



HAL
open science

Diversité géodynamique de l'outre-mer français

Pol Guennoc, Pierre Nehlig, Walter Roest

► **To cite this version:**

Pol Guennoc, Pierre Nehlig, Walter Roest. Diversité géodynamique de l'outre-mer français. Géosciences, 2011, 14, pp.8-21. hal-00662087

HAL Id: hal-00662087

<https://brgm.hal.science/hal-00662087>

Submitted on 23 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



L'outre-mer français présente un échantillonnage quasi complet de la diversité géodynamique de notre planète : fragments de lithosphères océaniques et continentales, zones d'accrétion océanique, zones de subduction, obduction de lithosphère océanique, points chauds, marges passives et vieux socles continentaux. Ces territoires témoignent de l'évolution et des phénomènes géodynamiques qui ont édifié et construisent encore de nos jours la diversité géologique de l'outre-mer français.

Cratère phréatomagmatique sur le lagon de Petite-Terre (Mayotte).

Phreatomagmatic crater on the lagoon of Petite-Terre (Mayotte).

© BRGM – P. Nehlig.



Diversité géodynamique de l'Outre-mer français

08

GÉODYNAMIQUE



Pol Guennoc

BRGM, DIRECTION DE LA RECHERCHE
p.guennoc@brgm.fr

Pierre Nehlig

BRGM, SERVICE GÉOLOGIE
p.nehlig@brgm.fr

Walter Roest

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE
POUR L'EXPLOITATION DE LA MER (IFREMER)
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
DU PROGRAMME EXTRAPLAC
walter.roest@ifremer.fr

La Polynésie, les Antilles, la Réunion, la Guyane, la Nouvelle-Calédonie... sont des noms qui évoquent des paysages typiques, bien identifiables par des formes de relief, des types de végétation, des modes de construction, une couleur de terre, des lignes d'horizon... Selon l'échelle d'observation, selon le relief, la culture de celui qui l'observe, on y verra soit l'empreinte de la végétation, soit celle de l'homme ou encore du relief. Mais la composante essentielle de ces paysages est celle de la géologie, du minéral, du sous-sol. C'est bien elle qui prédomine dès que le recul est suffisant. Reliefs, géoressources minérales et énergétiques, aléas naturels, potentiel agricole et industriel... c'est le monde minéral qui conditionne une grande part de ces paysages ainsi que les usages que l'homme a pu en faire.

Les territoires de l'outre-mer français recouvrent une grande variété de contextes géodynamiques, représentatifs de la géodiversité des processus impliquant la lithosphère, enveloppe rigide de la Terre, et d'autres issus des niveaux plus profonds de l'asthénosphère : zones de subduction, obductions, fractures océaniques, et même quelques points chauds, expressions de panaches du manteau. C'est donc un véritable manuel de géologie que l'outre-mer nous offre avec ses phénomènes dits telluriques (zones sismiques et volcans actifs) ou plus superficiels, comme le panache alluvial de l'Orénoque, les altérations tropicales menant aux latérites ou les récifs coralliens du Pacifique, de l'Atlantique et de l'océan

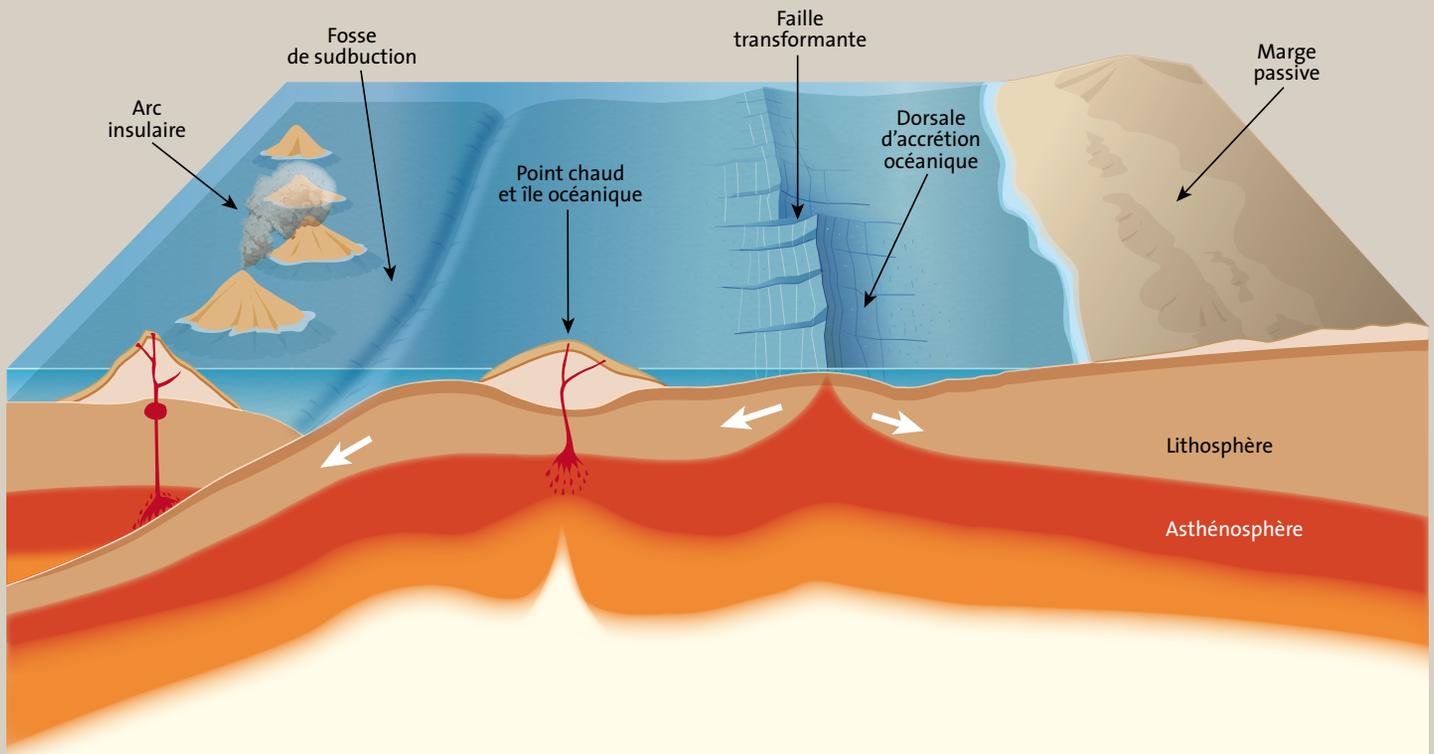


Fig. 1 : Les différents types de frontière entre les plaques.

