

Fichez R.
Buestel D.
Quessu D.

ETUDE DU PHENOMENE DE
RESURGENCE DE NOVEMBRE 1991 DANS
LA PASSE DE L'ATOLL D'AMANU
(TUAMOTU, POLYNESIE FRANCAISE).

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Archives d'Océanographie
N° 92 02

Centre ORSTOM de Tahiti
BP 529
Papeete



POLYNESIE FRANCAISE

Centre ORSTOM de TAHITI
Archives d'Océanographie
N° 92/02

**ETUDE DU PHENOMENE DE RESURGENCE DE NOVEMBRE
1991 DANS LA PASSE DE L'ATOLL D'AMANU
(TUAMOTU, POLYNESIE FRANCAISE).**

Par

Fichez R.(1)

Buestel D.(2)

Quessu D.(3)

(1) Centre ORSTOM-Tahiti, B.P. 529, Papeete, Tahiti.

(2) IFREMER, Centre d'Océanologie du Pacifique, B.P. 7004, Taravao.

(3) Protection Civile, Haut Commissariat, B.P. 115, Papeete.

Mars 1991/2.

Introduction

Un phénomène exceptionnel de résurgence d'eau à eu lieu le 3 Novembre 1991 dans la passe principale de l'atoll d'Amanu (Tuamotu, Polynésie Française). Ce phénomène ayant provoqué un certain émoi parmi la population de l'atoll, le maire du village d'Ikitake a contacté les autorités territoriales afin de solliciter une mission d'étude et d'évaluation de l'importance et des conséquences possibles des mécanismes mis en cause. Cette mission rassemblait un chercheur de l'ORSTOM (R. Fichez) un chercheur de l'Ifremer (D. Buestel) et le responsable en second de la Sécurité Civile (Capitaine D. Quessu). Elle s'est déroulée du 4 au 6 Décembre 1991 avec le soutien logistique des autorités militaires de la base de Hao.

Description du phénomène.

Une enquête a tout d'abord été menée auprès de la population locale. Bien que les récits divergent sensiblement d'un témoin à l'autre il est malgré tout possible de décrire la manifestation extérieure de l'événement comme suit. Le Dimanche 3 Novembre 1991 à la sortie de la messe (environ 9 h du matin) les habitants du village de Ikitake situé au bord de la passe principale au Nord-Ouest de l'atoll d'Amanu (Fig. 1; Planche 1) ont observé une turbulence anormale des eaux dans la passe côté village et à une dizaine de mètres du bord (Planche 2). Ce "bouillonnement" se manifestait par une auréole de turbulence causée par la remontée d'eaux de densité inférieure aux eaux marines et aurait été accompagné d'une émission de bulles gazeuses venant crever la surface. Les eaux résurgentes, d'une couleur laiteuse vert pâle, se sont étendues vers l'intérieur du lagon au voisinage de la passe sous l'influence du courant rentrant. Ce phénomène semble s'être manifesté pendant une à deux heures de façon réellement active et se serait prolongé de façon plus amortie sur un à deux jours.

Cette activité anormale dans la passe et qui affectait également les eaux du lagon a fortement alarmé la population. Le maire d'Amanu sensible aux craintes de la population du village a pris contact avec les autorités du Territoire afin de solliciter une étude du phénomène. Sur place et dans les îles voisines des rumeurs bruits ont rapidement attribué ce phénomène à une reprise de l'activité tellurique et on en est venu à parler, parfois avec une certaine connotation humoristique, du "volcan d'Amanu".

Observations sur le terrain.

Les deux plongées effectuées par les membres de la mission sur le site les 4 et 5 Décembre 1991 ont permis de mieux comprendre le mécanisme responsable de cet événement. La première constatation évidente, tout de suite confirmée par la population locale, est que la résurgence est actuellement totalement inactive et cela depuis près d'un mois. Toutefois les signes de l'activité passée sont bel et bien présents et parfaitement observables ce qui permet d'avancer une explication cohérente du phénomène observé.

Le tombant corallien situé dans la passe, côté village, (Planche 3) est creusé, entre 8 et 10 m de profondeur, par une faille horizontale qui forme un surplomb de 6 à 8 m de large qui s'étend sur toute la longueur de la passe (100 m).

