

Géologie & Géomorphologie : origine et formation des îles de Polynésie française



Jean-Yves Hiro MEYER (« JYHM »)



Délégation à la Recherche de la Polynésie française (« REC »)

E-mail : jean-yves.meyer@recherche.gov.pf

Weblog : www.jymeyer.com

‘O vai au ?

- Licence et Maîtrise « Biologie des Organismes et des Populations », Université de Nancy : 1990-1991 (stage au Laboratoire d’entomologie médicale ILM de Paea et au Laboratoire de botanique de l’IRD (ex-ORSTOM à Arue)
- Thèse de doctorat (*Ph.D*) « Ecologie & Evolution », Université de Montpellier : 1992-1994
- V.A.T. Délégation à l’Environnement, Papeete : 1995-1996
- Post-doctorat (*Research scholar*) « Botany & Conservation », University of Hawai’i at Mānoa, Honolulu & Haleakalā National Park, Maui : 1997
- Délégation à la Recherche, Papeete (CDD) : 1998-2000
- Directeur scientifique Conservatoire Botanique National de Mascarin, La Réunion : 2000-2001
- Délégation à la Recherche (comme chargé de recherche & délégué à la recherche) : 2002-*on going*

Teahupo’o (1977)



Aora’i (1990)



Mauru (1998)



- Première formation des guides de randonnée pédestre en 1996 : « initiation à la flore et faune terrestres »

LA DÉPÊCHE - PAGE 28 MARDI 7 MAI 1996


Un stage pour connaître la montagne

SUIVEZ LE GUIDE !



Au pied de la falaise, la tâche du candidat n'est pas terminée, un blessé attend son aide. Ici, on simule un massage cardiaque externe sur une victime dont le cœur s'est arrêté.

Dix-sept stagiaires suivent en ce moment la formation pilote de guide de randonnée pédestre proposée



Condition indispensable : ne pas avoir le vertige, la falaise est haute d'une vingtaine de mètres.

destre. L'enseignement est dispensé sous forme de cours du soir à l'exception de cette première semaine où pendant cinq journées pleines, s'est déroulée l'unité de formation intitulée "secourisme adapté à la randonnée".

Vendredi avait lieu la première évaluation. Encadrés avec efficacité, compétence, bonne humeur par la gendarmerie nationale, les 17 stagiaires ont dû montrer leur capacité à secourir un blessé victime d'une chute. L'épreuve était divisée deux parties.

Premièrement, le candidat devait répondre à des questions théoriques

les soins urgents et organiser les secours.

Sécurité et respect de l'environnement

Le lendemain, samedi, l'équipe se retrouvait pour une initiation à la flore et la faune. Sous la conduite de Jean-Yves Meyer, docteur en biologie, les stagiaires ont bénéficié d'un enseignement scientifique de qualité en milieu naturel dans la vallée de la Fautau. Emmenés à vive allure par leur formateur, ils se sont rendus compte sur pla-

- 25 ans plus tard : le retour...

Le mythe de la création du monde

« *Ta'aroa se tint dans sa coquille et dans les ténèbres pendant des millénaires. La coquille [pa'a, 'apu] était comme un œuf qui tournait dans l'espace infini, sans ciel, sans terre, sans mer, sans lune, sans soleil, sans étoiles...*

Ta'aroa donna un coup à sa coquille qui provoqua une fissure semblable à une ouverture pour fourmis. Il en sortit alors et constata qu'il était seul. Il n'y avait pas un son, au dehors l'obscurité était totale... »

(Teuira HENRY, 1928. Tahiti Aux Temps Anciens - *Ancient Tahiti*)



© Bobby HOLCOMB

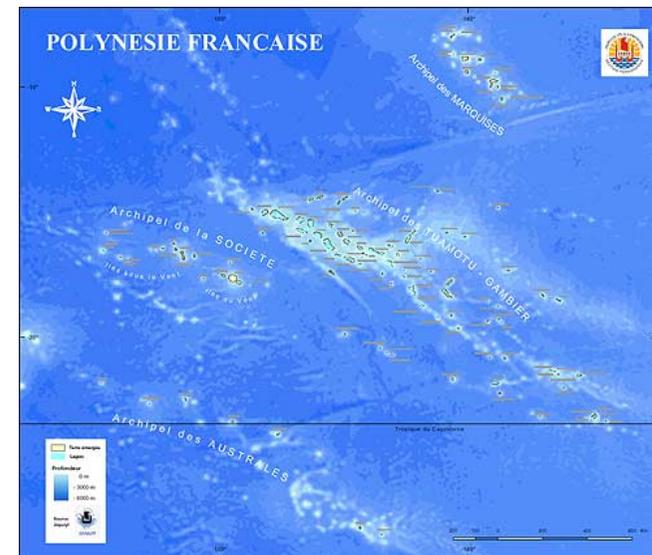
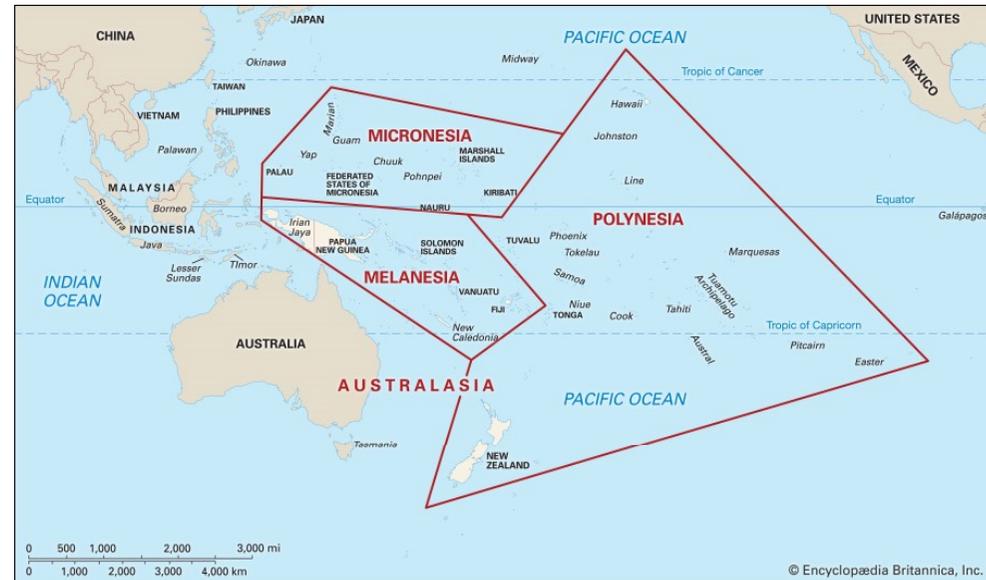
Le continent perdu de Mu



James CHURCHWARD (1926)

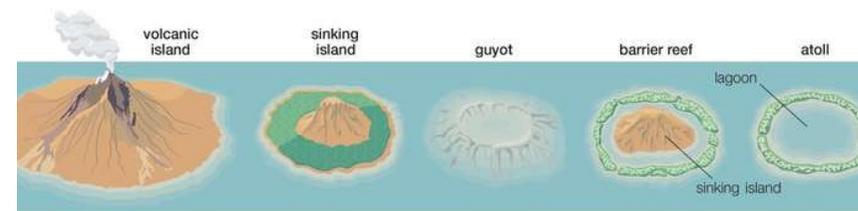
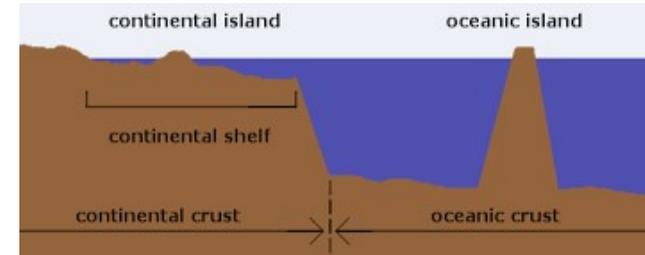
La Polynésie française - *French Polynesia*

- Océan Pacifique sud – *South Pacific Ocean*
- ZEE de 4,8 millions km²
- Environ 120 îles réparties sur une surface aussi grande que l’Europe
- 5 archipels (Australes, Marquises, Société, Tuamotu, Gambier) linéaires
- Climat tropical (à subtropical)
- **Région ethno-linguistique** de Polynésie : le « Triangle Polynésien »
- **Région géologique et biogéographique** et de la Polynésie orientale – *(South)Eastern Polynesia* : Îles Cook + Polynésie française + Îles Pitcairn (+ Rapa Nui et Sala y Gomez ?)

