

西南太平洋新喀里多尼亚洛亚蒂 盆地的现代沉积作用

刘家铎

(成都地质学院沉积学研究所)

提要 洛亚蒂盆地沉积物是棕黄色软泥和生物碎屑砂。它们有5个来源:新喀里多尼亚堤礁、深海生物群落、浮游生物群体和火山碎屑。沉积物由浊流和半深海沉积物的互层组成,可以通过粒度分析,矿物成分和生物碎屑的分析将两者加以区分。

通过对蒂奥和利富之间的岩心的研究,认识到在蒂奥水道对面,分布着一个展布广阔,但幅度很小、延伸50km的海底扇。

关键词 蛇绿岩 浊流 半深海沉积物 海底扇 堤礁 沉积环境

作者简介 刘家铎 男 40岁 副教授 沉积学

1985年8月,巴黎国家科研中心及里昂大学组织了对新喀里多尼亚(New Caledonia)斜坡、洛亚蒂(Loyalty)斜坡和洛亚蒂盆地的海上勘探,其目的是分析生物及现代沉积物,以便根据不同深度的生物、地层和物源碎屑重建沉积环境。笔者也参加了这项工作。

笔者沿着新喀里多尼亚斜坡及洛亚蒂斜坡测绘出了海底地形图。测绘的水深剖面能够准确地确定出取样位置。海底取样是沿着南西-北东方向,即从新喀里多尼亚的蒂奥(Thio)到利富岛(Lifou Island)的剖面进行的。箱状岩心和活塞式岩心的岩类学研究、粒度分析和矿物学研究,证实了陆地沉积作用中所起的重要控制作用。这些分析揭示了外部周期性的控制,也是作岩心分析及盆地分析的基础。

一、概况

1.地理位置

洛亚蒂盆地是个长1300km,宽100-200km的狭长海盆。被两个岛分开:西部是新喀里多尼亚、东部是洛亚蒂火山岛链。新喀里多尼亚沿北西-南东方向展布400km,宽40-50km。

2.构造背景

新喀里多尼亚和洛亚蒂盆地位于澳大利亚大陆及新赫布里底(New Hebrides)火山岛弧之间。这个地区强烈的地震活动及火山活动显示了板块构造的强烈运动。在新赫布里底即Vanuatu(瓦努阿图),印度-澳大利亚板块俯冲于太平洋板块之下;相反地,在汤加-克马德克(Tonga-Keimadec),太平洋板块俯冲于印度-澳大利亚板块之下。

新喀里多尼亚及洛亚蒂岛链的这一特别构造位置无疑解释了下列正在扩展的构造:

1. 平行于新喀里多尼亚西岸及东岸的断层;

2. 在印度-澳大利亚板块俯冲于新赫布里底海沟之前形成了 250km 宽的岩石圈的隆起。这一隆起标志洛亚蒂岛的存在, 并且证明这一环礁的隆起幅度可达 140m。

3. 地质简况

新喀里多尼亚岛由二叠纪到第四纪的超基性岩、沉积岩、变质岩和火山岩组成。

超基性岩主要由面积占岛三分之一的方辉橄榄岩组成。它们代表了由构造作用形成的蛇绿岩, 后来受到强烈的蛇纹石化作用。根据 Paris (1981) 的假设, 这些蛇绿岩是在晚始新世由东北方向俯冲于二叠纪到始新世地层之上, 以后, 蛇绿岩遭到强烈的侵蚀, 构造运动、褶皱作用导致了新喀里多尼亚轴部的隆起及四周边缘的下陷。第四纪时, 堤礁围绕着新喀里多尼亚发育起来, 形成了宽 10—15km 的泻湖。

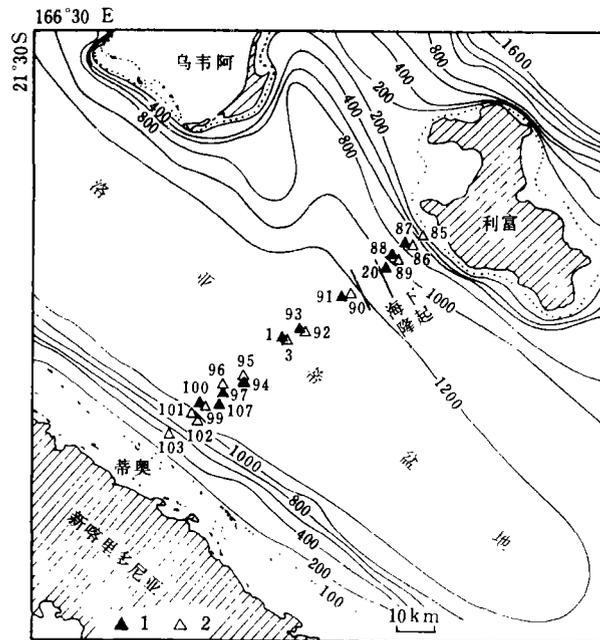
洛亚蒂岛为碱性玄武岩构成的火山岛链, 它是洋间或岛弧的岩浆作用的证据。生物礁发育于玄武岩之上, 最老的年代为晚中新世。