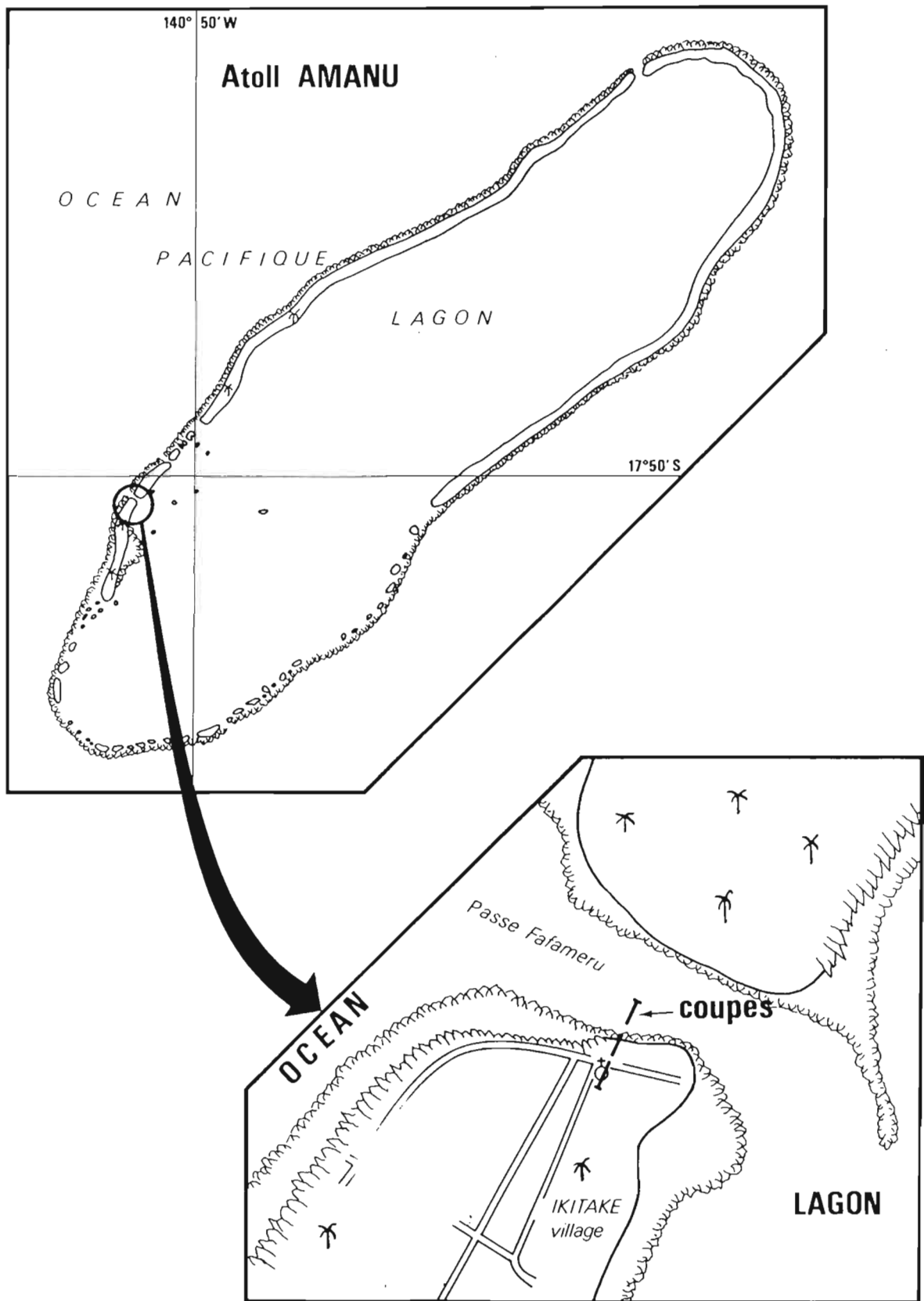


Fig. 1 - Localisation géographique et plan de l'atoll d'Amanu, emplacement de la résurgence et ligne des coupes représentées en Figure 3.



Planche 1 - Vue de la passe d'Amanu et du village d'Ikitake.



Planche 2 - Vue de la passe d'Amanu prise du bord au niveau de la zone de résurgence.

