

Origine géologique et description d'un Atoll

par

J.-P. Baillard

Représentant du Commissariat à l'énergie atomique et du Service des affaires maritimes de la Polynésie française.
Avec la participation de MM. Demange et Granger.

Cet article est une synthèse des connaissances les plus récentes qui ont été acquises dans le monde et des travaux des géologues en particulier MM. Demange et Granger.

On peut compter dans le monde plus d'un millier d'atolls ou de récifs coralliens (fig. 1) répartis entre les deux tropiques. On dénombre dans la zone Indo Pacifique environ 300 atolls "vrais" au sens de la définition de M. J. Newhouse:

"Un atoll est un récif vivant séparé de la terre la plus proche d'origine volcanique par des eaux d'une profondeur supérieure à celle à laquelle peuvent vivre des coraux hermatypiques."

Constitution d'un atoll

D'une façon générale dans tout l'océan Pacifique, les atolls sont constitués par la superposition de deux ensembles de formations différentes: un volcan qui est né sur le fond de l'océan et a poussé jusqu'à émerger plus ou moins à la surface, un récif corallien qui a pu se développer dès qu'il a rencontré un milieu favorable, c'est-à-dire des fonds entre 0 et 50 m dans des eaux propres et aérées.

Nous allons suivre les différentes étapes de la construction de cet atoll et étudier dans quel contexte il a pu se développer: variation du niveau de la mer

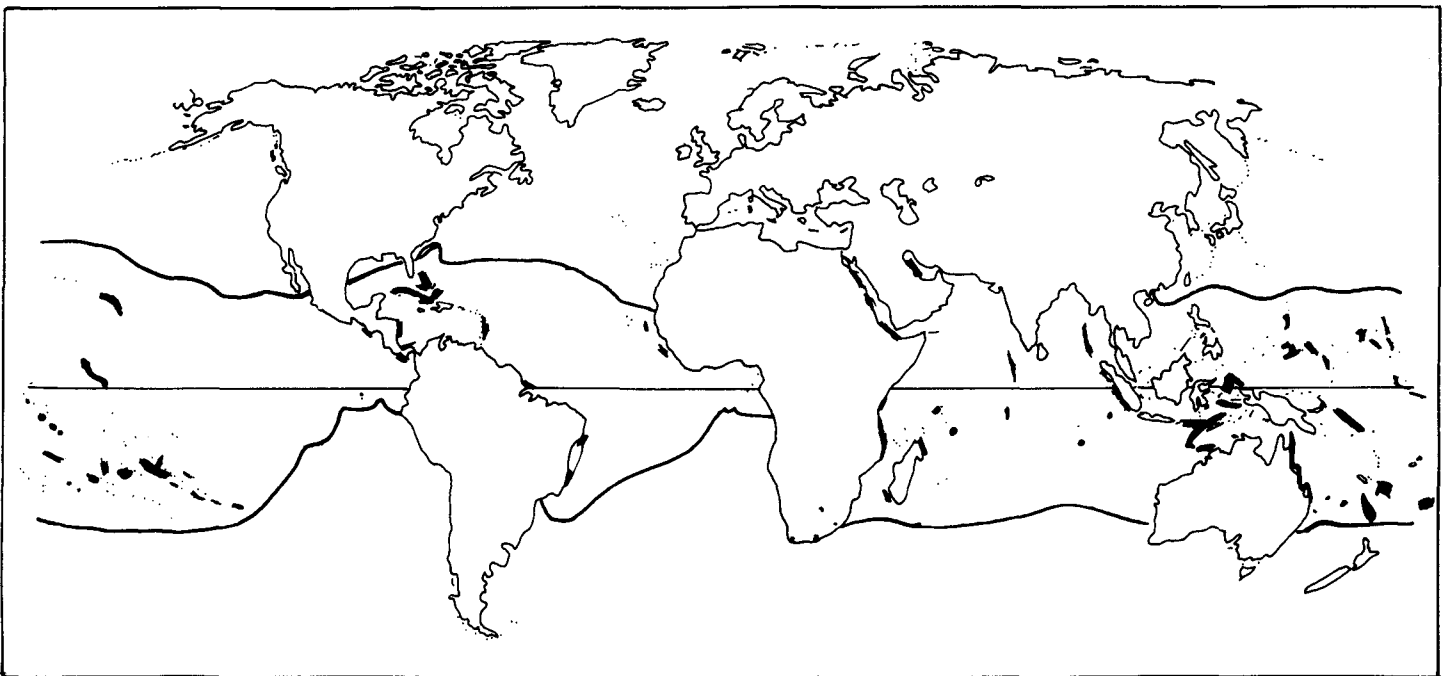


FIG. 1. Les récifs coralliens sont situés dans la zone intertropicale.

au cours des temps géologiques, déplacement du fond des océans, mode de formation de ce type de volcan.

Le volcanisme

L'atoll a pris naissance sur des fonds océaniques relativement plats entre 4.000 et 4.500 m. A la suite d'anomalies profondes du manteau et de contraintes tectoniques dont nous discuterons plus loin, des fractures se sont ouvertes permettant la remontée de lave qui s'est écoulée sur le fond (Fig. 3). L'activité s'est poursuivie pendant un certain temps construisant des appareils alignés le long des fissures (Fig. 4 et 5) ou plus ponctuels. Les coulées se sont accumulées pour former un volcan tronconique appelé guyot (Fig. 6). Il a un toit en très légère dépression sans que l'on distingue de cratère. L'alimentation des coulées en laves se fait par des filons verticaux nommés dykes qui ont une position, soit rayonnante dans l'appareil, soit parallèle aux fissures ayant donné naissance au