4. 洛亚蒂盆地的地形

(1) 斜坡地形

两个海底地形图揭示了盆地两侧的斜坡地形。

1. 西南斜坡宽 15km, 斜坡平均坡度 7.5° 。陡坎和平台相当于北西-南东向断层, 发育有比较狭小的北东向深海沟。



1. 活塞式岩心; 2. 箱状岩心

图 1 洛亚蒂盆地的取样位置

Fig. 1 Location of the cores in the Loyalty Basin

②东北斜坡位于利富岛坡脚，地形极不规则，斜坡平均 5.3°，上部达 11.5°，这与剖面上很陡的斜坡是一致的。较宽敞的深海沟处于斜坡的下部边缘。

(2) 盆地底部地形

沿蒂奥—利富剖面由 3.5kHz 的声波探测仪记录的详细资料绘制而成的剖面上，两个地貌上的小突起标志着盆地与两侧斜坡的界限。北北西—南南东向海底隆处于盆地中部。它有十几公里宽，并且高出周围 400m，向南很快消失，可能标志乌韦阿岛 (OuV'ea Island) 与利富岛之间的断层。

5. 深海取样

由 22 个观测站采取了不同的样品 (图 1)。岩心的最大深度为 2500m。

(1) 用箱状取样器取的样品体积为 50cm × 50cm × 40cm。

(2) 活塞式取样器取的样品长为 9m，直径为 6cm。

二、岩心研究

在洛亚蒂盆地的现代沉积作用中，浊流起着重要作用。自 50 年代以来，众多的沉积学者对浊流进行了详细的研究，但他们主要集中在对鲍马层序底部粗粒浊积物的研究上。本文试图重点研究浊流沉积物的顶部即鲍马层序的 E 层以及上覆半深海沉积物的下层。由于它们的粒度非常细，以及生物扰动作用非常强烈，要把它们区别开是非常困难的。