A peu près au milieu de la passe, en face de l'église, on observe un éboulement de la structure rocheuse calcaire sous marine s'étendant sur environ 7 m de long et 5 m de large (Fig. 2). Cet éboulement correspond à la manifestation géologique du phénomène de résurgence observé le 3 Novembre 1991. Cette zone se manifeste de façon évidente par une coloration parfaitement blanche du calcaire (Planche 4), coloration qui contraste avec la couleur foncée de ce même substrat lorsqu'il est colonisé par les divers organismes qui constituent les communautés récifales. On observe que ces communautés récifales sont encore visibles par endroits sous l'amas de blocs accumulés et qu'une excavation d'environ 50 cm d'épaisseur existe dans le plafond du surplomb. Ceci permet donc de conclure sans aucun doute possible que la voûte du surplomb minée de l'intérieur par des processus de dissolution s'est effondrée à cet endroit provoquant l'écroulement de plusieurs mètres cubes de blocs calcaires.

Il est important de souligner que cet effondrement est composé d'un matériel allant de méga-blocs de plusieurs mètres cubes jusqu'à un sable blanc très fin. D'autre part le plafond de la partie mise à nue par l'effondrement est couvert d'un calcaire très friable pouvant même être pulvérulent et qui se détache très facilement du substrat en formant des coulées verticales de couleur blanche qui chutent lentement vers le fond. Ceci trahit la nature fortement altérée de la structure calcaire consécutive à une redissolution importante de la trame carbonatée. Au fond de l'excavation on observe l'existence d'une cavité étroite s'enfonçant dans la profondeur du socle (Planche 5). Cette fissure, figurée en pointillé sur la figure 2, est très certainement le point de débouché des eaux interstitielles expulsées lors du phénomène de résurgence. Les parois de cette cavité présentent les mêmes caractéristiques (coloration blanche, calcaire très friable) que les parois de l'excavation.

La température de l'eau mesurée in situ en différents points de l'excavation était de 27,9 °C. Cette mesure de la température ne faisait apparaître aucune anomalie thermique significative entre les eaux libres de la passe et les eaux situées au plus proche du point de sortie de la résurgence. Cette absence de discontinuité thermique constitue une confirmation physique de l'absence de toute activité résurgente au moment des observations.

Des prélèvements d'eau ont également été effectués en scaphandre autonome (Planche 6) afin de procéder à l'analyse de la salinité ainsi que de la teneur en nutriments inorganiques dissous. Les résultats de ces analyses, effectuées au laboratoire de chimie du Centre ORSTOM de Tahiti ne mettent en évidence aucune différence entre les eaux marines de la passe et les eaux prélevés au voisinage immédiat du débouché de la résurgence. Il est donc bien évident que toute manifestation résiduelle du phénomène de résurgence était absente au moment de l'échantillonnage.

Lors de cette prospection nous avons observé à environ une vingtaine de mètres de cet effondrement un second effondrement, identique au premier, mais plus ancien puisque déjà recolonisé par les organismes du récif. Ce type d'effondrement ne semble donc pas exceptionnel sur le site bien que personne ne se souvienne d'un tel événement. Il est tout à fait possible qu'un tel phénomène se soit déjà produit mais qu'en l'absence de témoin (de nuit par exemple) il soit resté ignoré de tous.



Planche 3 - Vue sous-marine de la zone du tombant au dessus du point de sortie de la résurgence.

