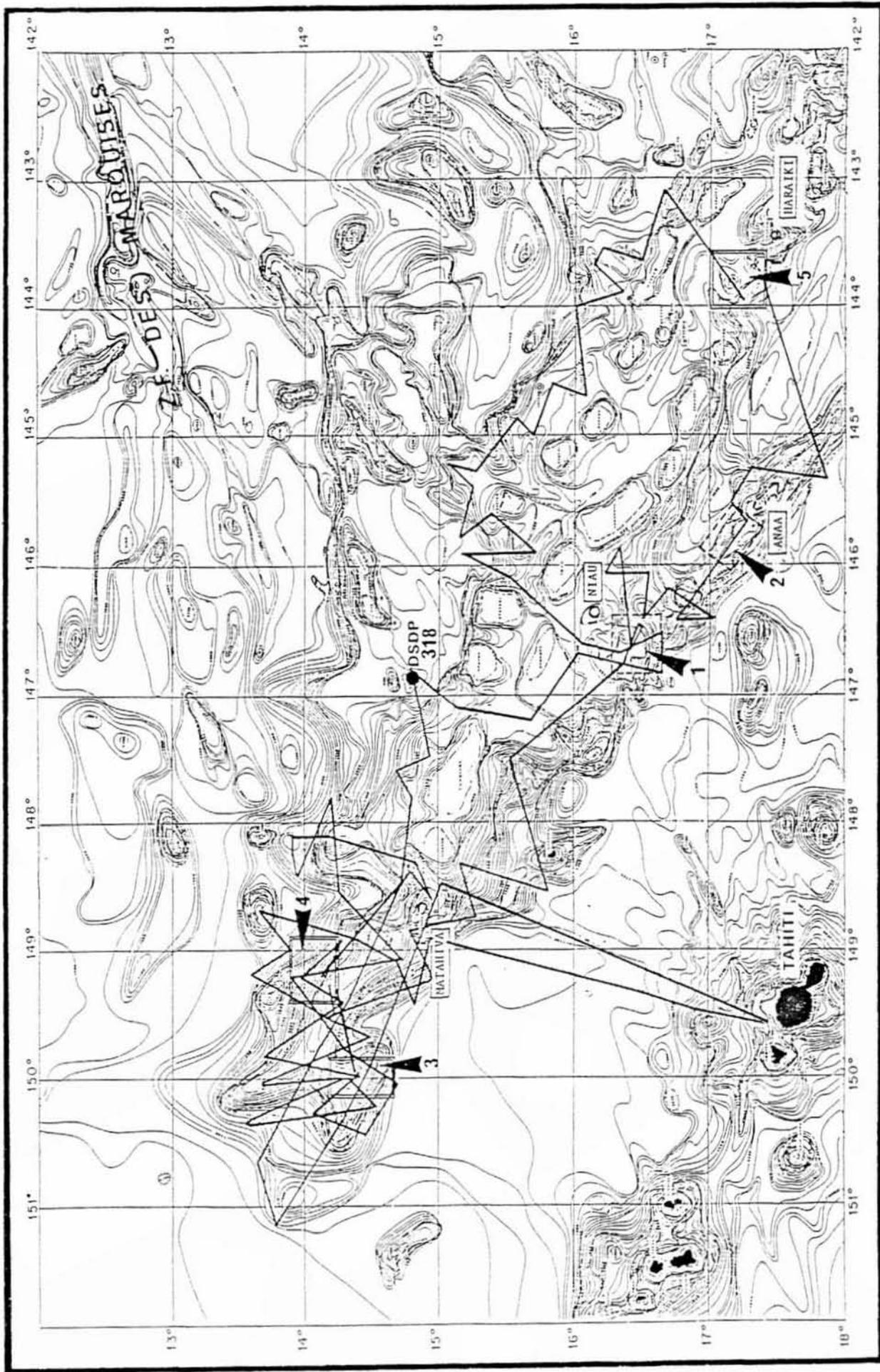
Présence de sphérules cosmiques ferro-nickelifères à platinoïdes dans un encroûtement polymétallique sous-marin des Tuamotou (Polynésie Française).

C.R. Académie des Sciences, t 305, série II, pp. 105-108.

PICHOCKI C. (1987)

Les encroûtements ferromanganesifères enrichis en cobalt du Pacifique Sud. Caractéristiques, genèse et signification géodynamique.

Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale.



(bathymétrie : S. Monti et G. Pautot, 1974)

Fig. 1. Plan général de la campagne Nodco 2.  
 3 : zone Mata-Hiva Nord-Ouest  
 4 : zone Mata-Hiva Nord  
 5 : Zone Haraïki  
 (les zones 1 et 2 - Niau et Anaa - ont été reconnues en 1986, Campagne Nodco 1).