不同岩心之间的相互关系表示于图 2。

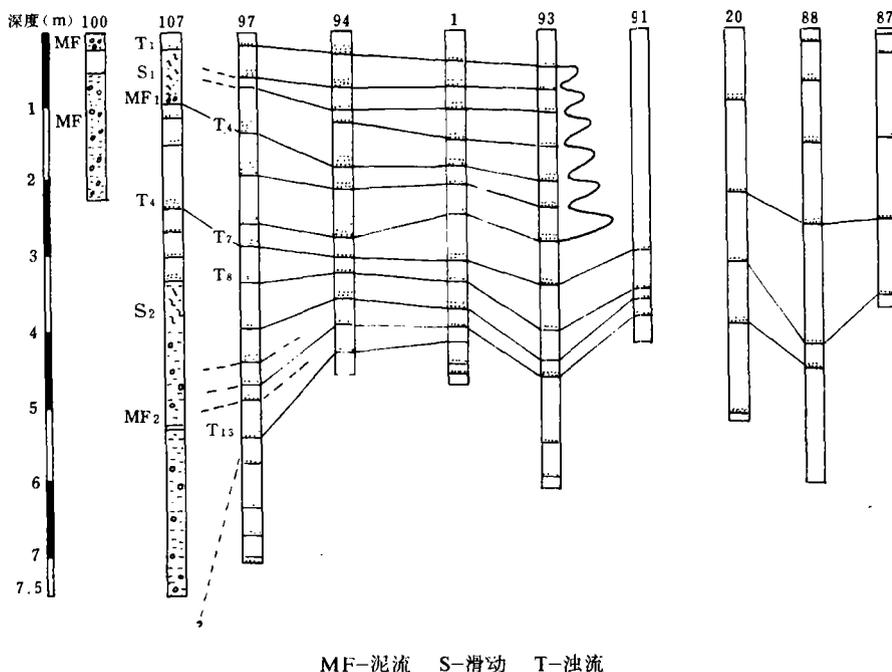


图 2 洛亚蒂盆地活塞式岩心之间的联系

Fig. 2 Correlation of the piston cores in the Loyalty Basin

岩心 100 和 107 采自新喀里多尼亚斜坡的坡脚，泥流在岩心中占主导地位。在岩心 107 中存在 6 个浊流层序。

洛亚蒂盆地的其它 8 个岩心由浊流层序及半深海沉积物的互层组成，它们的厚度由南西向北东变化。

1.近源浊流层序 (岩心 97, 图 3)

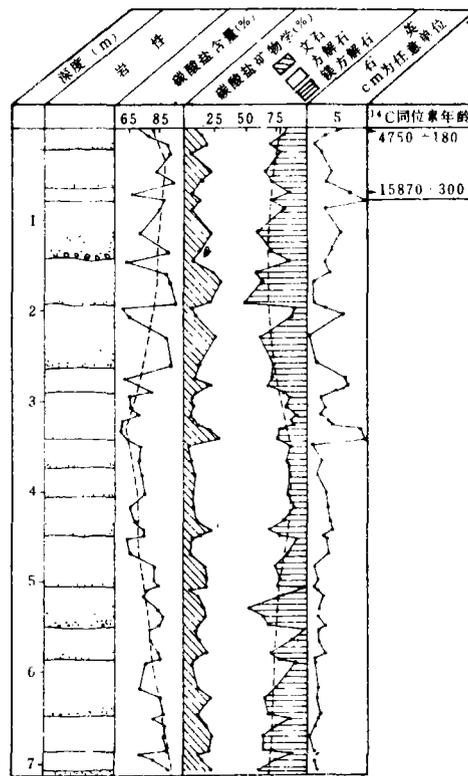


图 3 岩心 97 中碳酸盐含量、碳酸盐矿物学和石英的变化

Fig. 3 Variation of the carbonate content, mineralogy and quartz in core 97. For quartz occurrence, cm is an arbitrary unit. Dashed lines: long-term variation

采自新喀里多尼亚斜坡 9km 的 97 号岩心共有 17 个浊流层序。这 17 个浊流层序很容易被每个浊流层底部的粗砂和冲刷痕分开。

对第 8 浊流层序分成 12 细层进行了分析。通过对碳酸盐含量、碳酸盐成分以及粒度分析和中值分析，可以看出这些参数的变化在 18-25cm 之间 (图 4)。这个界面代表了浊流和半深海沉积物的分界面。

图 4 中文石百分含量的变化标志着文石在垂向上稳定地递减，反映出翼足类在浊流底部较为丰富。

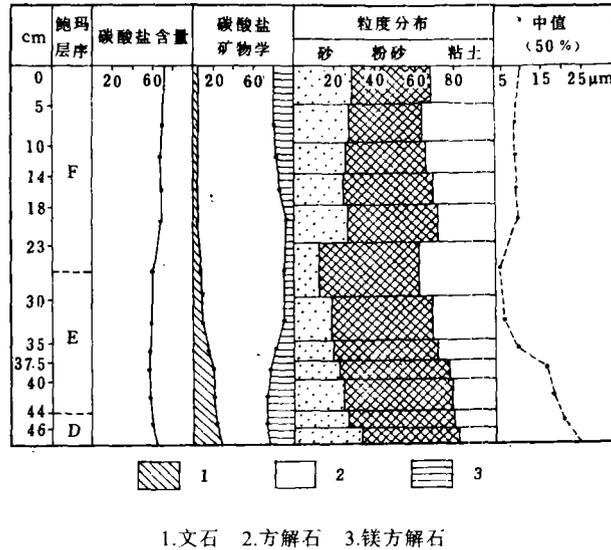


图 4 岩心 97 第 8 浊流层的粒度参数, 碳酸盐矿物学及含量的变化
 Fig. 4 Variation of grain size, mineralogy and carbonate content of the T₈ turbidity flowage layer (core 97)

高镁方解石在浊流层序中由下向上减少, 表明底栖有机体的含量下降。这些底栖有机体或是来自碳酸盐台地, 或是来自深海群落 (有孔虫、棘皮动物)。高镁方解石在半深海沉积物中百分含量的再增加, 说明在浊流之后, 一些底栖生物又重新扎根于海底。