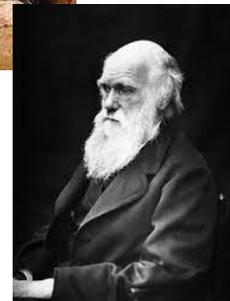


Les différents types d'îles – *Typology of islands*

- Îles océaniques (petites) vs. îles continentales (grandes) – *(Small) Oceanic islands vs. (Large) Continental islands*
- Îles (volcaniques) hautes vs. îles (coralliennes/calcaires) basses – *High (volcanic) islands vs. Low (calcareous) islands*
- Atolls – *atolls* (Darwin, 1842)
- Atolls soulevés (« makatea ») – *Raised atolls (Raised limestone islands)*
- Îles composites ou mixtes : volcaniques et calcaires – *Composite islands*



1831-1836
(Voyage of the HMS Beagle)



1859 (The Origin of Species)

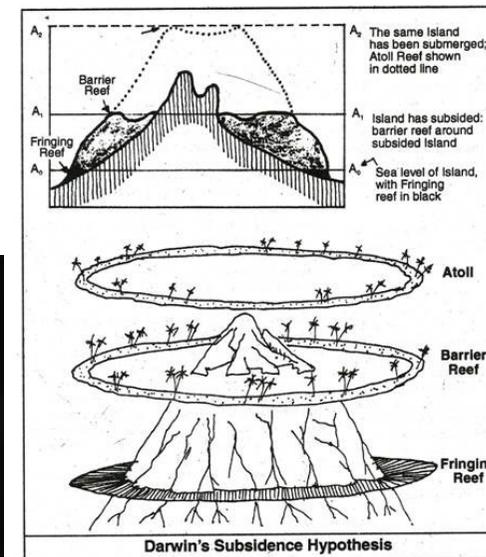
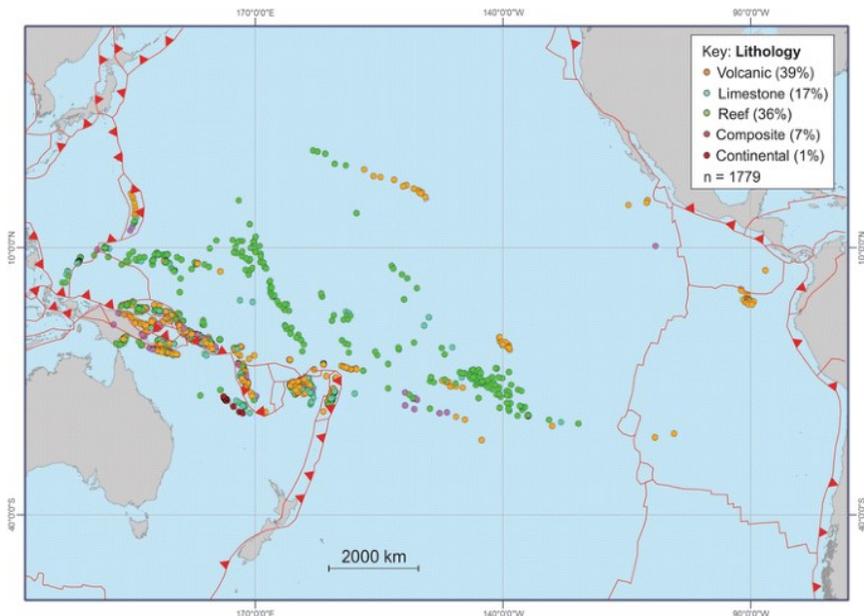


Fig. 3.16 Graphic presentation of Darwin's Subsidence Hypothesis.

Îles du Pacifique – *Pacific Islands*

Continental islands

- Australia
- New Zealand (volcan actif)
- Papua New Guinea
- New Caledonia (Melanesia)



Oceanic islands

- French Polynesia, Cook, Pitcairn (South-eastern Polynesia)
- Samoa, Tonga, Wallis et Futuna... (Western/Central Polynesia)
- Hawaii (North-eastern Pacific), volcan actif
- Rapa Nui, Juan Fernandez (East Pacific)
- Pohnpei, Kosrae, Guam, Saipan... (Micronesia)

Îles volcaniques hautes

- Société : Tahiti, Moorea, Maiao, Mehetia (IDV), Raiatea, Tahaa, Bora Bora, Huahine, Maupiti (ISLV)
- Australes : Tubuai, Rapa
- Marquises : Hiva Oa, Fatu Iva, Tahuata, Mohotani, Fatu Huku (groupe sud), Nuku Hiva, Ua Pou, Ua Huka, Eiao, Hatutaa (groupe nord)
- Gambier : Rikitea
- Îles Cook : Rarotonga, Aitutaki
- Îles Pitcairn : Pitcairn



Tahiti, Mt Orohena (JYHM©)



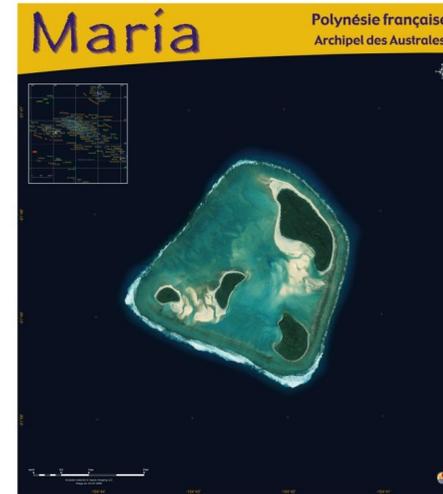
Rapa (JYHM©)



Rarotonga (JYHM©)

Atolls en Polynésie orientale

- Tuamotu (76?) : Rangiroa, Fakarava, Hao...
- Société (5) : Tetiaroa (IDV), Tupai, Motu One (= Bellinghausen), Maupiha (= Mopelia), Manuae (= Scilly) (ISLV)
- Australes : Maria
- Gambier : Temoe
- Îles Cook : Palmerston
- Îles Pitcairn : Oeno



Raroia (JYHM©)



Maria (JYHM©)

Atolls soulevés en Polynésie orientale

- Tuamotu : Makatea (falaises calcaires atteignant 110 m), Niau, Anaa, Mataiva, Tikehau, Fakarava (présence de « feo »), dû à un soulèvement
- Îles Pitcairn : Henderson



Makatea (JYHM©)



Niau (JYHM©)

Îles composites ou mixtes

- Australes : Raivavae, Rimatara, Rurutu (falaises littorales calcaires)
- Îles Cook : Atiu, Mangaia, Mauke



Rurutu (JYHM©)



Atiu (JYHM©)



« Motus » des atolls et îles volcaniques

- Ilots coralliens – *corallic islets*
- Ilots volcaniques (rocheux) – *rocky islets*



Motu Toena & Roa, Tubuai (JYHM©)



Motu Iti & Motu Nui, Rapa Nui (JYHM©)



Hotuatua, Raivavae (JYHM©)

Âge des îles – islands age

- « Jeunes » îles volcaniques : moins de 1-3 M d'années – *Young volcanic islands less than 1 or 3 M years* (la plus jeune Mehetia : 300 000 ans)
- « Vieilles » îles volcaniques (« presque atolls ») : plus de 3-5 MA (Bora Bora 3 MA, Maupiti 4 MA, Rapa 5 MA, Eiao 6 MA) – *Old volcanic islands (« almost atolls ») more than 3-5 Myr*
- Atolls : plus de 10-20 MA (Moruroa 12 MA), jusqu'à 47 MA (Mataiva)

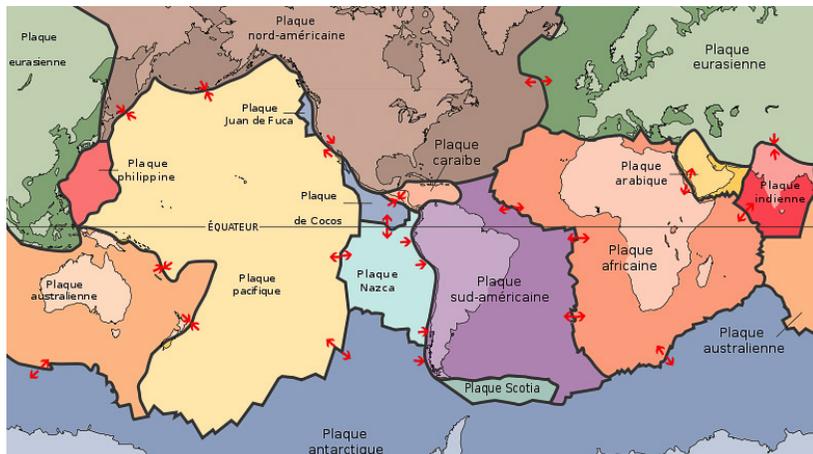
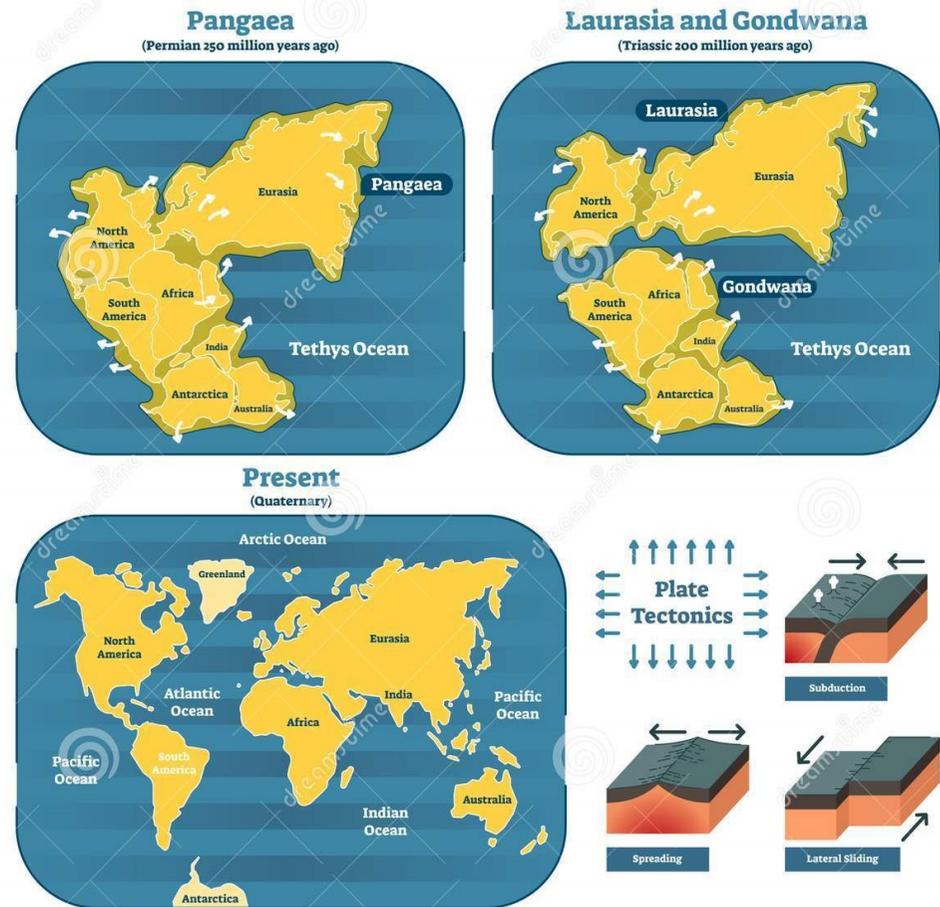