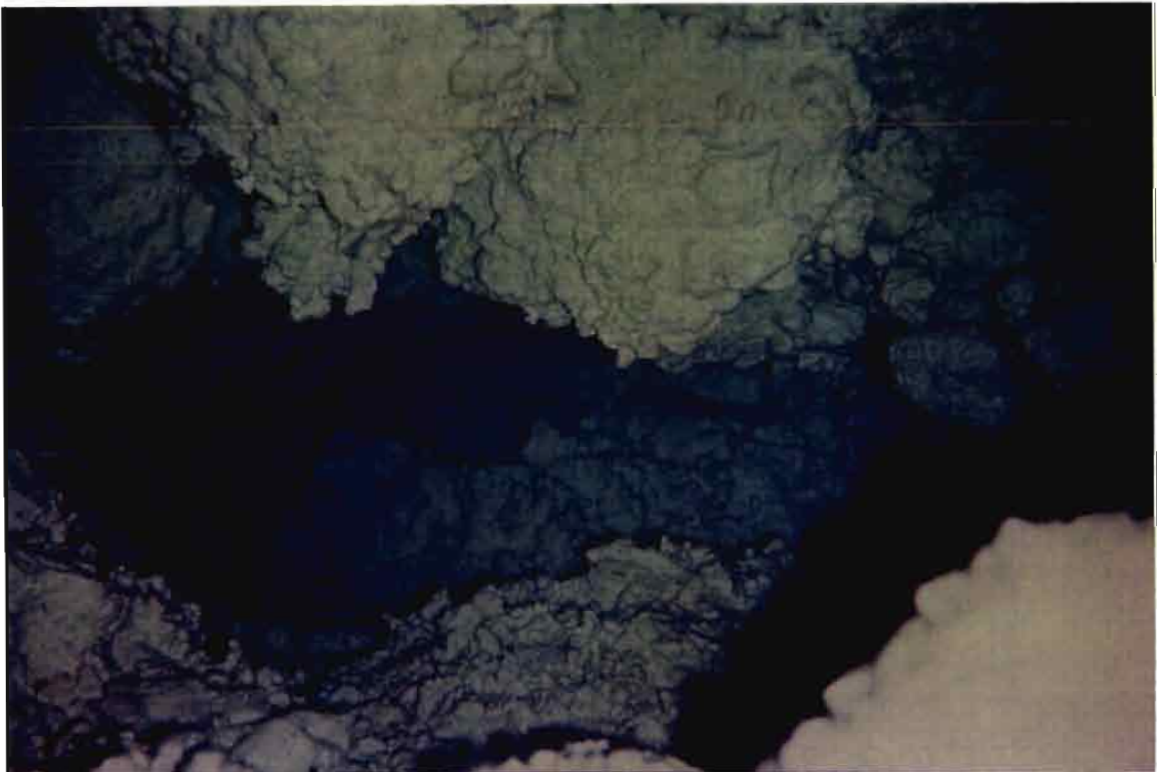
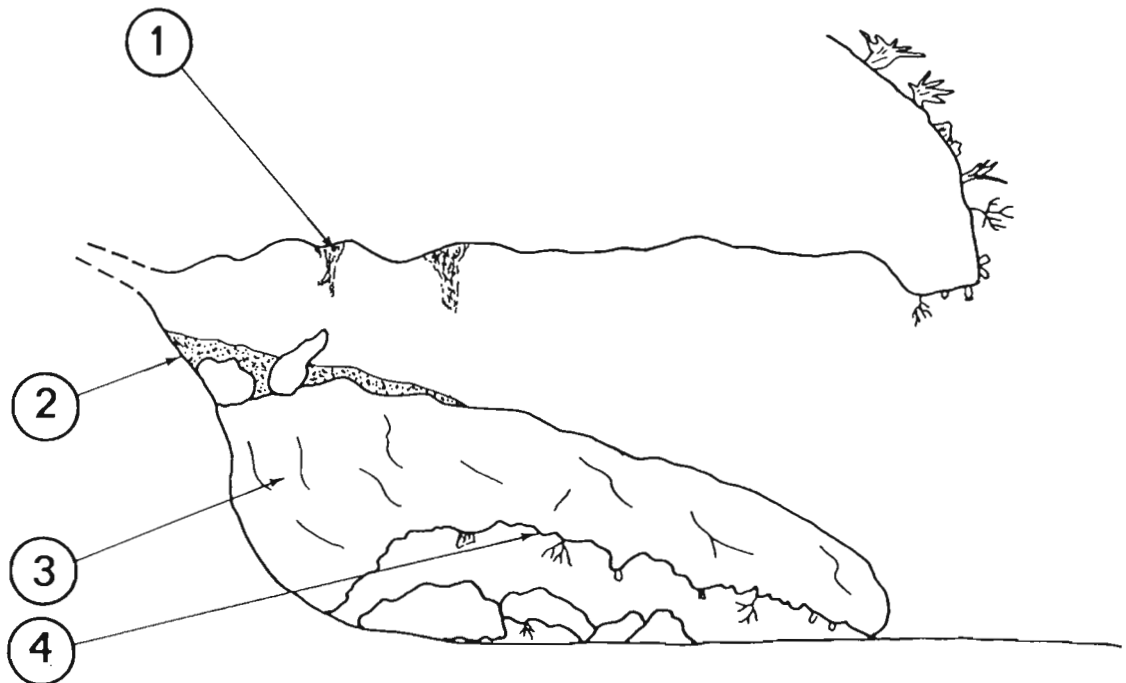


Planche 4 - Vue sous-marine de la zone d'effondrement montrant les parois calcaires et leur coloration parfaitement blanche.