浮游有孔虫最大数量地集中于浊流的顶部。这一观察与希曾 (Heezen, 1962) 报道的现象是一致的。这一现象解释了象浮游有孔虫这样非常轻的生物沉积于浊流的末期。

图 3 中的碳酸盐含量和镁方解石勾画出两个大的平行的旋回, 这两个旋回的界限与浊流第 8 层的底界一致。这一演化界面揭示出碳酸盐相不只是来自于浮游生物, 也必然包含一部分生物礁的碎屑。

石英和文石的演变特征也反映出韵律性的变化。浊流第 8 层可以看作是一种标志层, 它是碳酸盐含量和镁方解石含量逐渐增加的开始, 也是石英和文石急剧增加的开始。这个现象是与碳酸盐供给数量的多少和到达盆地的崇源碎屑的多少有关的地质事件紧密相关的。

2. 远源浊流层序

岩心 91 是这个沉积物的类型, 采自离新喀里多尼亚斜坡 50 多公里的地方, 靠近盆地的海下隆起。岩心中, 浊流层序变得最薄, 相反, 半深海沉积物变得最厚。对于第 8 浊流层序的延伸, 笔者根据分析岩心 97 的方法来确定浊流与半深海沉积物的界限 (图 5)。

半深海沉积物与浊流沉积物厚度的比例是 3.3, 而对应的岩心 97 第 8 浊流层是 1.1, 这个比值向东北方向增加, 是由于浊流层厚度变薄 (岩心 97 第 8 浊流层厚 22cm, 岩心 91 第 2 浊流层厚 10cm)。说明岩心 97 第 7 浊流层具有更大的侵蚀能力, 它侵蚀了第 8 浊流层顶部的半深海沉积物。

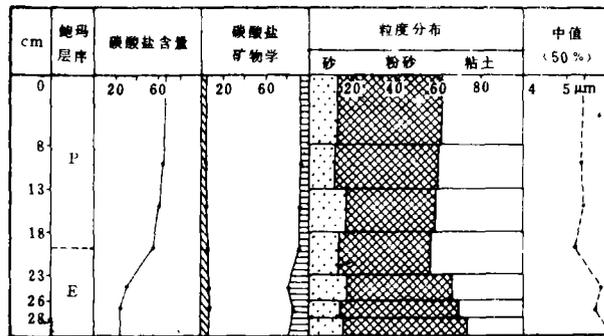


图5 岩心91第2浊流层的粒度参数、碳酸盐矿物学及含量的变化

Fig. 5 Variation of grain size, mineralogy and carbonate content of the T₂ turbidity flowage layer (core 91)

砂、粉砂和粘土的比例在变化, 粒度中值变化于5和6 μm , 而岩心97第8浊流层的粒度中值是5–25 μm 。

碳酸盐含量, 文石、砂、粉砂和粘土的比例和粒度中值的变化与岩心97第8浊流层是一致的。相反, 镁方解石在顶部半深海沉积物中并没有增加。岩心91第2浊流层含有较少的碳酸盐, 这可以用含有大量的火山物质加以解释。

3. 浊流层底部生物碎屑砂成分的侧向变化

新喀里多尼亚陆坡脚, 岩心97第8浊流层底部含有1–8%的底栖有孔虫和1–1.5%的苔藓虫碎屑。稍远一些, 岩心01第9浊流层底部只含0.7%的底栖有孔虫, 而苔藓虫碎屑消失。靠近盆地中部的岩心91第2浊流层中, 只含0.3%的底栖有孔虫, 而浮游有孔虫可达96%以上。这些观察都说明在新喀里多尼亚斜坡和盆地中部的海底隆起之间发育有一个海底扇。

4. 浊流E层和半深海沉积物F层粘土矿物成分的比较

粘土矿物的相对含量百分数是根据乙二醇处理后所得x射线衍射曲线的主要峰值的高度来量出的: 蒙皂石14 \AA , 伊利石10 \AA 、高岭石(蛇纹石)7.15 \AA 和3.58 \AA , 绿泥石7.07 \AA 和3.54 \AA 。

以岩心97第6浊流层为例, 浊流E层和半深海沉积物F层都由上述4种粘土矿物组成, 但它们的百分含量是不同的。根据x射线衍射分析, 半深海沉积物含绿泥石29%, 蛇纹石12%、伊利石27%和蒙皂石32%。浊流E层含绿泥石39%, 蛇纹石17%, 伊利石24%和蒙皂石20%。