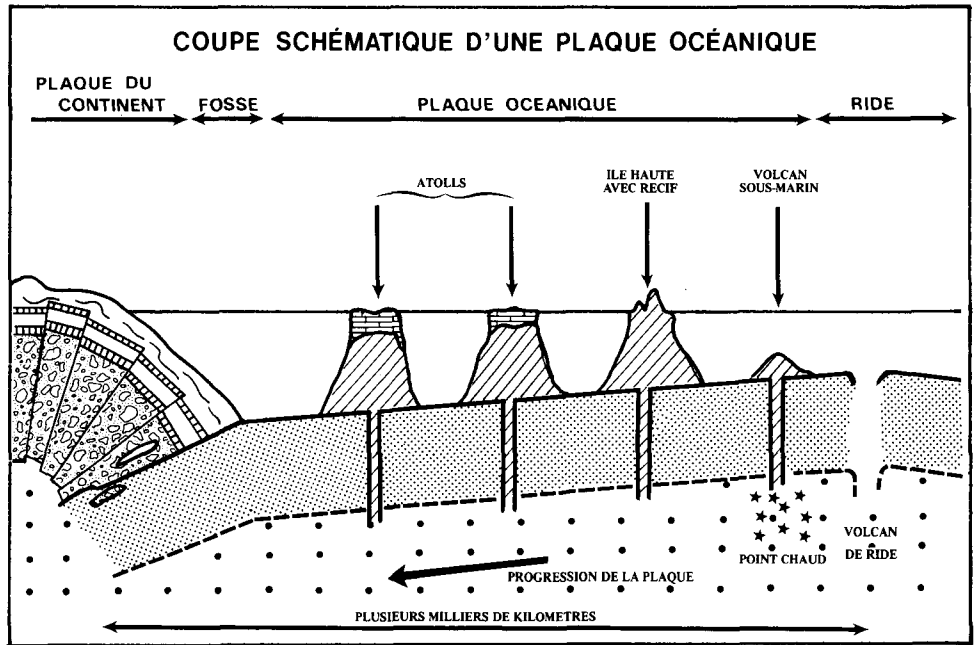


FIG. 2. Coupe schématique d'une plaque océanique.

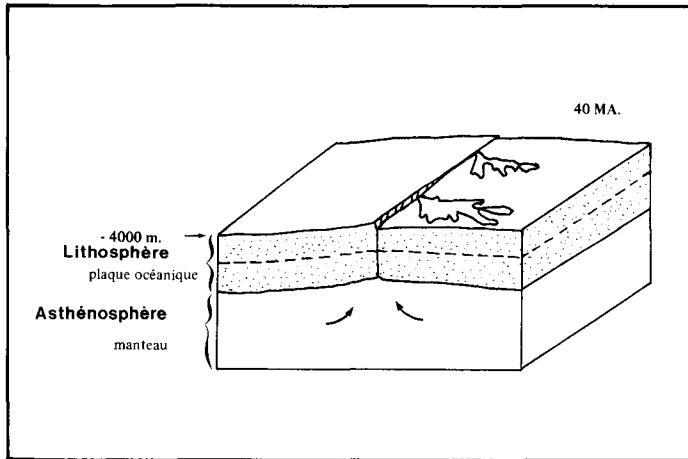


FIG. 3. Fracture de la plaque.

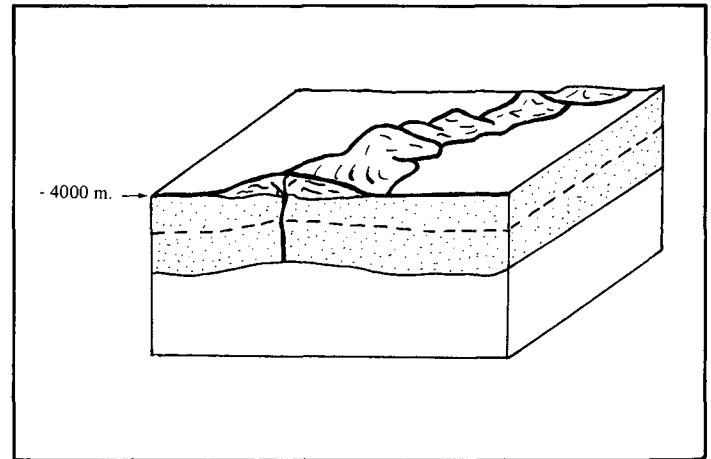


FIG. 4. Naissance de la ride.

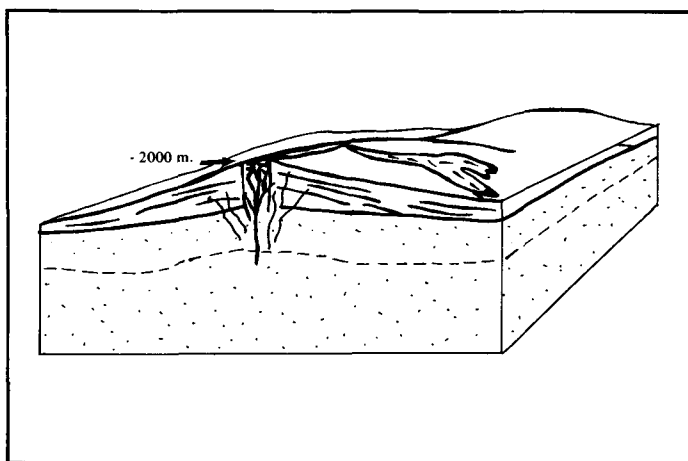


FIG. 5. Croissance de la ride.