Mehetia (JYHM©)

Origine (genèse) des îles – *Islands origin*

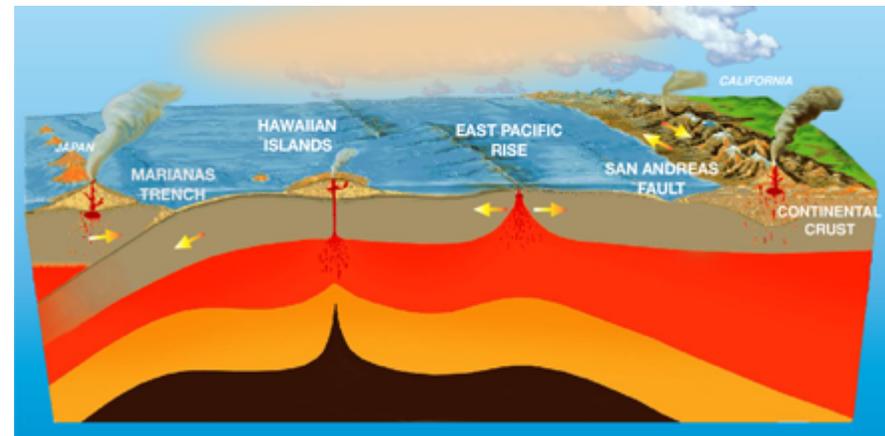
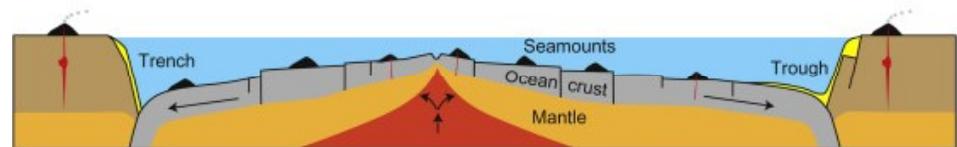
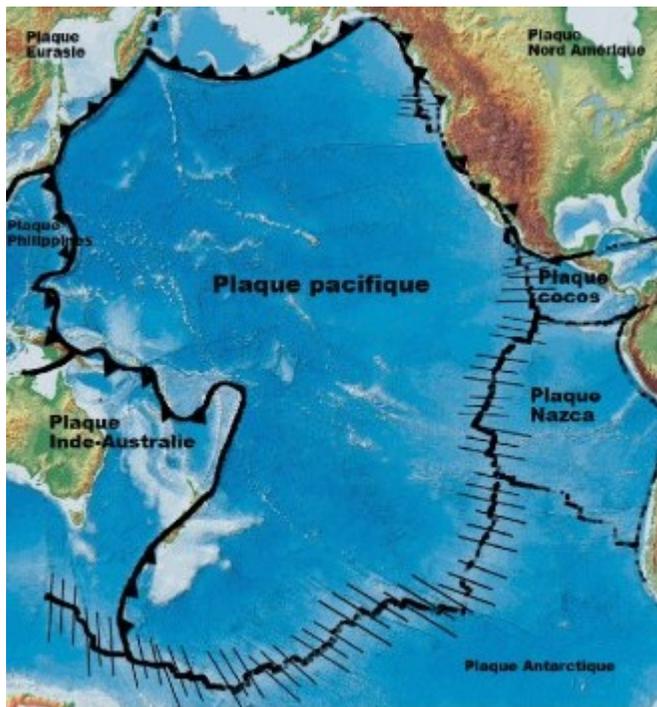
- Dérive des continents – *Continental drift*
- Tectonique des plaques – *Plate tectonics*

CONTINENTAL DRIFT



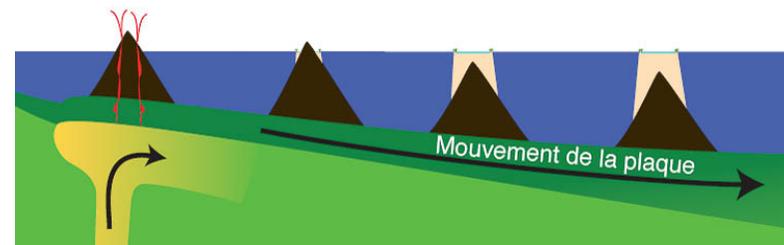
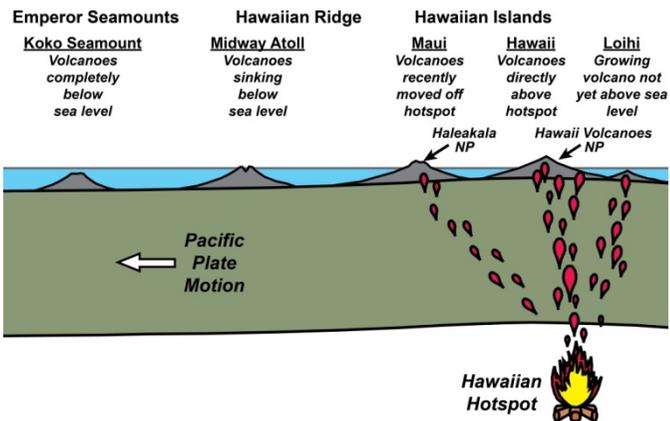
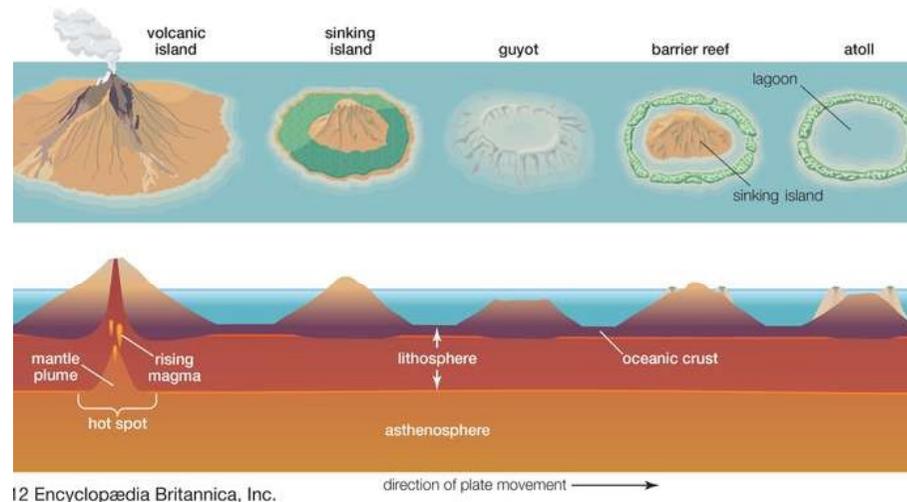
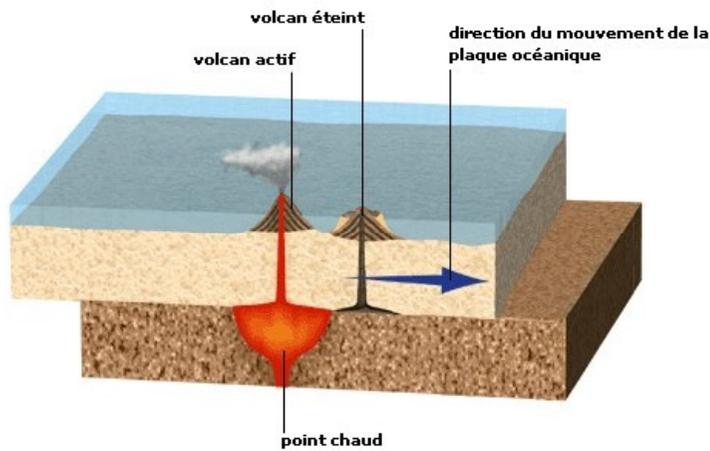
Origine des îles – *Islands origin*