三、沉积地质体的重建

1. 浊流和半深海沉积物的区别

这个问题吸引了众多沉积学者的注意, 但多年来没有很好地解决。近年来也有一些文章

涉及这个问题, 代表作是英国和加拿大学者斯托和派珀 (Stow and Piper, 1984) 对于细屑浊积岩的研究, 但他们并没有完满地解决这个问题, 事实上, 浊流层上部与半深海沉积物用肉眼是不可分的, 只是偶尔在颜色上稍有区别, 生物扰动更使得它们之间的界限变得十分模糊。对于这个界限的认识和研究, 对现代和古代盆地分析, 对地质体以及对于沉积速率的研究都是非常重要的。

在洛亚蒂盆地, 笔者试图应用粒度分析, 碳酸盐含量分析及矿物成分分析等方法, 区分浊流层序顶部 E 层和半深海沉积物 (F 层), 它们的主要区别列于下表。

表 1 鲍马层序顶部 E 层和上覆半深海沉积物 F 层的区别表

Table 1 Difference between the E division of the Bouma sequence and the overlying hemipelagites (F division)

特征	浊流 E 层	半深海沉积物
颜色	变化大	有时稍浅于浊流的颜色
生物扰动	没有, 或只在最上部	频繁, 有时非常强烈
粒度	很细	很细, 但比浊流 E 层的粒度稍粗些
构造	均质的	均质的
粘土矿物成分	含有较多的绿泥石和蛇纹石, 较少的伊利石和蒙皂石	含有较少的绿泥石, 较多的伊利石和蒙皂石
生物碎屑成分	顶部存在一个含有最丰富的浮游有孔虫的层, 含有 很多异地搬来的生物碎屑	含有很多浮游有孔虫, 但比浊流顶部的浮 游有孔虫少些
碳酸盐含量	50-80%	有时碳酸盐含量大于浊流 E 层的碳酸盐含量

2. 蒂奥海底扇的重塑

通过对岩心的研究, 以及沿着蒂奥—利富钻探剖面对岩心之间相关关系的研究, 可以初步确定在蒂奥和盆地中的海底隆起之间的地质体。由蒂奥水道搬运来的大量粘土矿物和陆源砂, 展布着一个很广阔但幅度很小的海底扇, 延伸 50km 左右。形成海底扇的陆源物是由数条水道供给的。这些水道连接着毗邻的主要海底峡谷出口 (位于斜坡底部 2300m 处), 朝向上游的锯齿状缺口由海底地形线 2350m 勾画出来 (图 6)。这些水道穿过分布于 2300m 和 2350m 之间的沉积突出体 (由滑动和泥流形成)。朝向下游, 至少有两条水道延伸到钻孔 107, 97 和 94, 在这些岩心的浊流层序中都发现有粗砂和浊流底部的冲刷痕。

蒂奥海底扇在近源部分由滑动、泥流和浊流构成, 然后类似沃克 (Walker) 模式, 分成若干个小舌状体。在海底扇的中部 (岩心 01 和 93), 浊流层序底部为细砂, 只有粉砂才到达远源的岩心 91 的浊流层底部。

这个海底扇由浊流和半深海沉积物的互层构成, 这些半深海沉积物向盆地方向逐渐增厚, 它们刻划出了一个陆源物供给不足的海底扇, 它们也使得扇舌的向上变厚的浊流层序的鉴别变得困难起来。

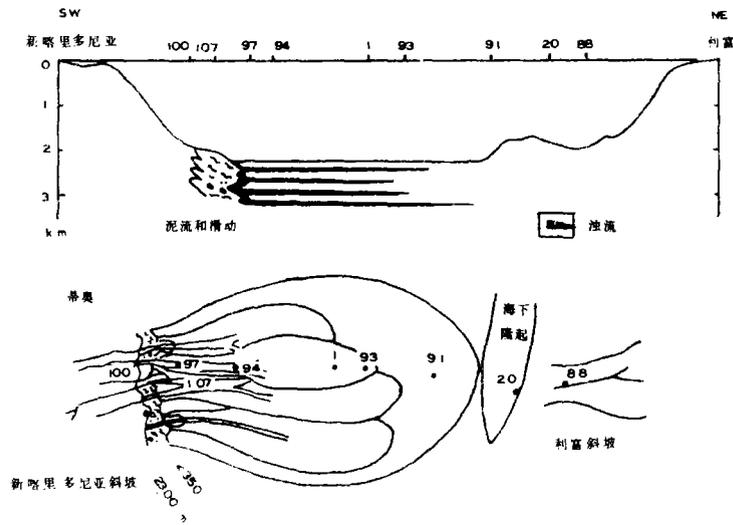


图6 根据法克 (Walker, 1978) 改编的蒂奥海底扇

Fig. 6 The submarine fan of Thio (adapted from Walker, 1978)