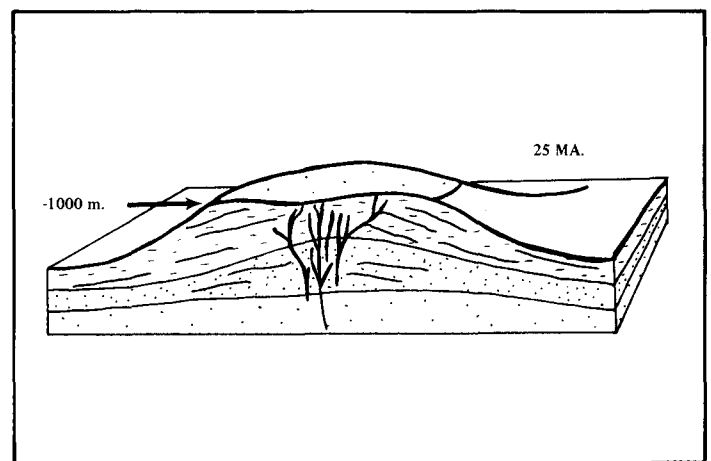


FIG. 6. Etablissement d'un guyot.

volcan. Quand le volcan arrive près de la surface (vers 200 m) et que la pression de l'eau n'est plus suffisante pour empêcher la libération des gaz dissous dans la lave, la nature des produits émis change, les coulées se fragmentent donnant des brèches autoclastiques, les points de sortie des laves où celles-ci se dégazent et deviennent explosifs pulvérisant la lave en très fines écharde de verre (hyaloclastite). Il semble que vers 8 MA, époque où le volcan est arrivé près de la surface, il a eu énormément de mal à émerger. En effet, l'alimentation en laves diminuait et l'érosion, due principalement à l'activité des vagues sur des matériaux mal consolidés, amenait une croissance en largeur plutôt qu'en hauteur du volcan.

Il émerge enfin (Fig. 7) et il s'établit alors un appareil conique à pente faible de l'ordre de 6° (Fig. 8). Sa hauteur ne devait pas dépasser 600 m d'altitude. Durant son émergence, la partie centrale s'est effondrée donnant une "caldeira" (sorte de cratère) de forme légèrement elliptique.

Accompagnant les phénomènes volcaniques, il s'est produit un soulèvement du fond des océans sous le volcan. Ceci est attribué généralement aux processus de fusion qui génèrent les laves. Dès que le volcan meurt, un phénomène inverse se produit, accéléré par la charge que représente le poids du volcan. L'enfoncement serait ici de l'ordre du centimètre par siècle.

Les formations coralliennes

Dès que les conditions pour l'implantation et le développement des coraux sont réalisées, c'est-à-dire vers la période d'émergence du volcan, les larves des coraux contenues dans le plancton en suspension dans l'eau de mer, se fixent sur le volcan et constituent des colonies relativement disséminées qui commencent à pousser. Elles ont un début difficile, perturbé par les retombées de cendres que projette le volcan ou par les eaux boueuses provenant de l'érosion des flancs de la montagne. Le volcan s'enfonçant petit à petit, les coraux sont obligés, pour vivre, de pousser. Il se forme alors une ceinture de corail qui a la forme du volcan (stade récif frangeant) lors de son émergence, et

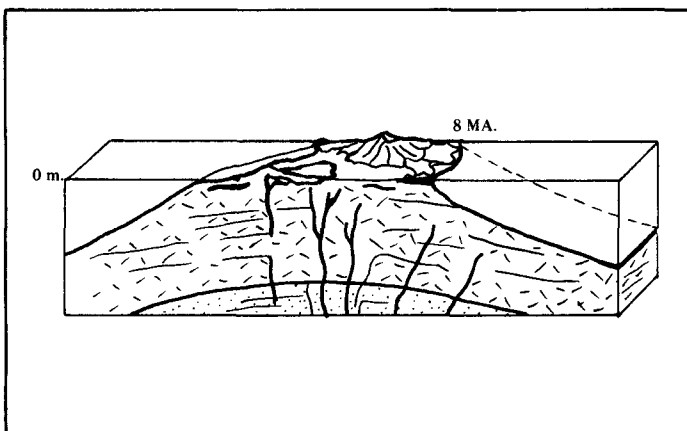


FIG. 7. Emergence

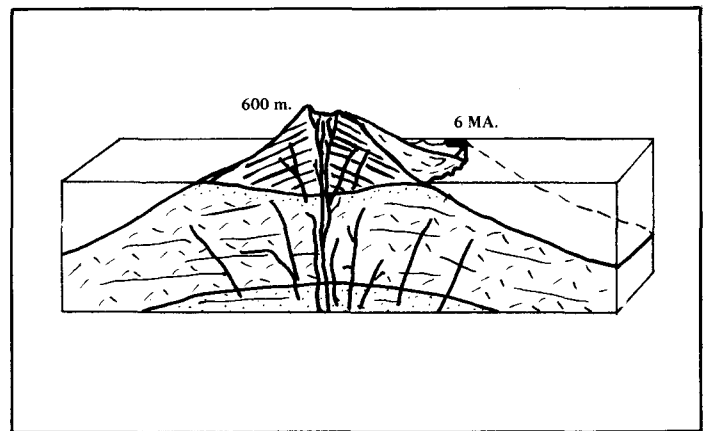


FIG. 8. Volcanisme aérien.