Fig. 1: The different types of plate boundaries.

D'après © This Dynamic Planet, USGS.

Panache mantellique	Réunion, Kerguelen
Points chauds	Polynésie française, Amsterdam et Saint-Paul, les îles Éparses, Mayotte, Clipperton
Subduction, arc volcanique	Antilles, Wallis et Futuna
Obduction de croûte océanique	Nouvelle-Calédonie
Croûte continentale et marge passive	Guyane, Saint-Pierre-et-Miquelon, Terre Adélie

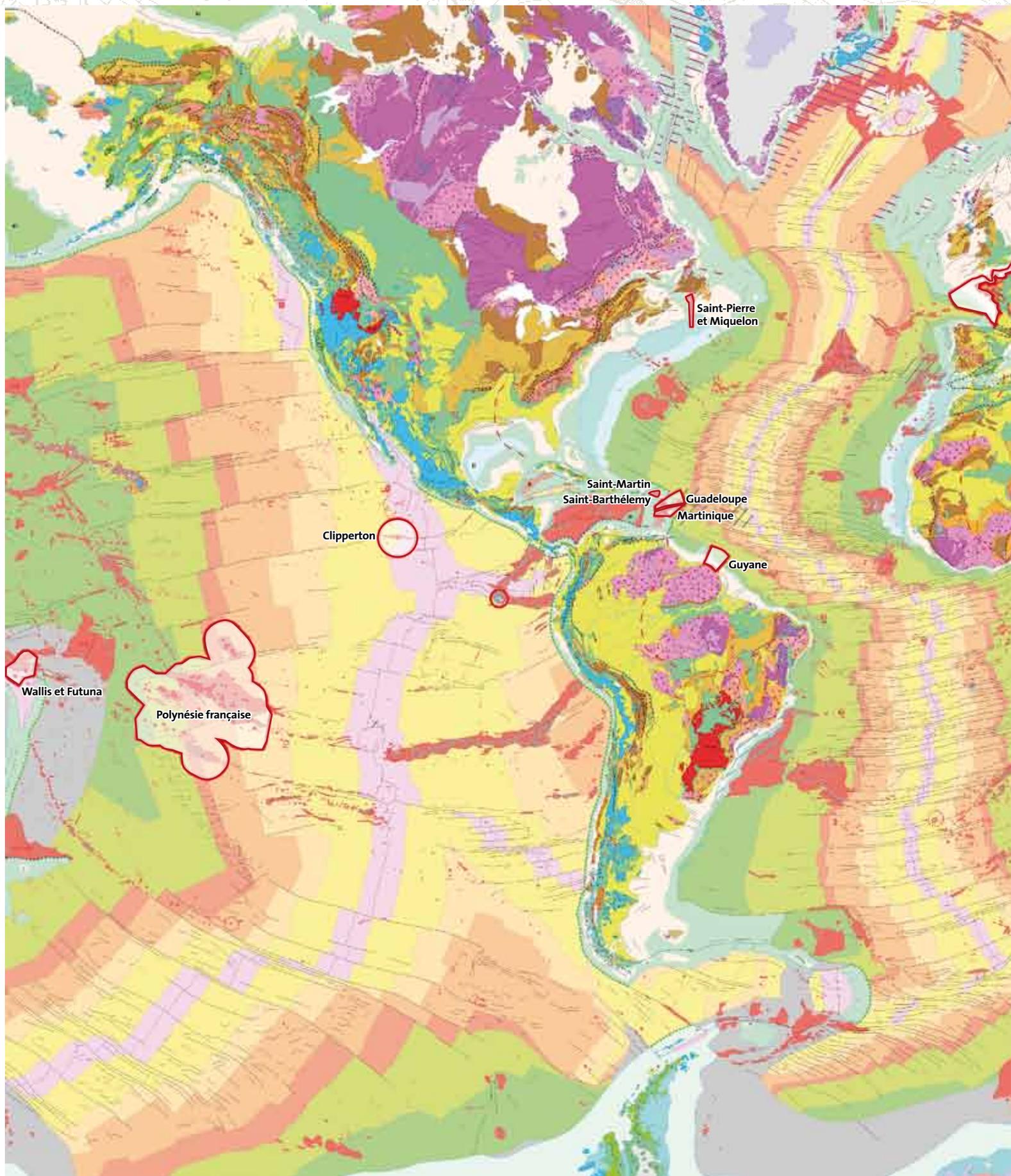
Indien. Les phénomènes seront à peine perceptibles, comme le fort gradient géothermique à l'intérieur de certaines îles volcaniques, ou d'ampleur exceptionnelle, comme les gigantesques glissements de pentes des îles océaniques, plus prononcés encore en mer qu'en surface.

Cette diversité géodynamique de l'outre-mer a des incidences fortes en termes d'occupation du territoire et d'exploitation du sous-sol. Qu'il s'agisse du riche patrimoine géologique support de biodiversité remarquable, valorisé notamment dans les parcs nationaux et les sites classés au titre de l'Unesco, de ressources en eau abondantes mais particulièrement fragiles, de ressources minérales pour la construction ou l'industrie ou qu'il s'agisse encore de risques sismiques, volcaniques, de mouvements de terrains, les géosciences sont largement mobilisées dans ces territoires pour répondre aux besoins d'occupation et d'exploitation