结 论

1. 洛亚蒂盆地的沉积物有 5 个来源:

- 粘土、石英和重矿物等陆源物质绝大部分来源于新喀里多尼亚;
- 藻、苔藓虫、底栖有孔虫的碎屑和台地周围的软泥来自生物礁;
- 颗石藻、有孔虫和翼足类来源于海洋的表层;
- 部分生物碎屑来自于深海底栖群落;
- 火山来源的碎屑物质。

2. 浊流和半深海沉积物在肉眼上是不可分的, 但根据粒度分析, 碳酸盐含量和矿物成分分析, 可以把它们区别开。

3. 可识别两种不同的沉积作用:

- 浊流沉积作用出现于盆地各处, 并构成了蒂奥海底扇;
- 半深海沉积作用在垂向上和横向上都与浊流沉积作用交替出现。

4. 在蒂奥水道对面, 分布着一个展布很广但幅度很小的海底扇, 这是一个陆源物供给不足, 形态较为特殊的海底扇。

收稿日期: 1990年6月1日

参 考 文 献

1. Biouin G. et Recy J. 1982. Travaux et documents de l'orstom, No. 147. p.509-539

- (2) Hesse R., 1975, *Sedimentology*, V.22, p.387-416.
- (3) Liu Jiaduo et Cotillon P., 1987, Principaux aspects de la sédimentation actuelle et récente dans le bassin des Loyauté, le long du transect Thio-Lifou (Nouvelle-Caledonie, SW Pacifique), 1er Congr. Franc. de sedim., Paris, p.229-230.
- (4) Liu Jiaduo and Cotillon P., 1989, *Marine Geology*, V.87, p.207-226.
- (5) Liu Jiaduo, 1988, Sédimentation actuelle et récente dans le bassin des Loyauté entre Thio et Lifou (Nouvelle-Caledonie, Pacifique Sud-Ouest), These de Doctorat, Université de Lyon1, France.
- (6) Stow D. A. V. and Piper D. J. W., 1984, Fine-grained sediments: Deep-water processes and facies, Geological Society Special Publication, N° 15, P.659.
- (7) Walker R. G., 1978, *A. A. P. G. Bull.*, Vol. 62 / 2, p.932-966.

Modern Sedimentation in the Loyalty Basin Along the Thio-Lifou Profile (New Caledonia, SW Pacific)

Liu Jiaduo

(Chengdu College of Geology)

Abstract

The Loyalty Basin, northeast of new Caledonia, is about 100km wide and 2350m deep in the transect between Thio (New Caledonia) and the island of Lifou. It is bounded to the southwest by New Caledonia and its surrounding barrier reef and to the northeast by the barrier reef of the Loyalty Ridge. Lifou Island, a raised atoll, is an emerged part of the Loyalty Ridge.

The sediments cored in the Loyalty Basin during the BIOCAL mission in 1985 are bioturbated and composed of an alternation of turbidites and hemipelagites. The hemipelagites are brownish muddy oozes to calcareous muds; the turbidites are composed of sandy and silty oozes capped transitionally with muddy oozes. The hemipelagite and the Te division of the Bouma sequence have different characteristics but are not located in the core. However, they can be distinguished by carbonate composition and grain size.

All the sediments originate from five sources: (1) New Caledonia (quartz, clay and heavy minerals), (2) the barrier reef (fragments of algae, madreporarian corals, foraminifera and mud of the periplatform), (3) plankton (foraminifera, coccoliths and pteropoda), (4) the bathyal community and (5) pyroclastic fragments.

Turbidites, distributed in cores between Thio and Lifou, constitute a low-profile submarine fan fed by the main canyons of the slope opposite the Thio Pass. The fan developed from a rim of slumps and mud flows located near the base of the slope. The fan extends 50km toward the northeast as far as the tectonic Levi Ridge. The hemipelagites are predominant beyond this ridge.