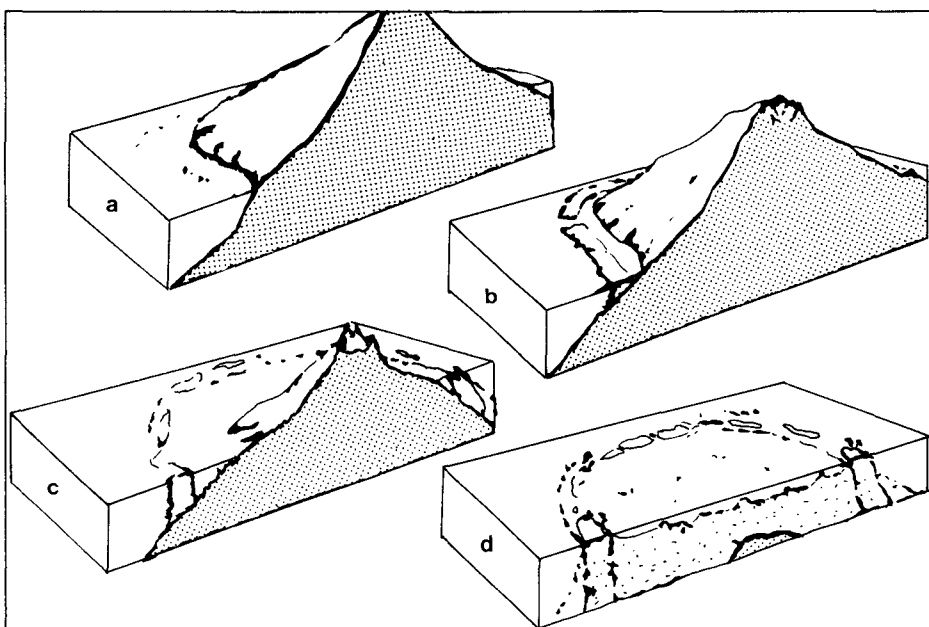


FIG. 9. Les étapes de la formation corallienne.

des petites zones de croissance non continues sur ses flancs (Fig. 9); on retrouve ici le modèle de Tahiti avec ou non du corail vivant contre la côte, un lagon et un récif barrière. L'enfoncement et l'érosion aidant, le volcan disparaît; il est alors complètement recouvert par les coraux. Petit à petit le développement du récif barrière limite aux hoas les circulations entre l'océan et le lagon dans lequel les sables s'accumulent, ne laissant se développer que quelques pinacles coralliens. La croissance maximum des coraux se fait alors du côté océan (Fig. 9 d).

Les mouvements influencent le développement de l'atoll

Nous venons de décrire le mode de formation et la constitution d'un atoll. Il faut maintenant le replacer dans le cadre géologique beaucoup plus vaste qui est l'océan Pacifique. Il s'y passe conjointement deux phénomènes qui sont: le déplacement du fond des océans d'une part et les variations de niveaux de ce même océan d'autre part.

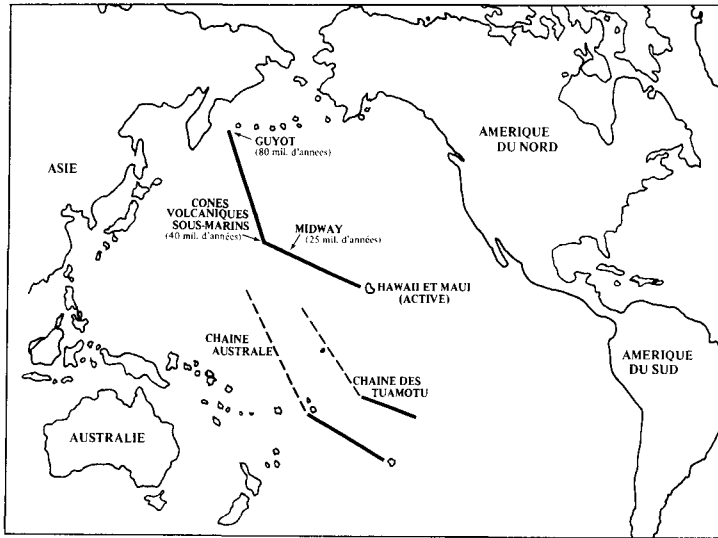
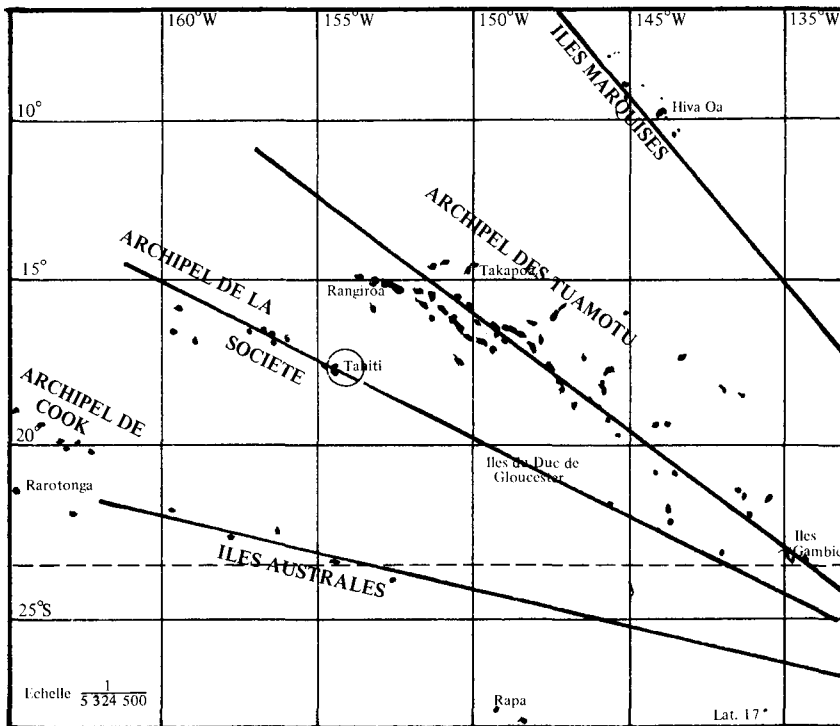


FIG. 10. Les alignements naissent au-dessus de points chauds situés pour la chaîne des Australes, vers le volcan McDonald Pour la chaîne des Tuamotu vers Gala et Gomez Pour la chaîne de Midway à Hawaii.