- ① *Carbonate partiellement dissous très friable s'effondrant en coulées blanches (consistance crayeuse), substrat uniformément blanc et vierge de toute colonisation par les organismes benthiques fixés.*
- ② *Nombreuses poches de sable blanc très fin.*
- ③ *Massif calcaire effondré blanc sur sa face supérieure.*
- ④ *Ancienne paroi supérieure de la voûte sur laquelle les organismes benthiques fixés sont toujours présents.*

Fig. 2 - Vue en coupe de la zone d'effondrement et de l'excavation qui en résulte.

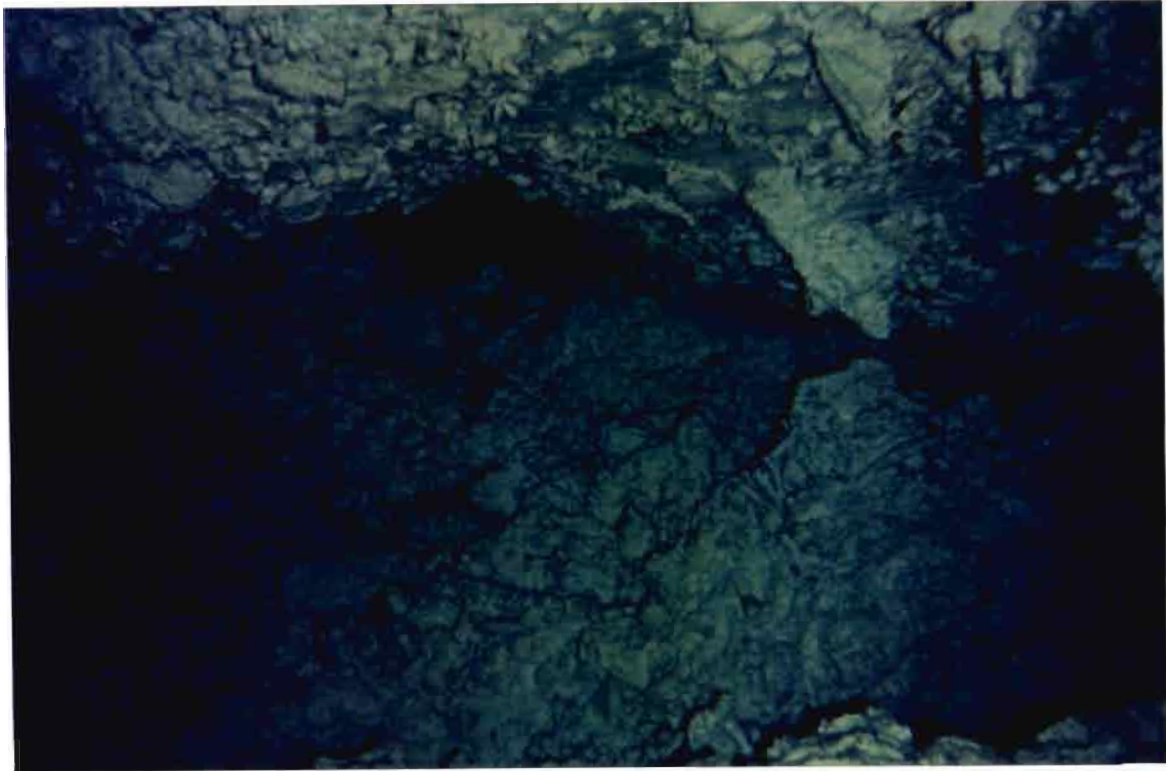


Planche 5 - Débouché de la résurgence située au fond de l'excavation.



Planche 6 - Prélèvement d'échantillons d'eau et mesure de la température en scaphandre autonome.

Interprétation.