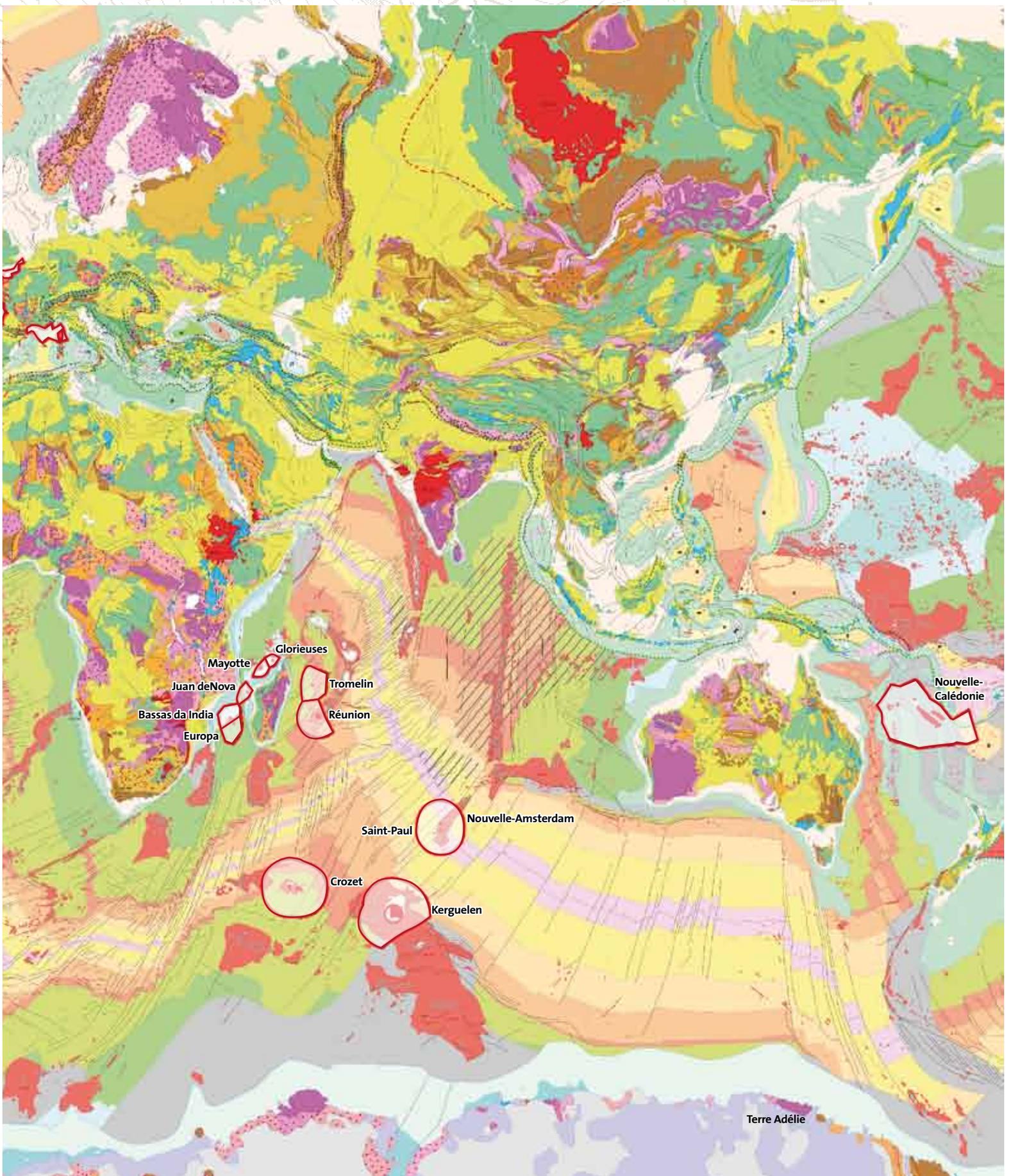
du sol et du sous-sol. C'est ainsi que le BRGM et l'Ifremer, en partenariat avec des acteurs locaux et nationaux publics et privés, y ont conduit de nombreuses campagnes de cartographies terrestres et marines en accompagnement des besoins de développement démographiques et économiques. La connaissance géologique que nous avons de ces territoires résulte pour l'essentiel de ces travaux.

Les territoires de l'outre-mer français occupent les trois grands espaces maritimes de la planète (figures 2 et 3) : océans Indien, Pacifique et Atlantique. Leurs principales caractéristiques géodynamiques (figure 2 et tableau 1) sont présentées, après un bref rappel des caractéristiques de ces grands domaines océaniques.

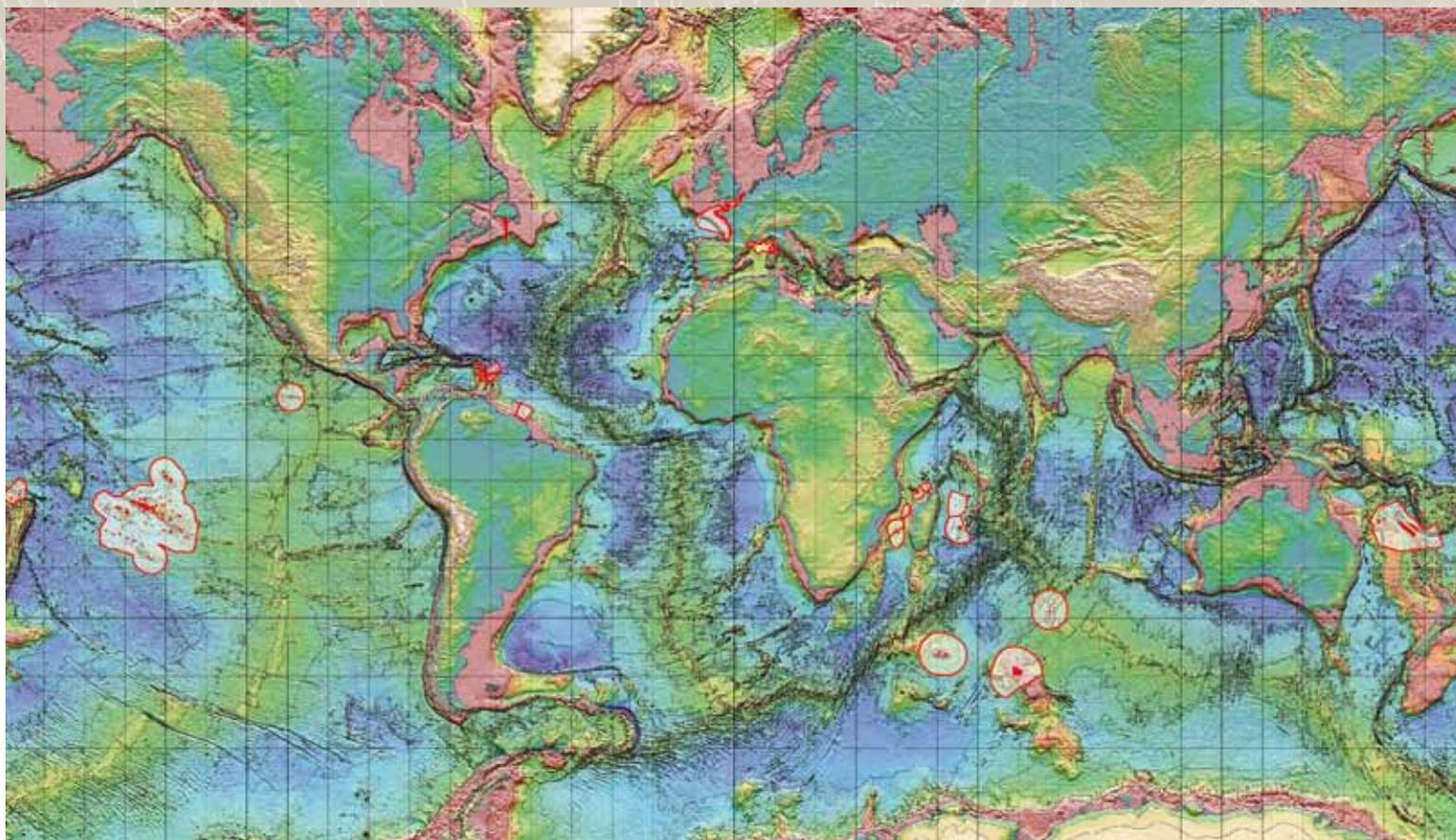
“ Les territoires de l'outre-mer français occupent les trois grands espaces maritimes de la planète. ”