Le déplacement des fonds

Le développement de la théorie de la tectonique des plaques a souligné l'intérêt de certaines régions du globe où des plaques sont sans cesse créées ou détruites. Nous nous trouvons sur une plaque (Fig. 10) créée au niveau de la ride Pacifique Sud et qui se déplace vers le nord-ouest à une vitesse moyenne d'une dizaine de centimètres par an vers une fosse où elle disparaîtra. Ces vitesses, bien qu'élévées, sont insuffisantes pour expliquer la genèse des alignements volcaniques comme les Tuamotu (Fig. 11) par des émissions au niveau de la ride. L'île la plus jeune de l'alignement: Ducie ou Pitcairn se trouve à des distances beaucoup trop grandes de la ride pour pouvoir en provenir. Morgan, en 1970, a proposé la théorie des points chauds puis des



panaches pour expliquer le mode de formation de ces chaînes d'îles en dehors des rides. Il considère qu'il existe en certains endroits du globe des anomalies du manteau, qui entraînent une fusion partielle de la base de la plaque qui passe au dessus. Les volcans sont alignés suivant le sens de déplacement de la plaque au cours des périodes géologiques, l'âge est d'autant plus ancien que l'on s'éloigne du panache. L'alimentation du volcan est donc très importante au moment où celui-ci se forme sur le panache, elle diminue rapidement avec le déplacement de la plaque. Cette phase de diminution correspond aux difficultés que rencontre l'appareil pour sortir de l'eau. Il y a arrêt de la croissance accompagné d'un enfoncement.

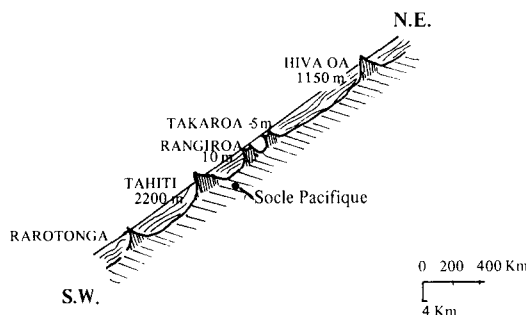


FIG. 11. Les alignements des Archipels.

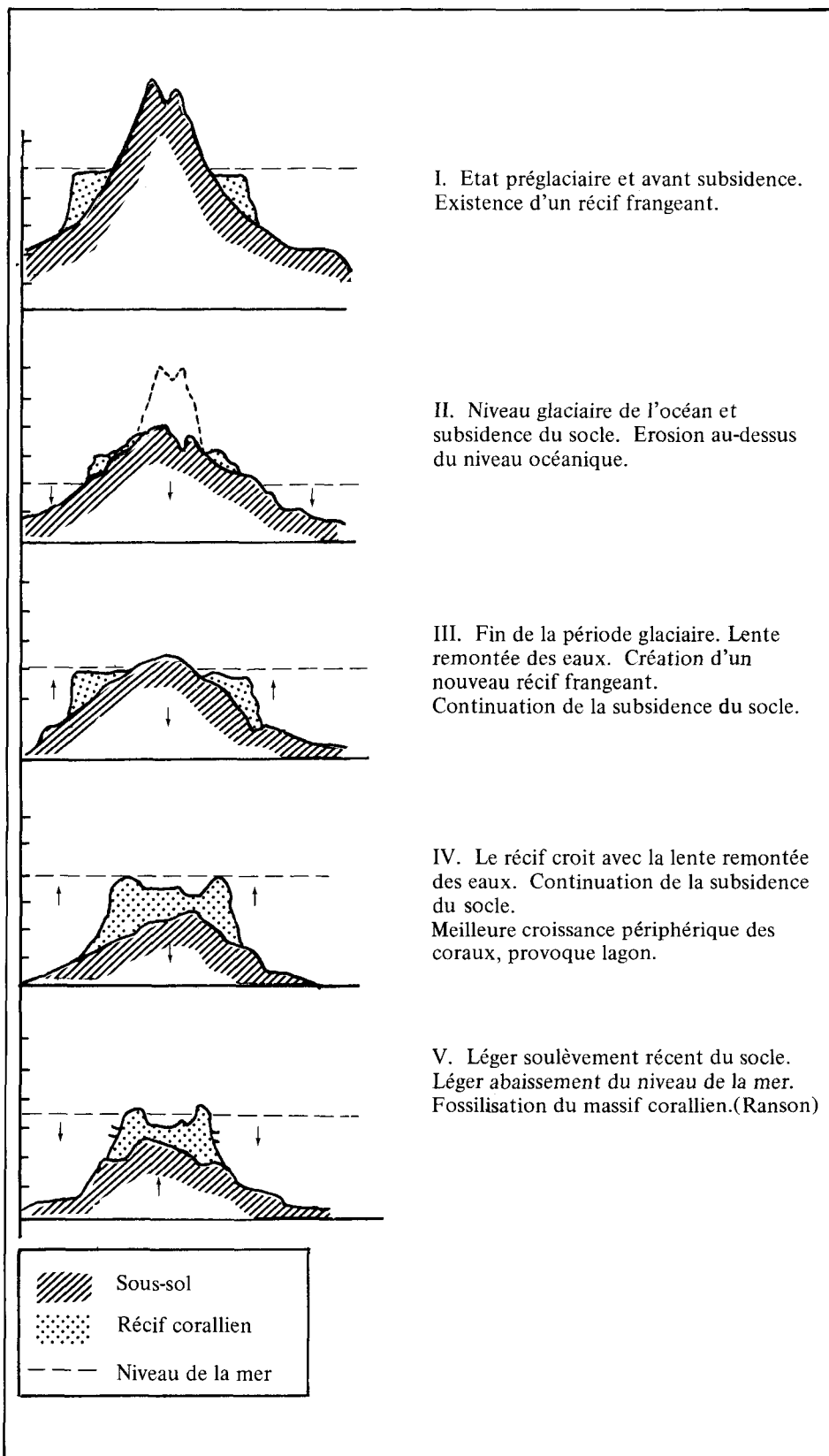


FIG. 12. Evolution d'un atoll suivant les théories combinées de Darwin et de Daly, complétées par Sylvester et Ranson. (Note: cette évolution, correspondant à la glaciation de Würm, a pu exister auparavant plusieurs fois dans l'histoire géologique de la Terre.)