Malgré l'absence d'activité lors de notre passage à Amanu il semble tout à fait possible de fournir des explications cohérentes sur le mécanisme responsable de l'apparition soudaine de cette résurgence et sur la brièveté de son activité. La présence d'un surplomb trahit l'existence d'une couche dure recouvrant une couche plus tendre, cette dernière étant plus facilement érodée par les courants de passe très puissants à Amanu (environ 13 noeuds).

Il faut bien comprendre que l'édifice calcaire est un édifice poreux qui autorise la pénétration et la circulation de eaux qu'elles soient d'origine océanique ou atmosphérique. Ces eaux, présentes à l'intérieur du socle calcaire, sont appelées eaux interstitielles. Cette porosité des milieux calcaires est extrêmement importante puisqu'elle permet par exemple le stockage des eaux de pluies dans le sol des motus des atolls sous forme de nappes phréatiques. Cette nappe phréatique de faible densité (eaux douces) flotte au dessus des eaux interstitielles salées provenant de l'océan, la zone de mélange présentant des eaux de plus en plus salées en profondeur. Les couches calcaires doivent être considérées comme des strates dans lesquelles la circulation des eaux interstitielles est active. Il semble donc que l'écroulement d'une partie de la paroi rocheuse ait provoqué une fuite d'énergie dans cette masse d'eau interstitielle se manifestant par une sortie massive de ces eaux dans la passe.

La dissolution des carbonates par ces eaux interstitielles a contribué à fragiliser la structure calcaire constituant la voûte du surplomb et a donc favorisé son écroulement. Cette dissolution des carbonates permet également d'expliquer la coloration des eaux résurgentes. En effet les eaux résurgentes ont obligatoirement entraîné les fines poussières blanches de calcaire qui pouvaient encore être observées lors de notre passage à Amanu. Ces eaux laiteuses ont pris, étant donné la diffraction du spectre lumineux dans l'eau, une couleur apparente bleu-verte (c'est ce même phénomène optique qui donne aux petits fonds de sable blanc du lagon leur couleur turquoise).

Les eaux interstitielles circulant dans les carbonates ont deux origines reconnues (Mink, 1964):

- premièrement une origine météorique (eaux de pluies). Par ruissellement et percolation ces eaux forment la nappe phréatique, leur température est voisine des eaux de l'océan mais leur salinité est faible.

- deuxièmement une origine océanique, les eaux libres de l'océan pénétrant à l'intérieur du socle calcaire. Dans ce deuxième cas les eaux peuvent avoir une origine profonde (500-600 m) du fait de l'ascension d'eaux interstitielles réchauffées au voisinage du socle basaltique de l'atoll selon la théorie de l'endo-upwelling développée par des chercheurs de l'ORSTOM (Rougerie et Wauthy, 1988).

Etant donné l'impossibilité de disposer d'échantillons d'eau provenant du phénomène résurgent lors de son activité, il est difficile de déterminer a priori laquelle des deux hypothèses est la bonne. Toutefois il semble que la première alternative soit la plus vraisemblable. En effet le fort gradient de salinité est seul en mesure d'expliquer à la fois la forte énergie de la résurgence et la brièveté du phénomène.

Le processus conduisant à la manifestation résurgente observée peut être découpé en trois étapes successives (Fig. 3).

La première étape est la fragilisation du substrat calcaire au niveau de la zone de contact entre les eaux saumâtres de la nappe phréatique et les eaux océaniques. Il s'agit d'un processus à long terme (plusieurs dizaines d'années). Selon la loi de Ghyben-Herzberg, l'épaisseur de la lentille d'eau douce qui forme la nappe phréatique est conditionnée par la hauteur de la barrière récifale immergée de l'atoll ainsi que par la densité des eaux (Buddemeier et Oberdorfer, 1986). A Amanu le motu a une hauteur moyenne d'environ 2 m ce qui permet d'envisager une nappe phréatique d'au moins 20 m d'épaisseur. Au voisinage de l'océan le mélange des eaux interstitielles provoque un relèvement du bord de la nappe phréatique qui donne à cette dernière sa forme caractéristique en lentille. Les contraintes physiques auxquelles la nappe phréatique est soumise ne s'opposent donc pas à ce que son niveau coïncide avec celui de l'écroulement. Les couches profondes de la nappe phréatique sont connues pour leur caractère anoxique et leur acidité et elles peuvent donc dissoudre massivement le calcaire. Ceci permet d'expliquer la lente fragilisation du surplomb qui s'est trouvé progressivement miné par la remise en solution de la trame calcaire.