- Volcanisme intra-plaques – *intra-plate islands*
- *Plate-boundary islands* (« *island arc* »)



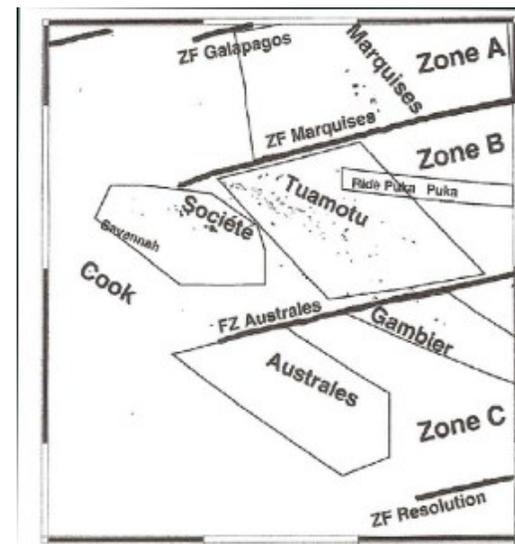
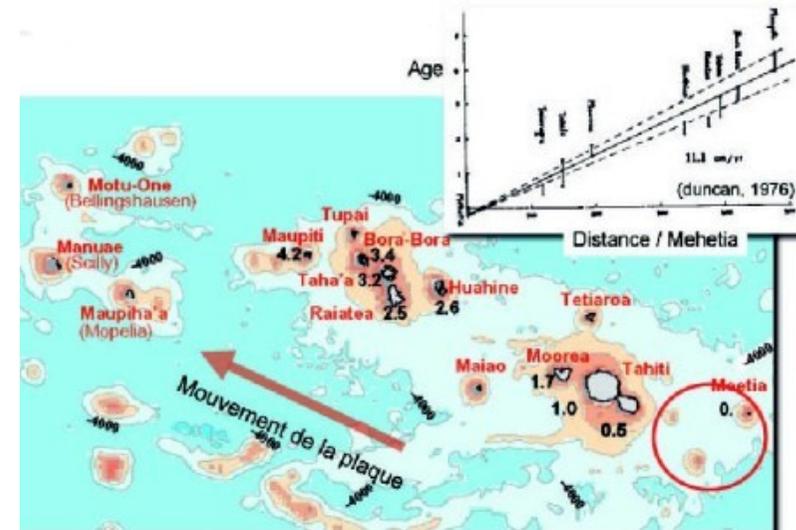
Origine des îles – *Islands origin*

- Points chauds volcaniques – *Volcanic hot spots*

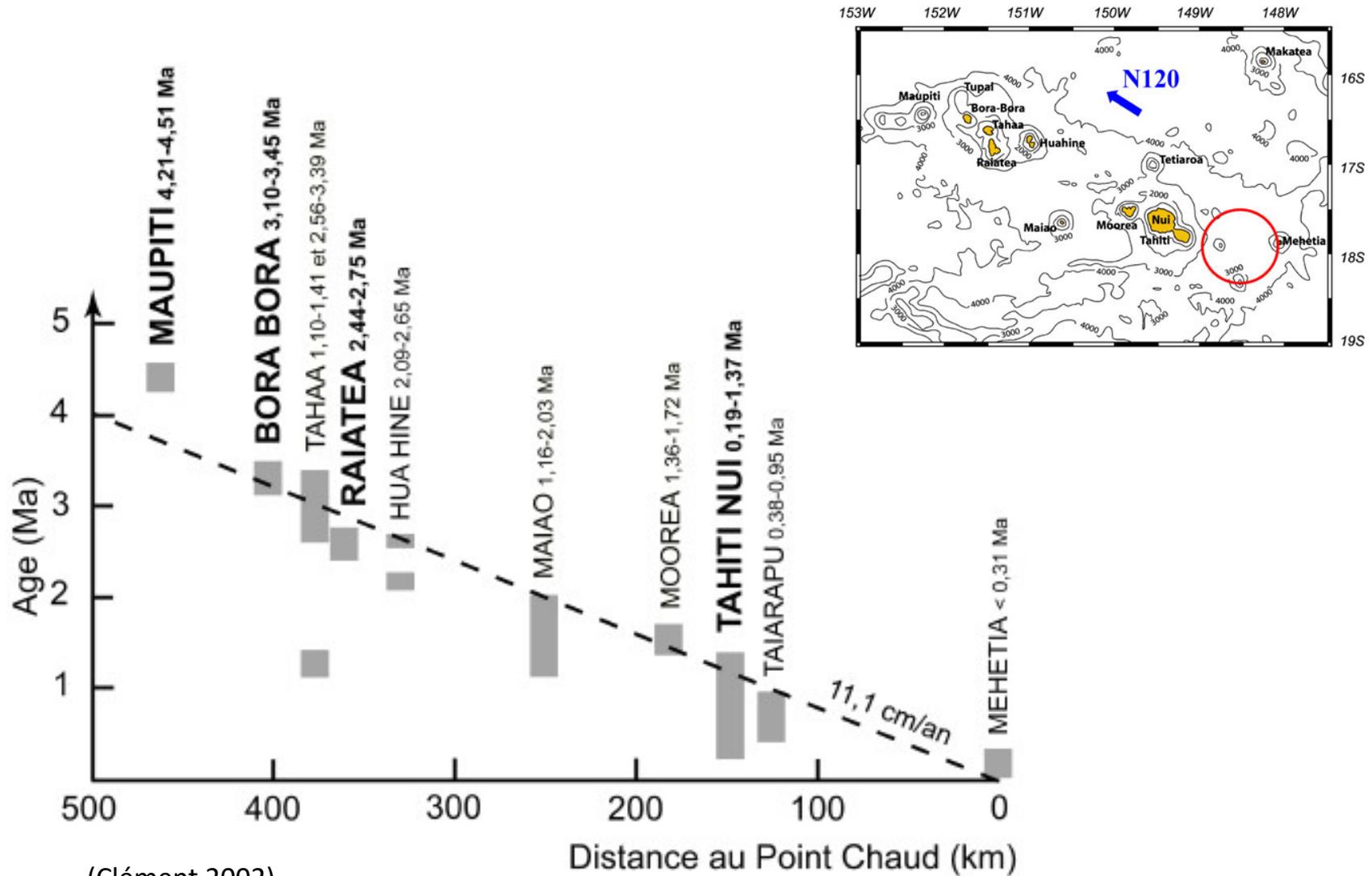


Origine des îles de Polynésie orientale

- **Société** (750 km de long) : point chaud situé au large de Mehetia (dernière éruption il y a 2000 ans) ; déplacement de la plaque à une vitesse moyenne de 11 cm/an
- **Australes-Cook** (2300 km): deux points chauds, l'un au SE de Rapa (McDonald), l'autre au SE de Rurutu (volcan sous-marin Arago), île caractérisée par deux phases d'activité volcaniques : d'abord 12-13 MA puis il y a 1 MA (formation du Mt Manureva) avec soulèvement de roches calcaires d'origine récifale (falaises et grottes calcaires)
- **Marquises** (350 km) : point chaud au SE de Fatu Iva (1 MA) ? Pas d'atoll. Présence d'une zone de fracture (« faille transformante »)
- **Tuamotu** (1800 km) : point chaud associé à une zone de fracture ? Deux alignements d'îles.
- **Tuamotu est-Gambier-Pitcairn** (1700 km) : point chaud situé au SE de Pitcairn