Les variations du niveau de la mer

Ces variations (Fig. 12) sont bien connues durant le quaternaire, c'est-à-dire suivant les deux derniers millions d'années; pour les périodes plus anciennes les données sont assez imprécises. Le mécanisme de ces variations est l'extension ou la diminution des calottes glaciaires polaires. En phase de diminution les glaces fondent, le niveau de la mer monte, dans le cas contraire il baisse; ces variations ont amené une émergence de l'atoll de plus de 50 m. Lors de ces émergences, et plus généralement sur les motus, l'eau de pluie peut s'infiltrer et forme des nappes et des lentilles d'eau douce. Il se passe une réaction chimique à la base des nappes d'eau douce quand elles se mélangent avec l'eau de mer contenue dans le terrain. Au carbonate de calcium (calcite) qui constitue le calcaire, se substitue un carbonate de calcium et de magnésium (dolomite). Le squelette des coraux est constitué d'aragonite* (Ca Co_3) qui se transforme avec l'enfouissement en calcite* (Ca Co_3). L'eau de pluie qui circule dans ces calcaires dissout une partie de ces carbonates. La rencontre de ces eaux avec l'eau de mer qui contient des sels de magnésium entraîne la précipitation de dolomite ($(\text{Ca, Mg}) \text{Co}_3$). C'est un des mécanismes retenus pour la formation des dolomies. Toute la base des formations coralliennes est ainsi dolomitisée, donnant une roche beaucoup plus massive.

Lors des émergences, il y a fossilisation des coraux de la tranche supérieure et création d'une dalle. Nous avons retrouvé ces dalles correspondant aux périodes de glaciations connues à des profondeurs de -2, -11, -23, -44 et -66 mètres.

Un atoll a pour origine un volcan, né lui-même du passage d'une plaque sur un panache. Dès que ce volcan quitte le panache où il s'alimente en magma il meurt et commence à s'enfoncer. Les coraux le colonisent alors et se développent au gré des variations du niveau de la mer. Plus on s'éloigne du panache, plus les coraux sont épais: 350 m au Sud Est des Tuamotu, 600 m à Hao, 1.000 m à Rangiroa.

Il reste à expliquer pourquoi certains atolls qui étaient au niveau de la mer se trouvent maintenant à des altitudes aussi élevées que 70 mètres (à Makatea).

Ce sont les Américains McNutt et Menard qui en ont donné en mars 1978 une explication élégante et séduisante. L'eustatisme glaciaire ne peut pas expliquer l'existence simultanée d'atolls élevés

* Aragonite - forme stable du carbonate de calcium à hautes température et pression

* Calcite - forme stable du carbonate de calcium à température et pression normales.

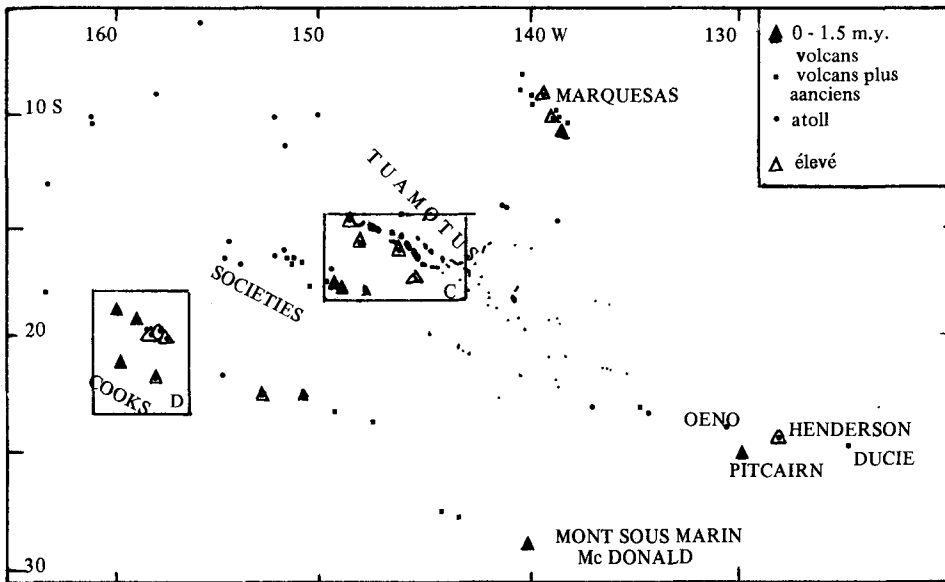


FIG. 13(a). Positions des atolls élevés, des atolls au niveau de l'océan et des volcans actifs ou récemment en activité dans le Pacifique équatorial. (Les zones encadrées correspondent aux positions des îles des figures 13C et 13D).

et d'atolls au niveau de la mer. L'observation que des volcans en activité ou récents soient trouvés à proximité des atolls surélevés suggère qu'ils ont été soulevés tectoniquement par l'effet de charge des volcans.

Le modèle physique qui explique qualitativement et quantitativement des déformations régionales fait l'hypothèse que la partie supérieure de la lithosphère se comporte comme une enveloppe élas-

tique entourant un fluide incompressible. La mise en tension de cette enveloppe élastique distribue le poids de la charge sur une surface nettement plus grande que la zone de charge proprement dite. Ainsi un volcan qui grandit déforme le socle océanique et donc affecte le niveau apparent de l'océan pour des atolls coralliens proches.