La seconde étape consiste en l'écroulement du surplomb et la sortie proprement dite des eaux interstitielles. La libération soudaine en milieu marin d'eaux de la nappe phréatique peut fournir une explication cohérente à la présence de gaz dans les eaux résurgentes. Il faut tout d'abord souligner que la légère divergence des témoignages quant à la durée et la manifestation de cette émission de gaz nous oblige à être prudent quant à sa réelle existence. Les turbulences créées par les eaux résurgentes sont souvent très improprement qualifiées de "bouillonnements" et il est tout à fait possible pour un témoin déjà fortement impressionné par le caractère exceptionnel d'un tel phénomène d'y voir les effets d'une remontée de gaz. Il faut également signaler que, malgré la témérité habituelle des Paumotou en plongée, personne ne s'est risqué à aller observer le phénomène de près lorsqu'il était encore actif. Néanmoins on considère que des processus biogéochimiques peuvent conduire à la libération de gaz à l'intérieur de l'édifice calcaire (méthane par exemple). Toutefois la porosité du calcaire qui autorise la circulation des eaux interstitielles ne doit pas permettre d'accumulation significative de gaz libre. D'autre part, la remise sous forme gazeuse lors de la brusque libération d'une eau sous pression de molécules initialement dissoutes ne constitue pas, dans le cas présent, une explication réaliste.

En revanche les couches profondes de la nappe phréatique sont connues, comme nous l'avons vu précédemment, pour leur anoxie et leur acidité. Ces eaux sont donc susceptibles de dissoudre le calcaire et donc d'augmenter sensiblement les pressions partielles des différentes formes du carbone inorganique dissous dans l'eau. La libération des eaux captives s'accompagne d'une faible décompression lors de leur remontée vers la surface et surtout d'un réajustement brutal du pH au contact de l'eau de mer. Ceci a pour conséquence de provoquer un rééquilibrage chimique qui se traduit par:

- 1 - Une précipitation des carbonates (HCO_3^-) sous forme d'une fine poussière blanche qui viendrait ainsi renforcer la coloration laiteuse des eaux résurgentes.

- 2 - Un dégazage brutal de CO_2 conduisant à une émission de bulles, ces dernières pouvant être rendues responsables du phénomène de bouillonnement observé.