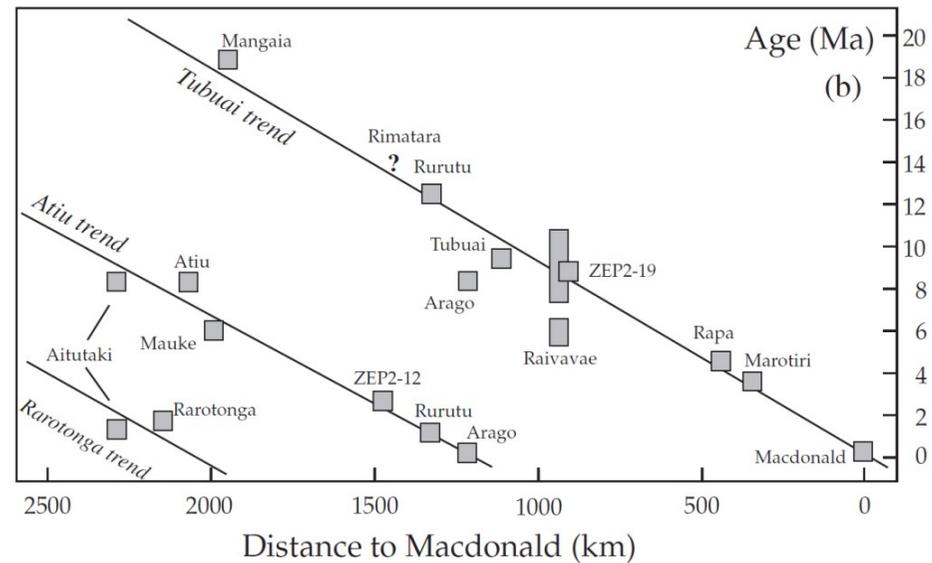
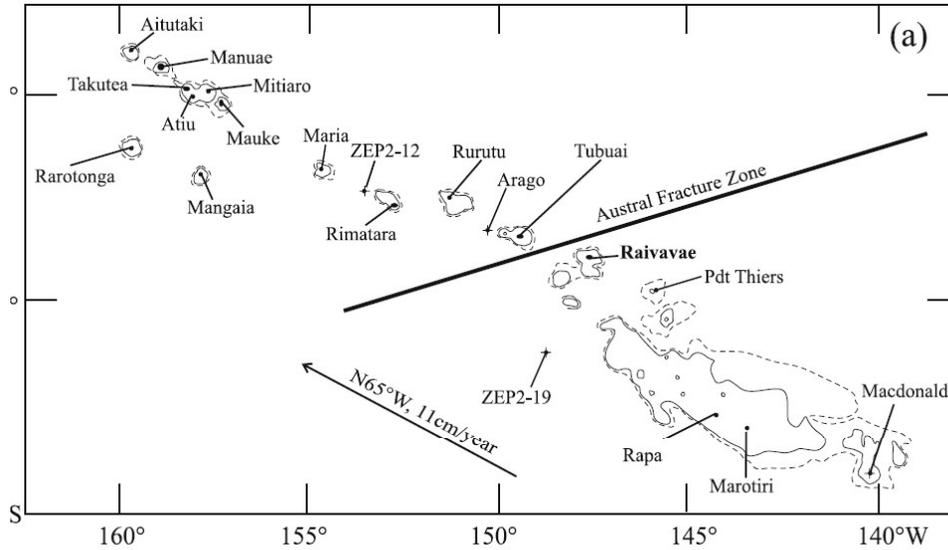


Âge des îles de la Société

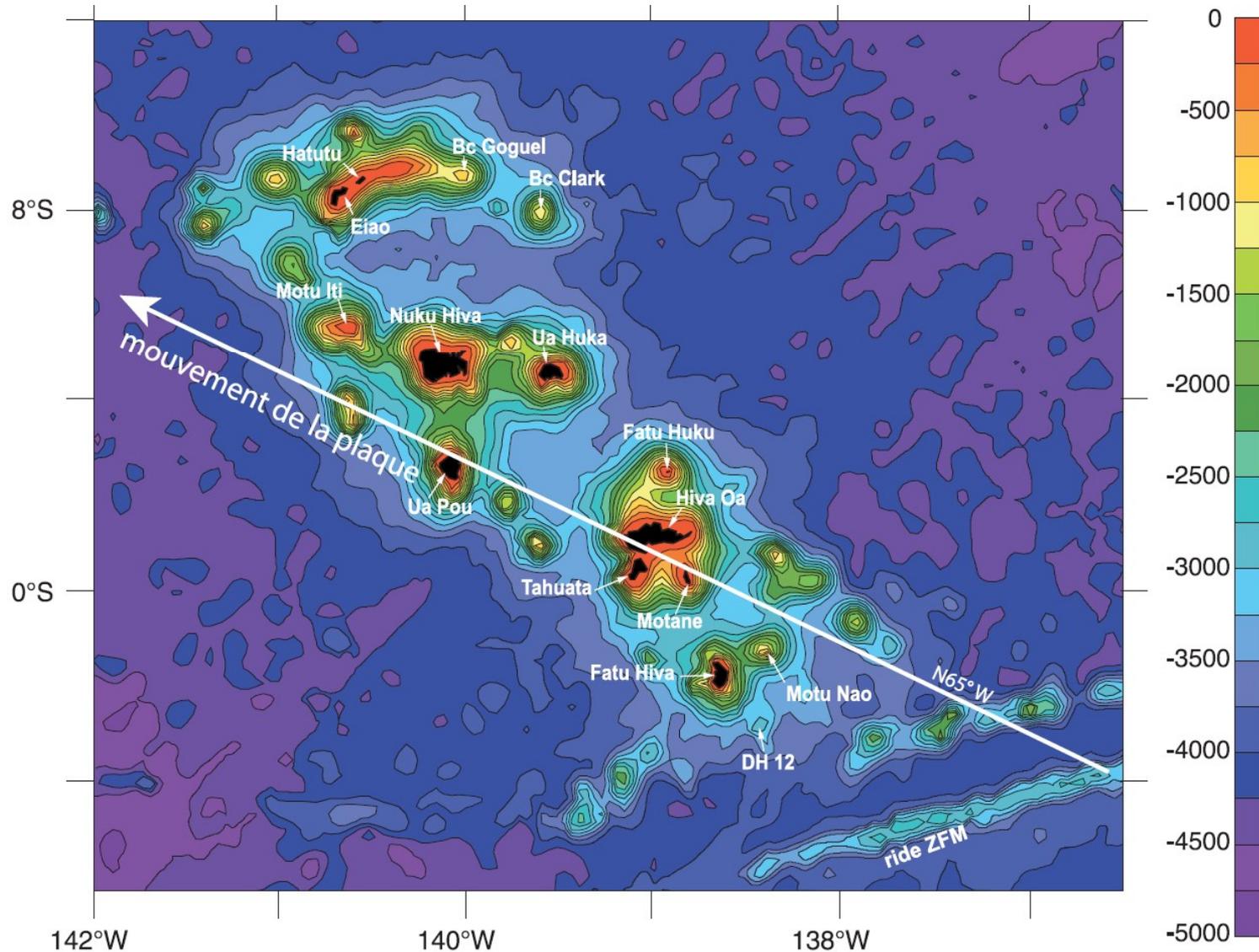


(Clément 2002)

Chaîne linéaire des Australes-Cook

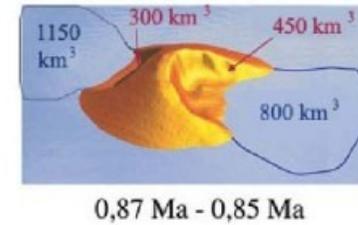
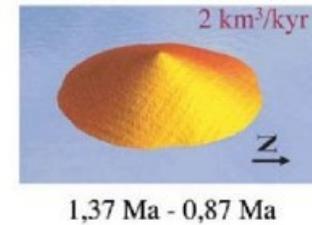


Chaîne linéaires des îles Marquises

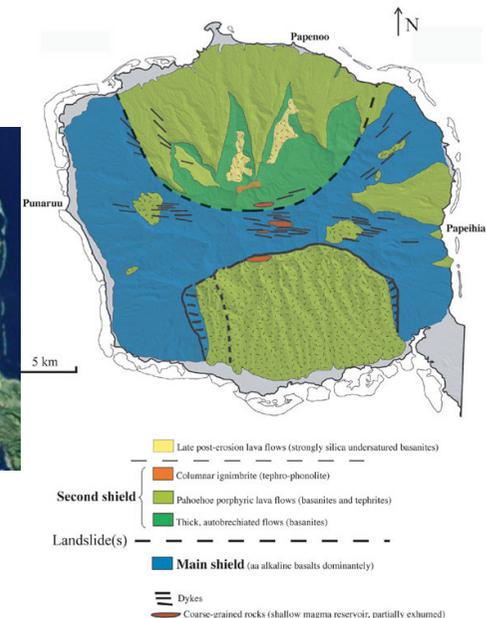


Tahiti : une histoire géologique complexe

- Composée de trois volcans : le **Tahiti Nui** (0.8 MA), le **Taiarapu** sur une presqu'île (0.4 MA) et le **Taravao** sur l'isthme reliant île et presqu'île.
- Le volcan principal se présente dans son ensemble comme un volcan bouclier avec une **caldeira** au centre, correspond à un volcanisme de type effusif.
- La **dissymétrie de la morphologie** du volcan : des planèzes (plateaux volcaniques) aux quatre coins et deux bassins versants au Nord et au Sud, orientés Nord-Sud.
- Des **basaltes d'âges variables** : anciens au centre (de 1,35 à 0,9 MA), plus récents au Nord et au Sud (0,85 à 0,45 MA).
- La présence d'**importants blocs de basalte** de plusieurs centaines ou milliers de tonnes, reposant au fond de l'océan à plusieurs dizaines de kilomètres de l'île, dans les directions Nord et Sud.
- Le scénario de l'histoire géologique de l'île : **formation initiale d'un volcan bouclier, éboulements de plusieurs centaines de km³ des côtés Nord et Sud du cône volcanique puis second épisode volcanique apportant un nouveau matériau traversant le basalte ancien.**



(Hildenbrand et al. 2008)