Grâce à cette théorie, Menard a pu expliquer avec une précision remarquable,

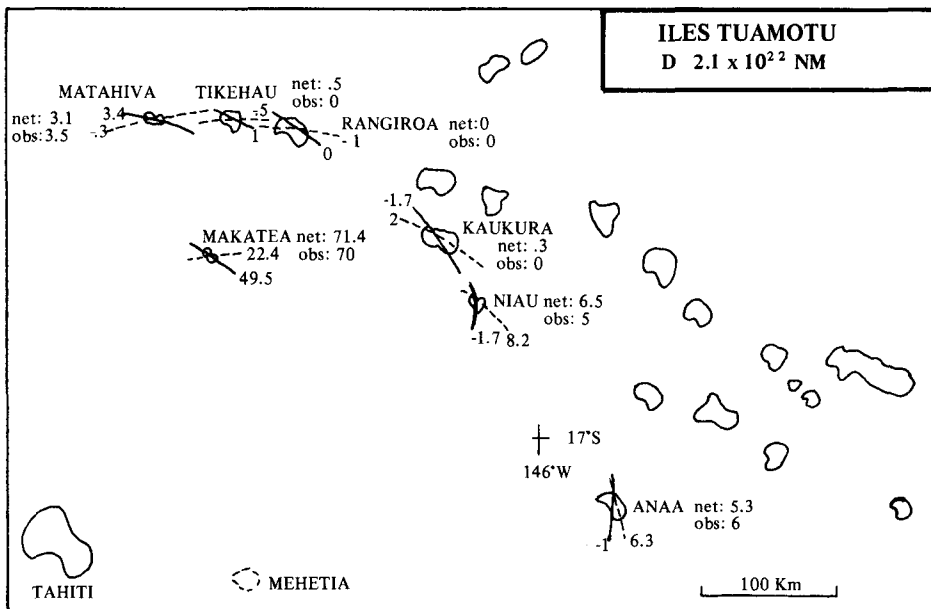


FIG. 13(c). Soulèvement d'atoll dans les Tuamotu. Les contours de soulèvement tracés à travers les atolls correspondent aux flexions calculées par la charge de Tahiti (arcs pleins) et Mehetia (arcs pointillés). La somme théorique est comparé à l'altitude observée.

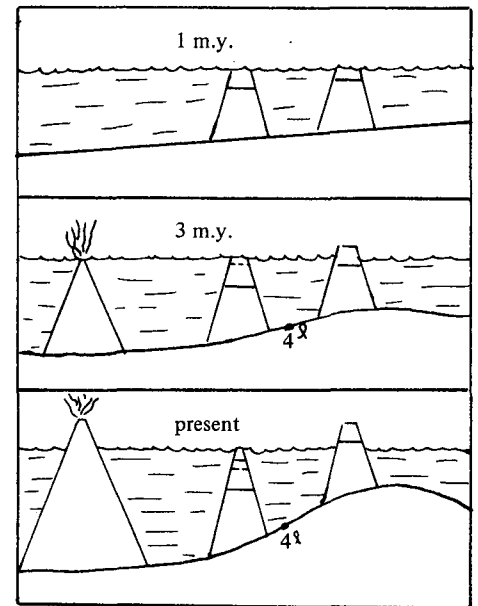


FIG. 13(b). Modèle du changement apparent du niveau de la mer pour des atolls coralliens provoqué par la charge d'un volcan sur une lithosphère clastique. \mathcal{L} est le paramètre de flexion qui dépend de la rigidité à la flexion de la lithosphère.

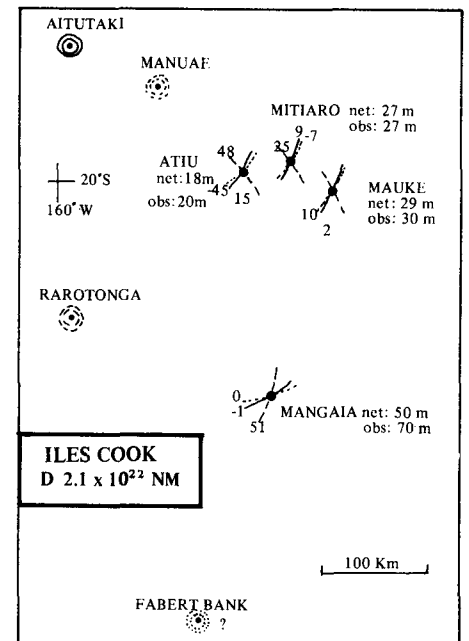


FIG. 13(d). Les contours de soulèvement reliés à trois volcans ont été tracés à travers quatre atolls des Cook. Pour chaque atoll la somme résultante pour le soulèvement théorique est comparée à l'élévation observée. Bien que Fabert Bank n'ait pas été introduit dans le calcul, il a pu également contribuer à l'élévation de Mangaia.