▲ Fig. 2 : Carte géologique du monde avec localisation des territoires de l'outre-mer français et de leur zone économique exclusive (ZEE) incluant celle de la France métropolitaine (voir l'encadré Extraplag). Projection Mercator. Dans les océans Pacifique, Atlantique, Indien dominent les teintes jaunes, une couleur choisie par convention qui représente l'âge géologique : les océans ne sont pas plus âgés que 200 millions d'années. Contrairement aux océans, éternellement jeunes, les parties les plus anciennes des continents datent d'environ quatre milliards d'années. La zone économique exclusive de la France atteint plus de 10 millions de km² et représente la deuxième plus importante au monde. La ZEE des territoires d'outre-mer couvre plus de 97 % de cette superficie et celle de la Polynésie, qui atteint 4,8 millions de km², en constitue à elle seule près de la moitié.



▲ Fig. 2: The geological map of the world showing the locations of the overseas territories and their exclusive economic zones (EEZ) including that of continental France (see the Extraplac boxed text). Mercator projection. In the Pacific, Atlantic and Indian Oceans, yellows predominate, a colour chosen conventionally, representing geological age: the oceans are no older than 200 million years. Unlike the oceans, forever young, the oldest portions of the continents are some four billion years old. France's exclusive economic zone covers more than 10 million km², the second largest in the world. The EEZ of the overseas territories corresponds to over 97% of this surface area, and that of Polynesia alone, amounting to 4.8 million km², accounts for nearly half.



▲ Fig. 3 : Carte physiographique du monde avec localisation des territoires de l'outre-mer et de leur zone économique exclusive.

© CCGM, Ph. Bouysse, 2009.

Fig. 3: Physiographic map of the world showing the locations of the overseas territories and their exclusive economic zones.

© CCGM, Ph. Bouysse, 2009.

► LE PROGRAMME FRANÇAIS EXTRAPLAC

Walter Roest – Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) – Responsable scientifique et technique du programme Extraplac – walter.roest@ifremer.fr

Aux termes de la convention des Nations unies sur le droit de la mer de 1982, également connu comme la convention de Montego Bay, les États côtiers ont la possibilité d'étendre leur plateau continental au-delà des 200 milles marins de la juridiction nationale. Cette extension vers la haute mer n'est pas automatique, puisqu'elle se fonde sur des preuves géologiques et géophysiques qui visent notamment à démontrer que la masse terrestre de l'État se prolonge sous la mer à des distances excédant les 200 milles marins des côtes. Des critères incluent la rupture de pente à l'endroit où la pente continentale rejoint les grands fonds océaniques, l'épaisseur des roches sédimentaires ou encore l'isobathe de 2 500 m. Toute demande d'extension est examinée par une commission *ad hoc* de l'ONU, la Commission des limites du plateau continental (CLPC). Une fois l'extension acquise, l'État côtier aura des droits exclusifs pour l'exploitation des ressources naturelles, contenues dans le sol

et le sous-sol, dont les ressources minérales et hydrocarbures, mais aussi des ressources biologiques des fonds, comme par exemple les bactéries utilisables pour les biotechnologies. De même, l'État a la capacité de créer des aires marines protégées et de promouvoir la protection de la biodiversité.

Piloté par le Secrétariat général de la Mer et financé par le ministère de l'Écologie, le programme français Extraplac (pour extension raisonnée du plateau continental) a pour but de faire les études nécessaires sur l'ensemble des zones concernées par la possibilité d'extension et de présenter les demandes auprès de la Commission des limites du plateau continental de l'ONU. Le comité de pilotage comprend des représentants des ministères des Affaires étrangères, de l'Écologie, de la Recherche, de l'Outre-mer, de la Défense et du Budget. Sur le plan scientifique et technique, le programme est mené depuis 2003

par l'Ifremer avec le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM), l'IFP Énergies nouvelles et l'Institut polaire français Paul-Émile Victor, ainsi que le BRGM, l'IPG Paris, l'IPG Strasbourg et l'IUEM Brest.

Plus de quinze campagnes d'acquisition à la mer ont ainsi été menées ces dernières années au large des Antilles, en Nouvelle-Calédonie, en Guyane, à la Réunion et dans les Terres australes et antarctiques françaises, etc., afin de fournir les données scientifiques et les interprétations nécessaires à la préparation des dossiers de revendication d'extension du plateau continental. À ce jour, huit dossiers ont été déposés auprès des Nations unies, ce qui permettrait d'étendre l'espace maritime français d'environ 1,5 million de km², soit une surface équivalente à trois fois celle de la métropole. ■