Types de laves volcaniques

- « **pāhoehoe** » : coulée de laves fluides car pauvres en silice, à surface lisse, avec l'aspect d'un amas de cordes plissées, d'où son nom de « **lave cordée** »
- « **'a'ā** » : coulée de laves visqueuses car riches en silice, à surface rugueuse et irrégulière, qui se solidifie rapidement et prend un aspect croûté, acéré et coupant, constituant un terrain hérissé, d'où parfois son nom de « **laves à gratons** »
- **Lavatubes** (« tunnel ou tubes de lave ») : formés par une coulée volcanique (souvent de type pāhoehoe) qui s'est refroidie en surface en formant une croûte solide mais dont le cœur est resté fluide, permettant à la lave de continuer à s'écouler. Lorsque la coulée cesse d'être alimentée par l'éruption, elle se vide et laisse une cavité en forme de galerie
- **Dyke** : filon ou « lame » de roche volcanique qui s'est injecté dans une fracture/fissure de l'encaissant pouvant donner un relief de colonne ou de mur naturel par érosion de ce dernier.
- **Orgues ou prismes basaltiques** (« colonnes de laves ») résulte de la solidification et de la contraction thermique d'une coulée de lave épaisse peu de temps après son émission. La partie inférieure, qui se refroidit ou s'assèche plus lentement, se fracture de la surface vers la profondeur sous formes de prismes sub-verticaux à section hexagonale
- **Scories** : fragments de lave à surface irrégulière plus ou moins rugueuse dont les bulles ou vacuoles correspondent à aux vides provoqués par le dégazage du magma
- **Bombes** : blocs de lave de quelques cm à plusieurs m de diamètre projetés par une éruption explosive. Les galets aplatis et plats de rivières sont le plus souvent des fragments de boules restées saines après leur altération et produisent le sable noir des plages à l'embouchure des rivières



lave cordée, Hawai'i (JYHM©)



Tuauru, Tahiti (JYHM©)



Fa'atautia, Tahiti (JYHM©)

Types de roches volcaniques

- **Basaltes** = roches volcaniques de couleur sombre, à minéraux/cristaux, ex. basaltes à *olivines* (cristaux jaune-verdâtres), basaltes à *feldspaths* (gros cristaux blancs) appelés « hawaiiites », basaltes à *haüynes* (petits cristaux bleus) appelés « tahitites » (ex. Papenoo, Tahiti)
- **Phonolites/phonolithes** : roches de couleur grise à verdâtre, ou très sombres, composée de *feldspaths* et d'une pâte de verre peu abondante, se débitant en dalle lors de son refroidissement (ex. Pitons ou aiguilles de phonolites de Ua Pou : « pou »). Les phonolite à *grenats* (cristaux de silicates oranges à rouges) connue sous le nom de « **pierres fleuries ou caillous fleuris** » (vallée Hohoi, Ua Pou)
- **Trachytes** : roches volcaniques résultant du refroidissement de laves visqueuses formant surtout des dômes et des protusions, roches à *feldspaths* généralement blanchâtres à gris verdâtre (ex. plateau Temehani Rahi ou « Uo Uo »)
- **Gabbros** : roches plutoniques formées (et ayant cristallisées) en profondeur, à texture grenue et caractérisées par une abondance de cristaux (*feldspaths*, *olivines*, *pyroxènes*), parfois affleurant (ex. caldeira de Faaroa, Raiatea)



Poumaka, Ua Pou (JYHM©)



Carte géologique de Tahiti

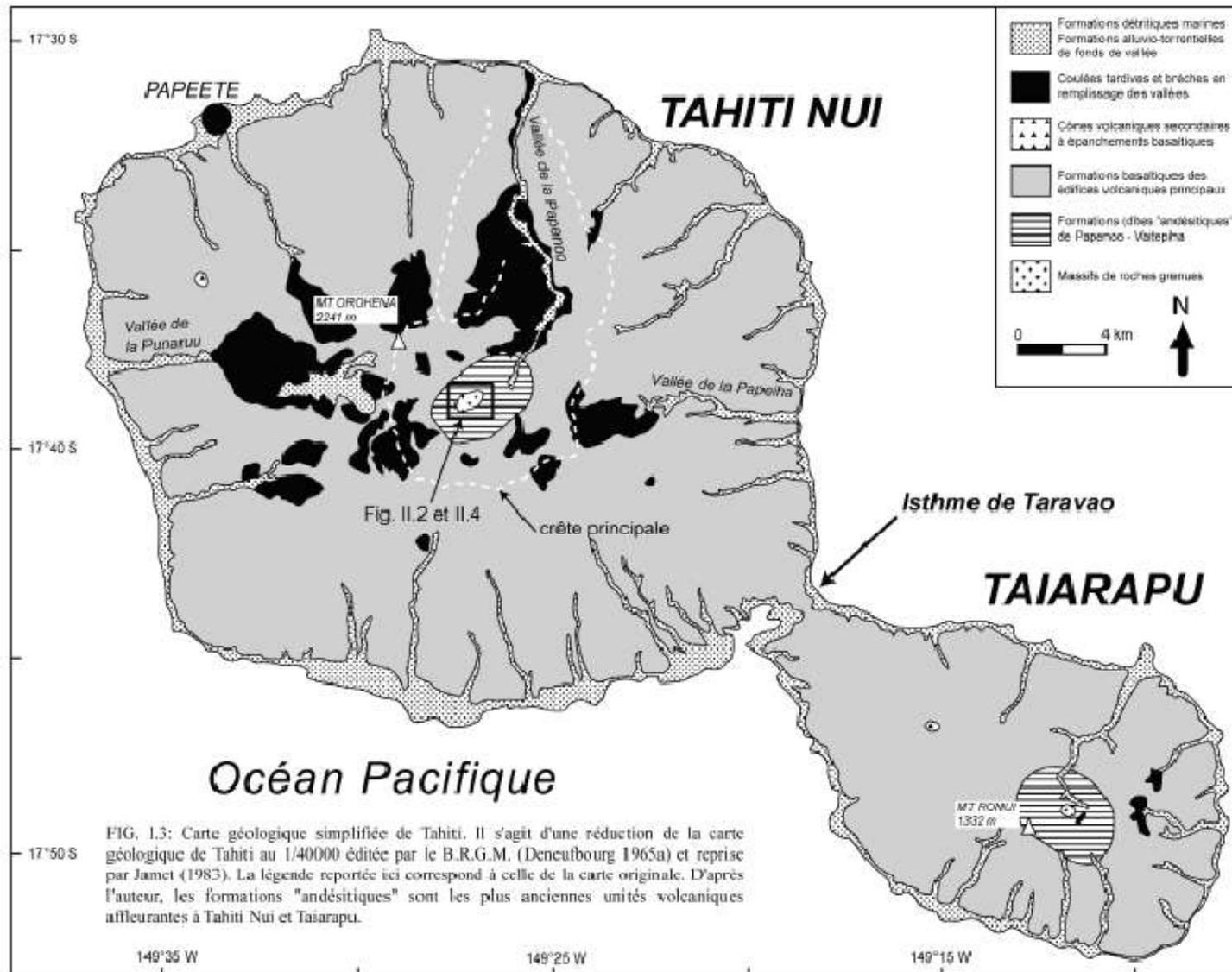


FIG. 1.3: Carte géologique simplifiée de Tahiti. Il s'agit d'une réduction de la carte géologique de Tahiti au 1/40000 éditée par le B.R.G.M. (Deneubourg 1965a) et reprise par Jamet (1983). La légende reportée ici correspond à celle de la carte originale. D'après l'auteur, les formations "andésitiques" sont les plus anciennes unités volcaniques affleurantes à Tahiti Nui et Taiarapu.

Cartes géologiques des Iles Sous Le Vent

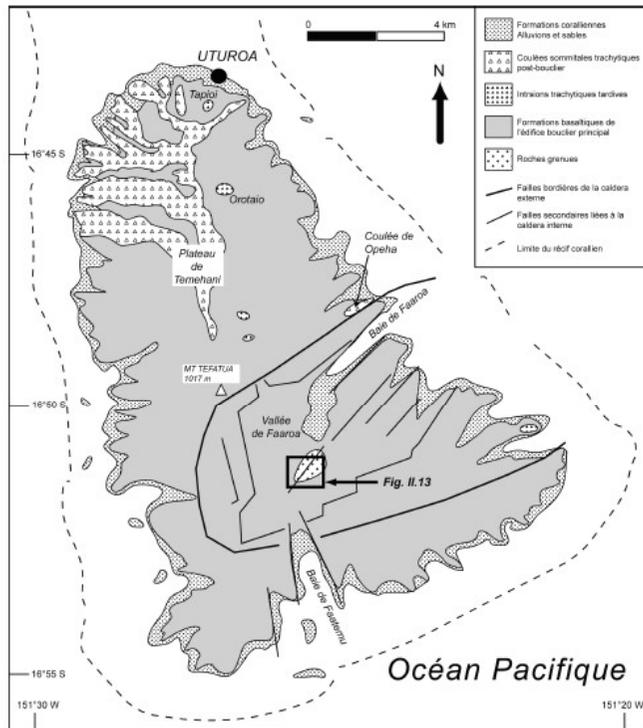


FIG. 14: Carte géologique simplifiée de l'île de Raiatea. Elle est réalisée d'après ORSTOM (1993) et Blais et al. (1997). La localisation de la carte d'échantillonnage (Fig. II.13) est soulignée par un rectangle noir.