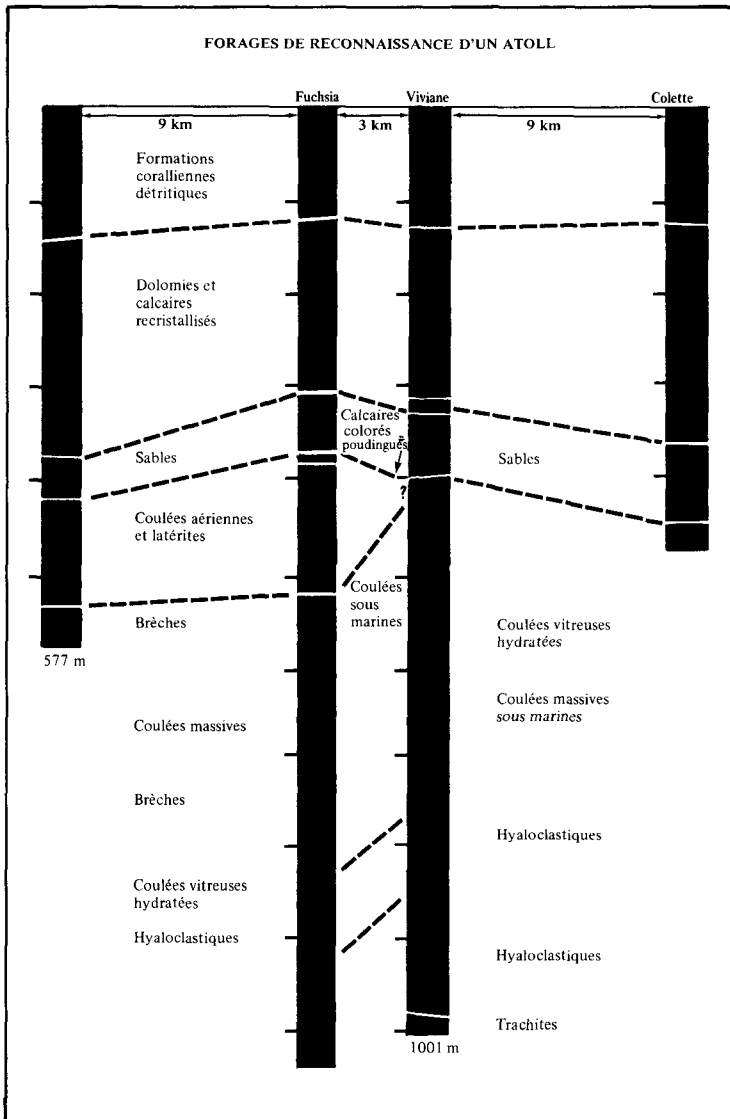


FIG. 14.

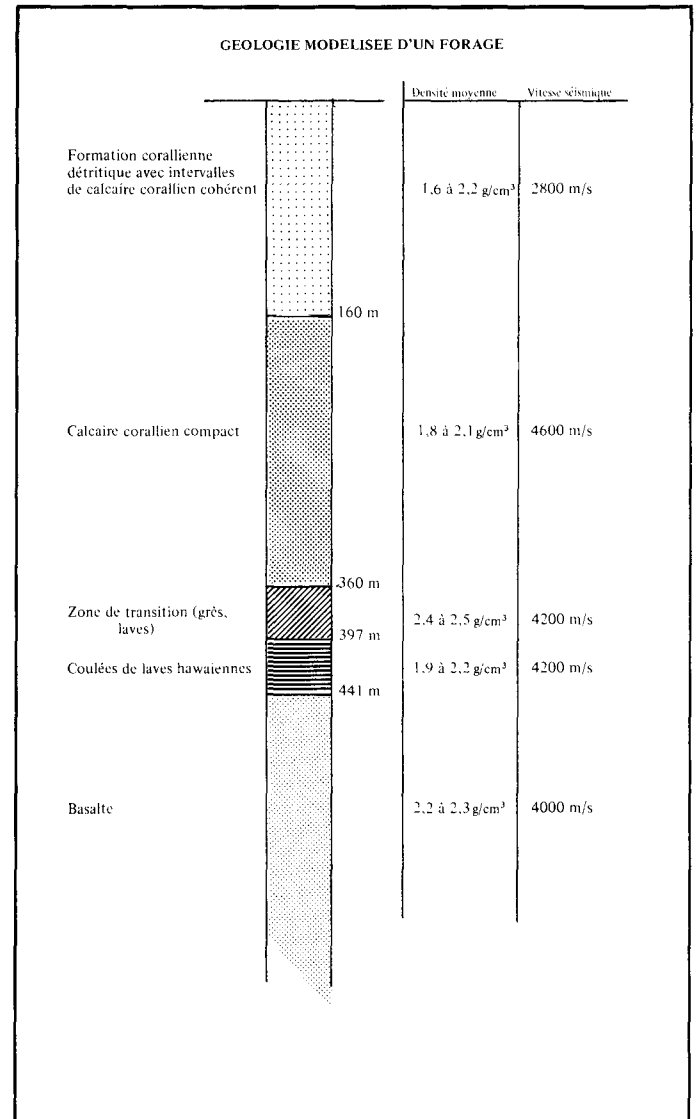


FIG. 15.

le cas de Makatea par la charge de Tahiti et Mehetia, de ceux de Atiu, Mitiaro, Mauke et Mangaia dans les Cook par la charge de Rarotonga, Aitutaki et Manuae (Fig. 13).

Quelles preuves possédons-nous de toutes ces hypothèses ?

Je ne parlerai pas de la tectonique des plaques, maintenant généralement admise après les expéditions du *Glomar Challenger* et l'opération *Cyanheat* qui ont permis d'aller voir le rift en divers endroits sur ses 60.000 km de longueur et la zone de subduction où la plaque africaine s'enfonce sous le continent européen.

Je me contenterai de vous présenter les résultats de nos forages effectués en divers endroits d'un atoll des Tuamotu et les illustrer par cette collection de carottes (Fig. 14) de sondage dans lesquelles nous retrouvons notamment :

- la dalle corallienne de surface
- les calcarénites des formations coralliennes
- les dolomies indurées
- puis la zone de transition où se retrouvent les restes de la montagne volcanique émergée
 - scories volcaniques
 - argiles
 - galets de rivière
- le basalte aphyrique des coulées du volcanisme aérien
- les hyaloclastites
- les brèches autoclastiques
- le basalte massif et vitreux des dykes.



Jan Newhouse, auteur des quatre articles:

- Qu'est-ce qu'un atoll?
- Le dessalement de l'eau pour les cultures dans les atolls
- La flore marine et terrestre des atolls
- L'énergie

qui ont paru dans le numéro du troisième 1980 du Bulletin du Pacifique Sud, travaille auprès des organisations suivantes:

- Département des sciences générales et Programme d'étude des îles du Pacifique de l'Université d'Hawaï.
- Ecole pratique des Hautes Etudes, Muséum national d'histoire naturelle, Paris.