Pour plus d'informations : www.extraplac.fr

	Plaque tectonique	Contexte géodynamique	Nature de la croûte	Lithologie dominante	Population	Densité	Superficie (km ²)	Superficie ZEE	Zone géographique	Statut administratif
Atlantique										
Martinique	Caraïbes et Amérique du Nord	Subduction	Océanique	Volcanique	394 000	349	1 128	47 000	Amérique Latine et Caraïbes	DROM
Guadeloupe	Caraïbes et Amérique du Nord	Subduction	Océanique	Volcanique	408 000	259	1 702	86 000	Amérique Latine et Caraïbes	DROM
Saint-Barthélemy	Caraïbes et Amérique du Nord	Subduction	Océanique	Volcanique	6 852	326	21	4 000	Amérique Latine et Caraïbes	COM
Saint-Martin	Caraïbes et Amérique du Nord	Subduction	Océanique	Volcanique	28 524	528	54	1 000	Amérique Latine et Caraïbes	COM
Guyane	Amérique du Sud	Craton et marge	Marge	Métamorphique	170 000	2	84 000	126 000	Amérique Latine et Caraïbes	DROM
Saint-Pierre et Miquelon	Amérique du Nord	Volcanisme intraplaque	Continentale	Métamorphique	6 530	27	242	10 000	Amérique du Nord	COM
Pacifique										
Nouvelle-Calédonie	Australie		Océanique	Péridotite	170 000	9	18 580	1 364 000	Océanie	COL
Polynésie française	Pacifique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	250 000	60	4 200	4 804 000	Océanie	COM
Wallis et Futuna	Australie et Pacifique		Océanique	Volcanique	15 000	75	274	266 000	Océanie	COM
Clipperton	Pacifique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Sédimentaire	0	0	11	435 000	Amérique Latine et Caraïbes	DPE
Océan Indien										
Réunion	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	760 000	303	2 512	322 600	Océan Indien et Canal du Mozambique	DROM
Mayotte	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	178 000	476	374	62 000	Océan Indien et Canal du Mozambique	DOM
Nouvelle-Amsterdam	Antarctique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	20 ⁽¹⁾	0	60	205 000	Antarctique et Sud de l'océan Indien	TOM
Îles Kerguelen	Antarctique	Province ignée	Océanique	Volcanique	100 ⁽¹⁾	0	7 200	547 000	Antarctique et Sud de l'océan Indien	TOM
Saint-Paul	Antarctique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	0	0	8	260 000	Antarctique et Sud de l'océan Indien	TOM
Archipel des Crozet	Antarctique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	20 ⁽¹⁾	0	340	562 000	Antarctique et Sud de l'océan Indien	TOM
Terre Adélie	Antarctique	Craton et marge	Continentale	Métamorphique	30 ⁽¹⁾	0	432 000	112 000	Antarctique et Sud de l'Océan Indien	TOM
Îles Éparses										
Bassas da India	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Sédimentaire	0	0	1	123 700	Océan Indien et Canal du Mozambique	DPE
Tromelin	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Volcanique	5 ⁽¹⁾	5	1	285 300	Océan Indien et Canal du Mozambique	DPE
Europa	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Sédimentaire	15 ⁽¹⁾	1	28	127 300	Océan Indien et Canal du Mozambique	DPE
Îles Glorieuses	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique	Sédimentaire	15 ⁽¹⁾	3	5	48 350	Océan Indien et Canal du Mozambique	DPE
Juan de Nova	Afrique	Volcanisme intraplaque	Océanique Sédimentaire	Sédimentaire	15 ⁽¹⁾	4	4	61 050	Océan Indien et Canal du Mozambique	DPE

▲ **Tableau 1 : Diversité géologique et géodynamique de l'outre-mer français.**

(1) base scientifique et/ou militaire.

Table 1: Geological and geodynamic diversity in French overseas territories.

Les territoires de l'océan Indien

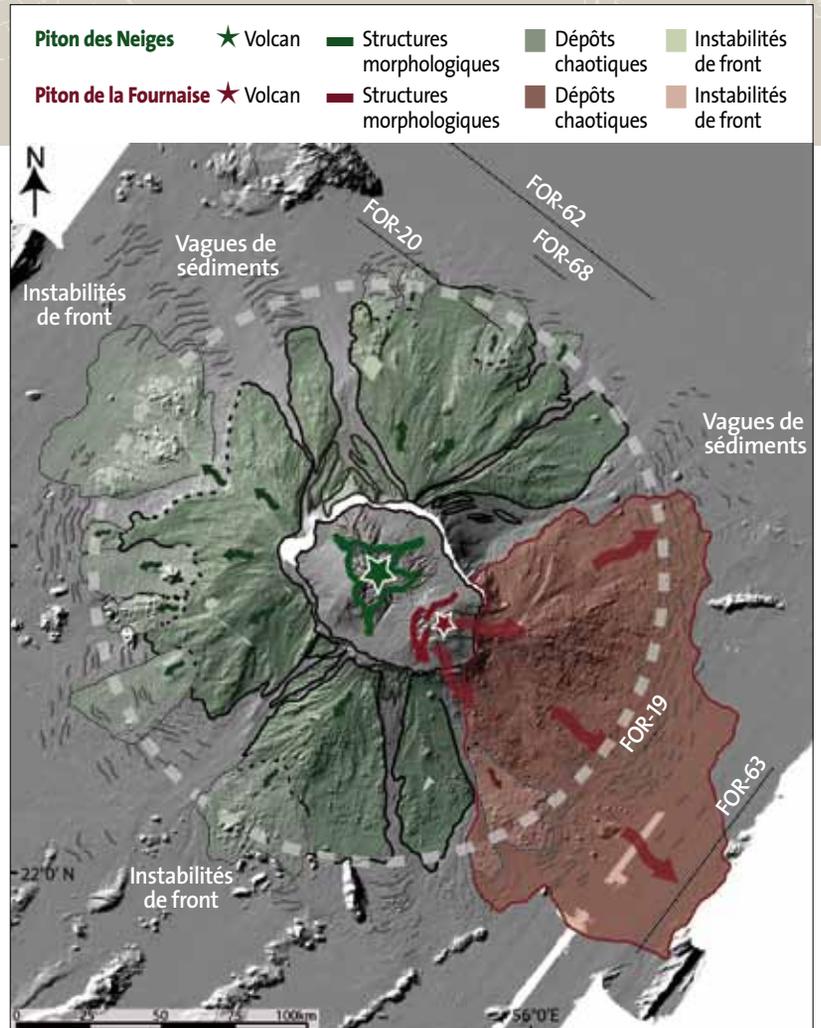
Les îles de l'océan Indien et les domaines océaniques qui les environnent permettent de reconstituer l'histoire géologique de l'océan.

Les prémices de l'éclatement du continent gondwanien qui soude l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Australie et l'Antarctique se produisent entre l'Afrique et le Gondwana oriental au niveau de ce qui deviendra l'archipel des Comores. C'est là que l'on trouve la lithosphère océanique la plus ancienne de l'océan Indien. À l'Aptien se détachent les blocs Afrique/Madagascar/Inde et Australie/Antarctique au niveau d'une ride d'accrétion située à l'aplomb d'un panache mantellique qui forme les croûtes océaniques épaisses de Crozet et de Kerguelen – Broken-Ridge. Le fonctionnement asymétrique de cette ride permet le développement au sud du plateau des Kerguelen jusqu'à l'Éocène, alors qu'au nord se forme le chapelet d'îles volcaniques de Broken-Ridge sur plus de 4 000 km de long.