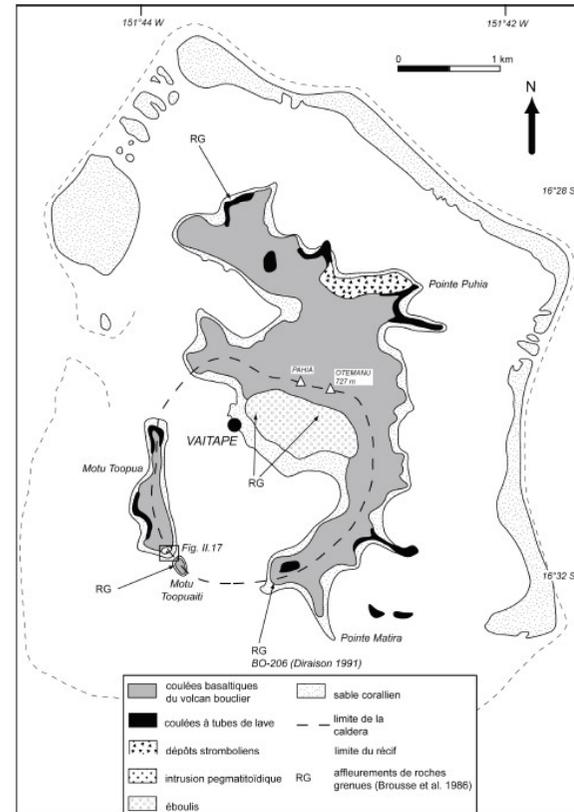


FIG. 15: Carte géologique simplifiée de l'île de Bora Bora (d'après Blais et al. 2000). Elle comporte les points d'affleurements de roches grenues mentionnés par Brousse et al. (1986) et Diraison (1991). L'échantillon BO-206 est le seul de l'échantillonnage de R. Brousse dont nous avons pu nous procurer la lame mince.

Vent

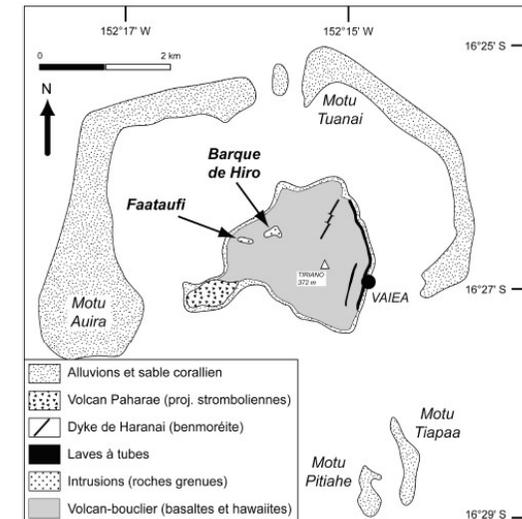


FIG. 16: Carte géologique simplifiée de l'île de Maupiti, construite d'après Blais et al. (2002).

Carte géologique de Raivavae (Australes)

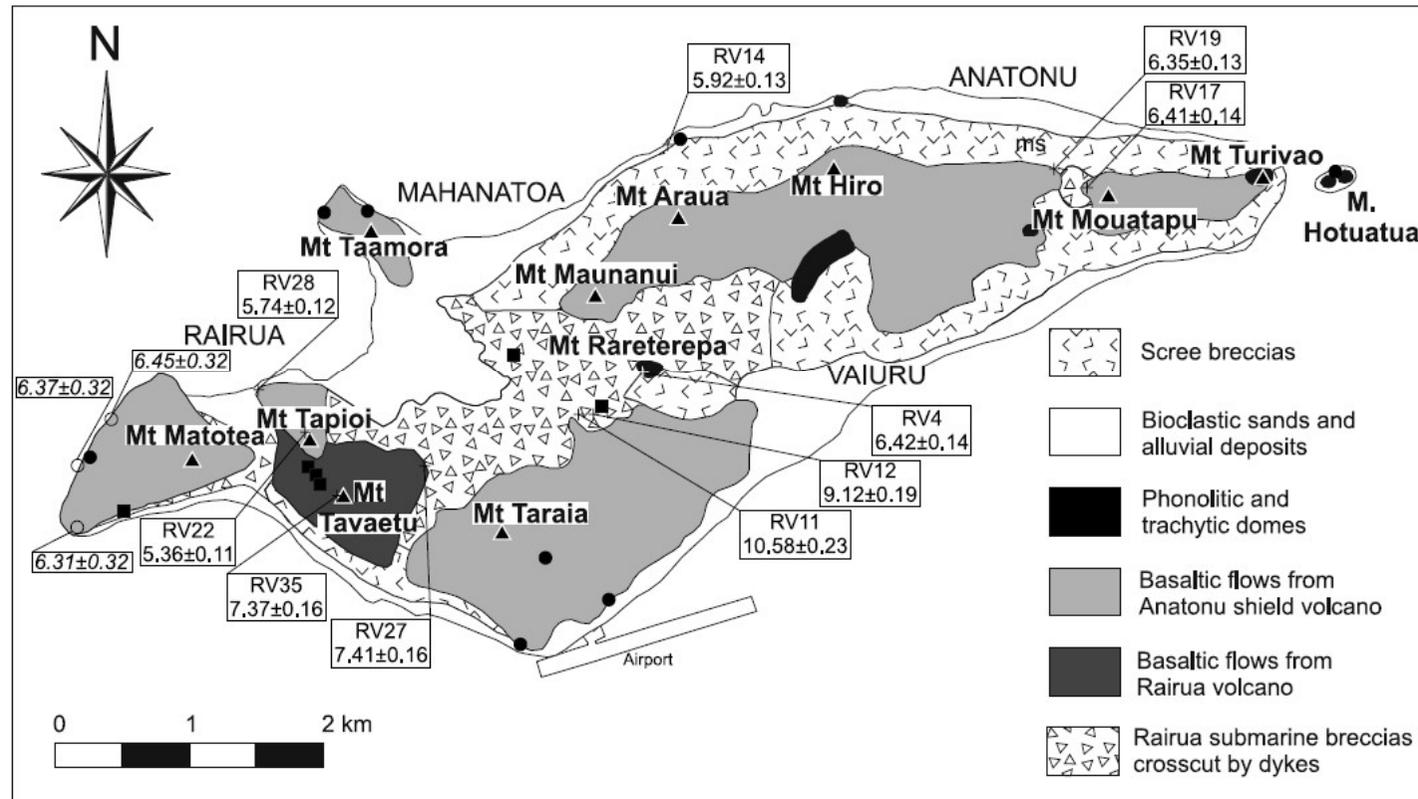
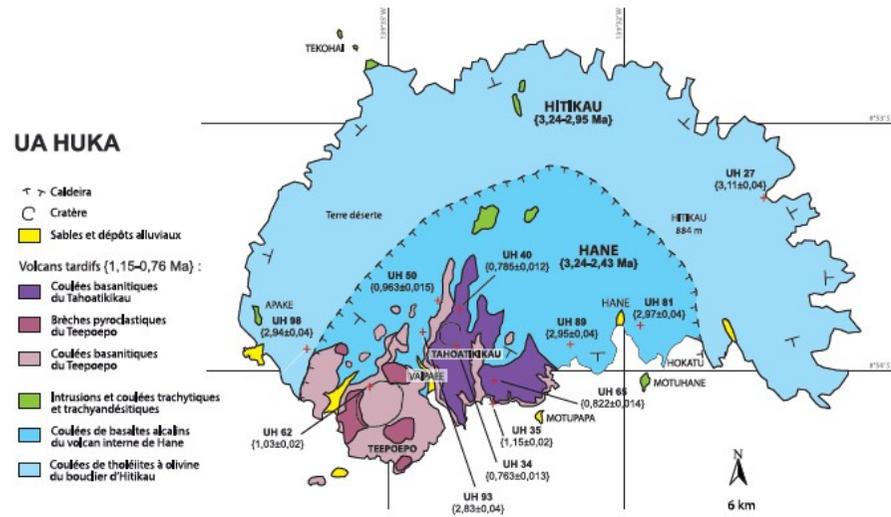
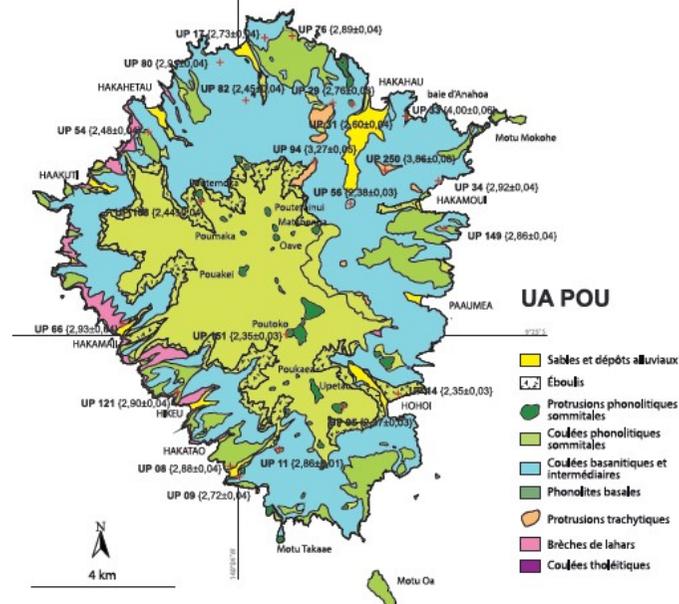
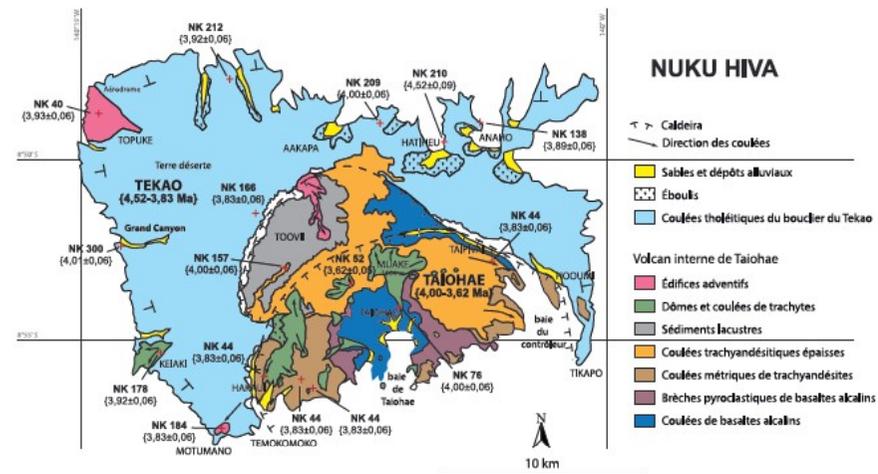
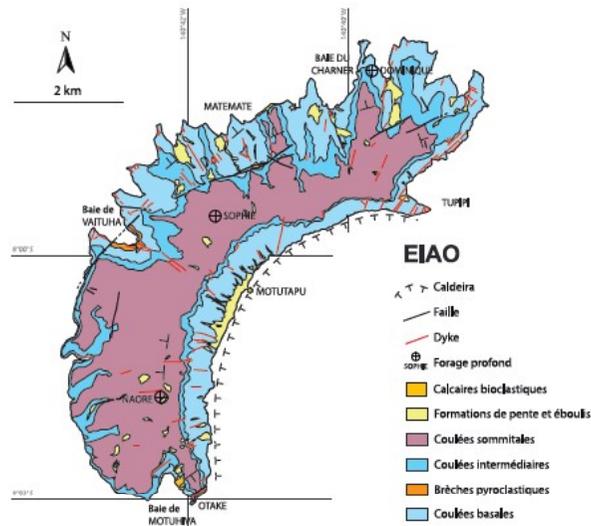