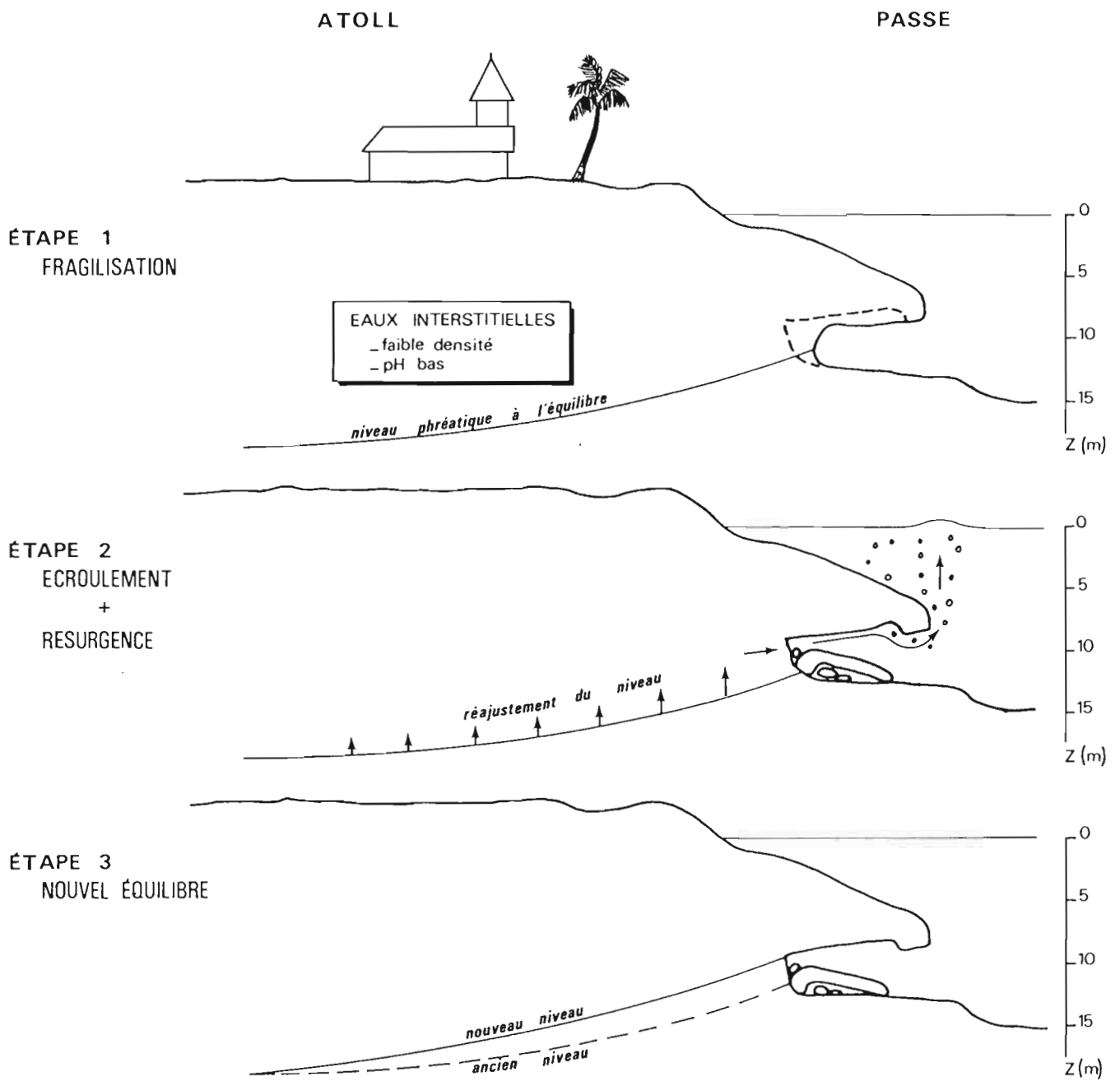


Fig. 3 - Représentation schématique des 3 étapes du processus de résurgence de l'atoll d'Amanu.

La troisième étape consiste en l'établissement d'un nouvel état d'équilibre entre l'océan et la nappe phréatique. Cette dernière ajuste son niveau aux nouvelles conditions de milieu, le relèvement du niveau s'amortissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'océan. Dans ces nouvelles conditions d'équilibre l'étape de fragilisation peut se poursuivre.

Conclusions.

On voit donc que l'explication du phénomène est assez simple malgré la relative complexité de ses effets. On peut donc conclure que ce type d'évènement, s'il peut sans aucun doute se reproduire à tout moment, ne présente aucun risque sérieux pour les populations du village. L'érosion de la passe est un processus à long terme qui ne menace en rien la présence des habitations. La sortie d'eau de la nappe phréatique à ce niveau ne menace pas non plus le niveau du puits creusé à l'autre bout du village puisque le rééquilibrage de la nappe tamponne largement l'effet de la fuite. Il est en revanche tout à fait possible que des suintements discrets d'eaux saumâtres se produisent à travers la cavité lors des périodes de fortes pluies. Enfin, la résurgence ne menace ni l'existence des peuplements du récif et du lagon ni l'état sanitaire des espèces marines exploitées. On peut donc en conclure que la population locale et l'écosystème qui la supporte ne sont en rien menacés par le phénomène par ailleurs très intéressant qui s'est produit à Amanu.

Références bibliographiques.

- Buddemeier, R. W., Oberdoerfer, J. A., 1986. Internal hydrology and geochemistry of coral reefs and atoll islands: keys to diagenetic variations. In, *Reef Diagenesis*. Schroeder, J. H., Purser, B. H. (eds.), Springer Verlag, Berlin, p. 91-111.
- Mink, J. F., 1964. Groundwater temperatures in a tropical island environment. *J. Geophys. Res.* **69**, 5225-5230.
- Rougerie, F., Wauthy, B., 1986. Le concept d'endo-upwelling dans le fonctionnement des atolls-oasis. *Oceanologica Acta.* **9**, 133-148.