À la limite Crétacé-Tertiaire, vers 65 Ma, se mettent en place les vastes trapps du Deccan⁽¹⁾ au-dessus d'un point chaud localisé aujourd'hui sous la Réunion et dont on retrouve les traces sous les Mascareignes sur 5 000 km de long. Après l'Éocène, la collision entre l'Inde et l'Asie se traduit par une réorganisation des plaques et l'ouverture de la dorsale ouest indienne (dorsale de Carlsberg), qui coupe le plateau des Mascareignes, et de la dorsale sud-est indienne qui sépare les Kerguelen de Broken-Ridge.

(1) Les trapps (escaliers en suédois) du Deccan sont une grande province ignée de l'ouest de l'Inde, d'origine volcanique et constituée d'un empilement de coulées de lave sur plus de 2 000 mètres d'épaisseur.

Il y a 65 Ma se mettent en place les trapps du Deccan à l'aplomb d'un point chaud localisé aujourd'hui sous la Réunion.



La Réunion : émergence d'un panache mantellique

La Réunion, entre Madagascar et la dorsale ouest-indienne, se situe sur une croûte océanique vieille de 80 Ma. L'île est constituée par la juxtaposition d'un volcan pliocène inactif, le Piton des Neiges, qui culmine à plus de 3 000 m et d'un volcan actif, le Piton de la Fournaise, à 2 630 m. La Réunion est un exemple classique (avec Hawaii dans le Pacifique) de l'émergence d'un panache mantellique qui prend sa source à l'interface noyau-manteau et dont la fusion au toit de l'asthénosphère génère les magmas à l'origine de la construction de l'édifice volcanique. Ce panache, actif depuis 65 Ma, a alimenté les trapps du Deccan en Inde, ainsi qu'un chapelet d'îles volcaniques submergées formant l'alignement des Mascareignes, lui-même scindé en deux segments par l'ouverture de la dorsale de Carlsberg. La succession des phénomènes magmatiques très actifs qui ont abouti à la construction de l'île de la Réunion s'accompagne de phénomènes d'érosion massive, de

▲ **Fig. 4 : Modèle des glissements de flancs de l'île de la Réunion drapés sur les données bathymétriques et topographiques.**

D'après Le Friant et al., 2011.
 Fig 4: A model of flank deposits on Reunion Island draped atop bathymetric and topographic data.
 From Le Friant et al., 2011.



transports en masse de matériaux grossiers (blocs et galets) et de déstabilisation de flancs dont les plus spectaculaires ont été cartographiés sur les pentes sous-marines du volcan sur plusieurs centaines de kilomètres autour de l'île (figure 4).

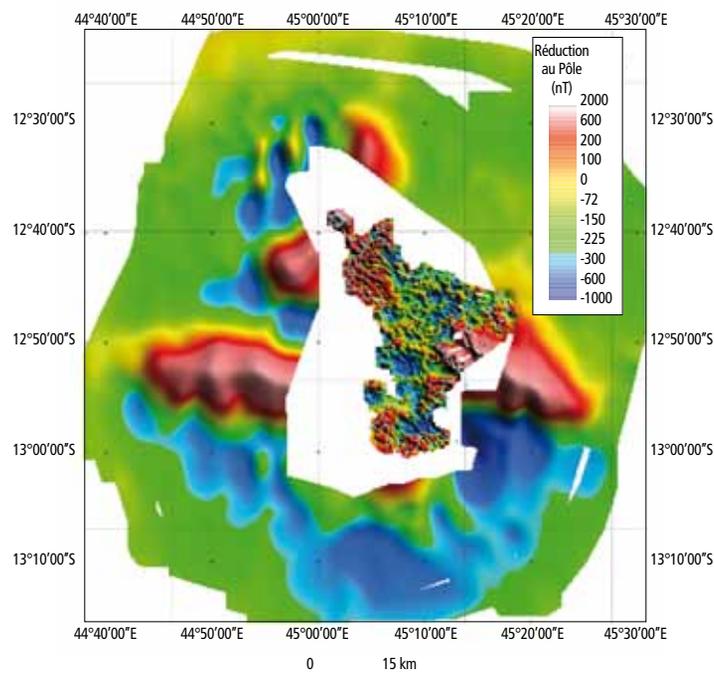
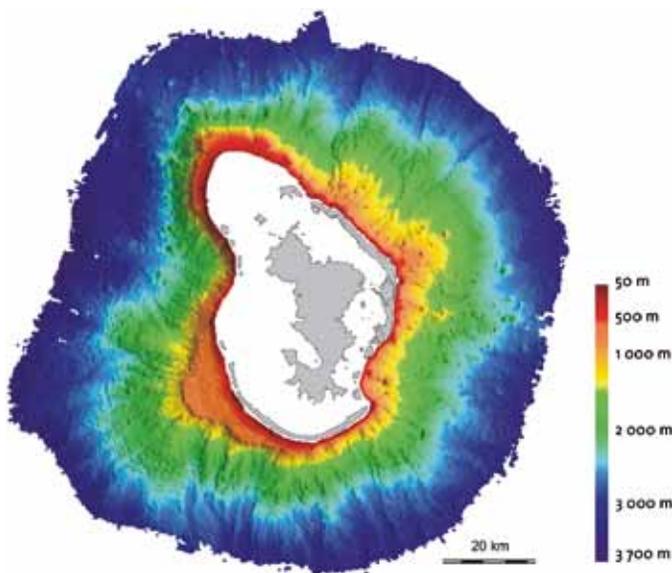
Mayotte :
un point chaud entre l'Afrique et Madagascar

Situées entre Madagascar et l'Afrique, les quatre îles de l'archipel des Comores s'alignent selon un axe NW-SE. Mayotte (101^e département français depuis 2011), île orientale de l'archipel, est la plus ancienne. La plus jeune, Grande Comore, est à l'ouest et possède un volcan actif, le Karthala.

L'île de Mayotte est la partie émergée d'un vaste volcan bouclier qui repose sur un plancher océanique vieux de 141 à 135 Ma et profond de 4 000 m (figure 5). Elle est constituée par la juxtaposition de plusieurs édifices

“*L'île de Mayotte est la partie émergée d'un vaste volcan bouclier reposant sur le plancher océanique à 4 000 m de profondeur.*”

volcaniques basaltiques essentiellement effusifs et transpercés par des pitons phonolitiques. L'île est entourée d'une ceinture récifale qui enserre un lagon de 3 à 15 km de large, un des plus vastes lagons fermés du monde. Comme d'autres îles volcaniques tropicales, Mayotte est soumise à une altération chimique très intense qui conduit à la formation de sols épais et fragiles. L'important développement démographique (plus de 500 habitants/km²) et la pression foncière qui l'accompagne sont à l'origine d'une importante fragilisation des sols, mis à nu et soumis à une érosion intense, qui se traduit par le développement des badlands et par l'envasement accéléré du lagon, accompagnés d'une perte de biodiversité.