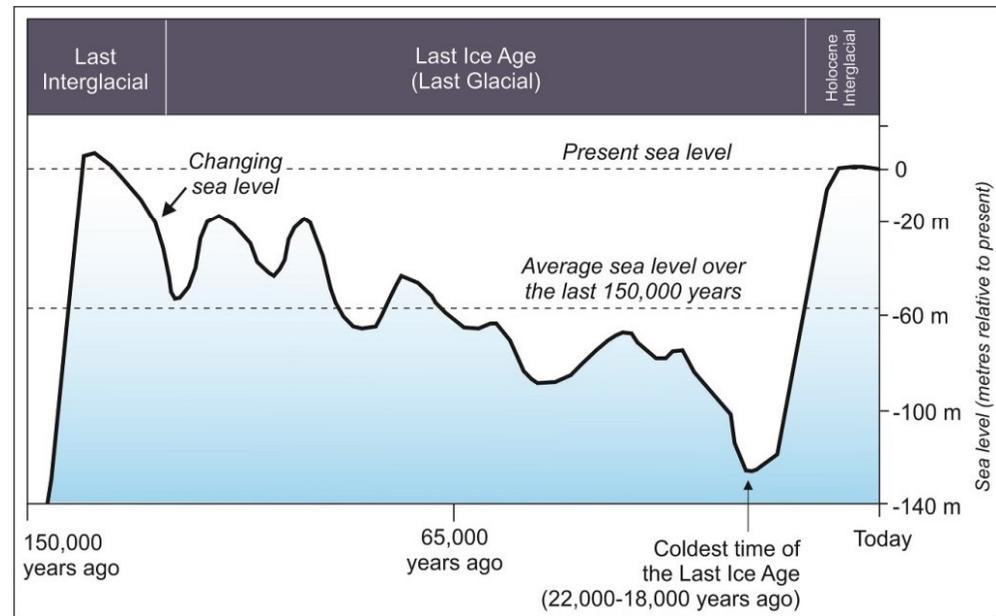
FIG. 2. – Geological sketch map of Raivavae, simplified from Guille *et al.* [2011]. Miocene sediments outcropping beneath the scree breccias near Anatonu are denoted by the letters ms. Filled squares indicate the location of HIMU-type lavas according to GPS data from Lassiter *et al.* [2003], and filled circles indicate the location of the second group lavas according to these authors. K/Ar ages from the present study are shown in bold numbers, and those from previous studies [Duncan and McDougall, 1976; Diraison, 1991] in italics.

Cartes géologiques des îles des Marquises nord



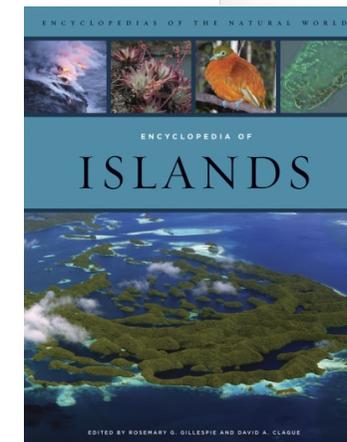
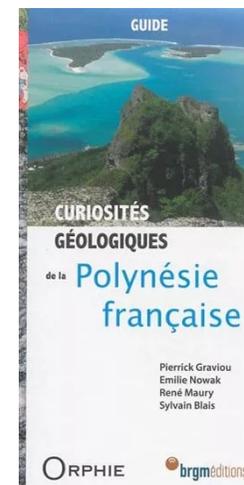
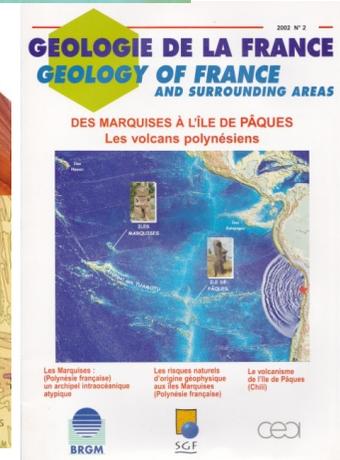
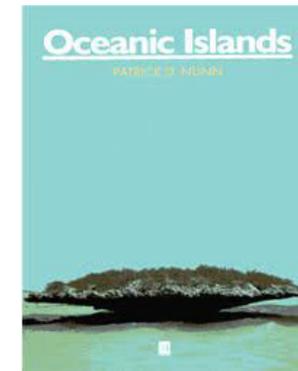
Variations du niveau de la mer – *Sea level changes*

- Lors des derniers millions d’années, le niveau de la mer a oscillé tous les 100 000 ans entre les périodes glaciaires (avec un niveau bas) et interglaciaires (niveau élevé)
- Nous sommes aujourd’hui en période interglaciaire de l’Holocène (commencé il y a 12 000 ans) où l’océan est élevé
- Il y a 18 000 ans, le niveau de la mer était 120 m plus bas qu’aujourd’hui !



Bibliographie

- DUPON, J.-F. (coord.) (1993) *Atlas de la Polynésie française*. Editions de l'ORSTOM, Paris, 112 Planches.
- NUNN, P. D. (1994) *Oceanic Islands*. Blackwell Publishers, Oxford, 413 pages.
- MAURY, R. et al. (2000, 2001, 2009) ; BLAIS, S. et al. (2006, 2008) ; GUILLE, G. et al. (2010). *Carte géologique de la Polynésie française : Bora Bora, Maupiti, Moorea, Raiatea, Tahaa, Rurutu, Tubuai, Raivavae, Nuku Hiva, Ua Huka, Ua Pou, Eiao, Hiva Oa, Tahuata, Motane*. BRGM Editions.
- (2002) *Des Marquises à l'île de Pâques. Les volcans polynésiens*. Géologie de France n°2. BRGM Editions, Société Géologique de France, 64 pages.
- CLEMENT, J.-P. (2002) *Mise en place et cristallisation des massifs grenus et pegmatitoïdiques des volcans de l'archipel de la Société, Polynésie française*. Thèse de doctorat, Université de Brest Occidentale, 319 pages.
- BONNEVILLE, A. (2009) *French Polynesia, Geology*. Pp 338-345 in GILLESPIE, R.G. & CLAGUE, D.A. (eds.) *Encyclopedia of Islands*. University of California Press, Berkeley, 1074 pages.
- GRAVIOU, P., NOWAK, E., MAURY, R. & BLAIS, S. (2013) *Curiosités géologiques de la Polynésie françaises*. Editions Orphie, BRGM Editions, Orléans, 120 pages.



Māuruuru roa ! *Thanks a lot
for your attention*



PELE, Goddess of Hawai'i's Volcanoes (© Herb Kawainui Kane)