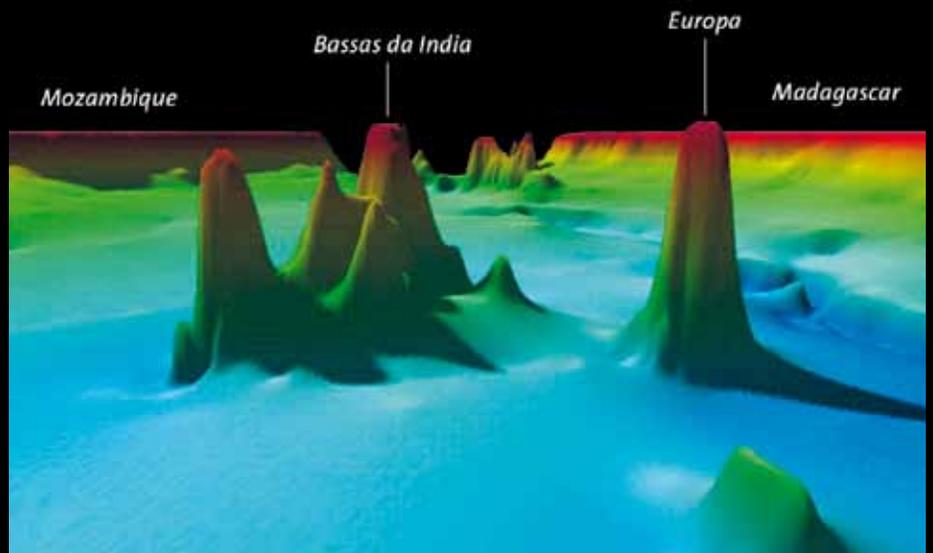


▲ Fig. 5 : À gauche : morphologie sous-marine de la pente insulaire (-200 à -3 500 m) de Mayotte montrant les transferts sédimentaires (canyons, glissements) et volcans isolés (Audru *et al.*, 2006). À droite : anomalies magnétiques (champ total réduit au pôle) montrant une structuration profonde WNW-ESE et anomalies magnétiques à très haute résolution de l'île.

Source : campagne Bathymay 2004 – IPEV, BRGM, DAF Mayotte et levé aéroporté 2010 ; Projet GéoMayotte.

Fig. 5: Left, the submarine morphology of Mayotte's island slope (-200 to -3 500 m) showing sediment transfers (canyons and landslides) and isolated volcanoes (Audru *et al.*, 2006). Right, magnetic anomalies (total field reduced to the pole) displaying WNW-ESE structuring at depth and very high resolution magnetic anomalies of the island.

Source : Bathymay 2004 survey – IPEV, BRGM, DAF Mayotte and 2010 airborne survey, GéoMayotte project.



▲ **Fig. 6 : Photos du lagon de Bassas da India (îles Éparses, océan Indien) et vue 3D de la bathymétrie du canal de Mozambique.**

© S. Jorry, Ifremer.

Fig. 6: Photos of the Bassas da India lagoon (the Scattered Islands of the Indian Ocean) and 3D view of bathymetry in the Mozambique Channel.

© S. Jorry, Ifremer.

Les îles Éparses : un environnement protégé

L'appellation d'îles Éparses recouvre un ensemble de cinq îles, Bassas da India, Europa, Juan de Nova, Glorieuses dans le canal du Mozambique (*figure 6*) et Tromelin, située au nord de la Réunion. Il s'agit d'îles volcaniques intraplaques qui, hormis Tromelin, sont surtout constituées de roches sédimentaires d'origine récifale. Leur richesse faunistique et floristique fait qu'elles sont classées en réserves naturelles depuis 1975. La zone nord du canal du Mozambique est reconnue comme l'un des hot spots de la biodiversité marine (cétacés, poissons, récifs coralliens, hydraires).

Les Kerguelen : témoin d'un panache mantellique aujourd'hui inactif

À mi-distance entre les dorsales océaniques sud-ouest et sud-est indiennes se dresse le deuxième plus grand plateau volcanique du globe, le plateau des Kerguelen. Long de 2 300 km et large de 200 à 600 km, il s'étend sur plusieurs kilomètres d'épaisseur. Le panache mantellique qui a produit ce plateau volcanique est à l'origine de l'éclatement du continent gondwanien au Crétacé.

Amsterdam et Saint-Paul : des points chauds à proximité d'une dorsale

Au nord-est des Kerguelen, sur l'axe de la dorsale sud-est indienne, dont le demi-taux d'expansion actuel est de 3,4 cm/an, se dressent les petits volcans quaternaires de Saint-Paul et d'Amsterdam. L'activité volcanique très récente est marquée sur Saint-Paul par des fumeroles actives. Le volcanisme est de type tholéiitique, caractéristique d'une fusion à basse pression sous une lithosphère peu épaisse à proximité d'une dorsale d'accrétion.

L'archipel des Crozet : un plateau volcanique sous-marin d'âge Éocène

Les îles de l'archipel des Crozet représentent les pointements émergés d'un large plateau volcanique sous-marin de 4 500 km² (isobathe -250 m). Ce plateau repose sur un plancher océanique à plus de 4 000 m de profondeur qui est daté de 85 à 55 Ma. L'épanchement volcanique qui a abouti à la construction de ce plateau daterait de l'Éocène. À son sommet, les différents édifices volcaniques se seraient mis en place successivement jusqu'à il y a moins de 1 Ma. Il s'agit pour l'essentiel de basaltes alcalins issus d'un magma produit par fusion partielle d'un manteau à plus haute pression que les basaltes tholéiitiques de Saint-Paul et d'Amsterdam, ce qui est cohérent avec l'âge et l'épaisseur de la lithosphère océanique surmontant ces édifices.

“
Le plateau des Kerguelen témoigne de l'éclatement du Gondwana.”



La Terre Adélie : un fragment relique de Rodinia et de la transition Archéen-Protérozoïque

La Terre Adélie est une bande étroite de l'Antarctique d'une superficie de 432 000 km², située entre environ 67° de latitude sud et le pôle Sud, et 136° et 142° de longitude est. Couverte de glace, la Terre Adélie affleure en été le long de la mer d'Urville. Les reconnaissances géologiques ont montré l'existence de deux ensembles géologiques structurés lors de deux épisodes orogéniques majeurs autour de 2,4 Ga et 1,7 Ga. Le socle de la Terre Adélie est « cratonisé » avant 1,5 Ga sans réactivation ultérieure et constitue un fragment relique du supercontinent Rodinia dont on retrouve des vestiges équivalents dans le craton du Gawler (au sud de l'Australie). Il permet de décrire précisément les mécanismes de déformation spécifiques aux lithosphères chaudes qui, à la charnière Archéen-Paléoproterozoïque, caractérisent la transition de la dynamique lithosphérique archaïque vers une tectonique des plaques plus moderne.

Les territoires de l'océan Pacifique

Le domaine géodynamique du Pacifique, le plus vaste de la planète, présente une structure relativement simple au premier abord. C'est un domaine de croûte océanique presque entièrement bordé, à l'est, au nord et à l'ouest, de zones de subduction où disparaissent progressivement les lithosphères océaniques en raison de la migration des plaques lithosphériques. La croûte

océanique la plus ancienne se trouve à l'ouest, tandis que de la croûte océanique nouvelle est créée à l'axe de la dorsale est-pacifique qui présente les taux d'accrétion les plus élevés au monde (plus de 20 cm/an au sud). Cette vitesse diminue vers le nord jusqu'au golfe de Californie, où l'accrétion ne se fait plus que le long de quelques segments très obliques avant le passage au mouvement transformant du système de failles de San Andreas. Cette structure globalement simple ne masque pas une histoire géodynamique plus complexe (sauts de dorsales). La présence de nombreux phénomènes magmatiques très actifs à petite échelle révèle une histoire complexe marquée notamment par la manifestation de points chauds ou panaches mantelliques qui ont laissé leur empreinte sur le plancher océanique sous la forme de vastes domaines volcaniques et volcans sous-marins dont les sommets forment les îles des nombreux archipels du domaine ouest et sud-ouest pacifique.

Wallis et Futuna : à la limite de deux plaques

Les îles de Wallis et Futuna (255 km² de terres émergées) sont situées dans le Pacifique Sud entre 13 et 15°S. Elles se trouvent au voisinage d'une faille transformante majeure qui met en contact la plaque pacifique et la plaque indo-australienne. Alors qu'à l'est la plaque australienne plonge sous celle du Pacifique, à l'ouest c'est l'inverse qui se produit. Futuna est située au sud de la Fosse Vitiiaz et Wallis au nord. Les basaltes et andésites les plus anciens de Futuna sont datés d'environ 5 Ma et

L'île volcanique de Saint-Paul (TAAF).

Saint-Paul volcanic island (French Southern and Antarctic Lands).

© IPEV.

“ La manifestation des points chauds a laissé son empreinte sur le plancher océanique sous la forme de nombreux volcans sous-marins. ”

sont interprétés comme marquant l'émergence d'un arc immature dans un environnement géodynamique de marge active. Un volcanisme basaltique alcalin d'âge pliocène y succède, recouvert par des terrasses calcaires quaternaires qui affleurent à plus de 100 m d'altitude. Les îles Wallis sont constituées de roches volcaniques basaltiques alcalines datées de moins de 1 Ma.

La Nouvelle-Calédonie : obduction de lithosphère océanique et minéralisations

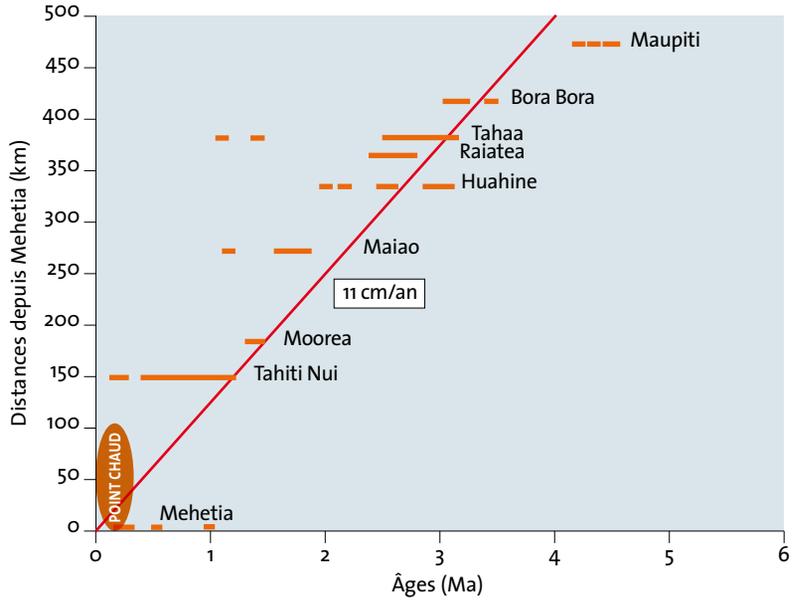
L'archipel de la Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique occidental appartient à la plaque indo-australienne qui passe en subduction au nord-est sous la plaque Pacifique au niveau de la Fosse des Vanuatu. L'archipel comprend deux groupes d'îles : à l'ouest la Grande Terre et à l'est les îles Loyauté, séparées par le bassin océanique des Loyauté de plus de 2 000 m de profondeur. L'île de Grande Terre est entourée par un récif barrière long de plus de 1 600 km et large de 10 km qui délimite le deuxième plus grand lagon de la planète. La Grande

La Nouvelle-Calédonie est caractérisée par le chevauchement d'une gigantesque nappe ophiolitique.

Terre et les îlots qui la prolongent au NW et au SE sont marqués par le chevauchement, à l'Éocène supérieur, d'une gigantesque nappe ophiolitique sur un micro-continent structuré au Paléozoïque supérieur et au Jurassique terminal. Les îles Loyauté sont coralliennes et surmontent un arc insulaire fossile contemporain à postérieur à l'obduction de la lithosphère océanique du bassin de la Loyauté vers le sud-est. La troisième caractéristique géologique de la Nouvelle-Calédonie réside dans l'altération des péridotites marquée par un lessivage de la silice et du magnésium et un enrichissement exceptionnel en nickel dont la concentration initiale (0,2 à 0,3 %) peut être multipliée par plus de 100. C'est aujourd'hui la principale richesse économique de l'île.

La Polynésie française et ses alignements volcaniques

La Polynésie française est composée de 122 îles représentant seulement 4 000 km² de terres émergées réparties dans un espace maritime de plus de 4 millions de km². La croûte océanique est d'âge crétacé supérieur à Oligocène et est moins profonde de 250 à 750 m que les équivalents de même âge, dessinant ainsi un « super-bombement polynésien ».



Les îles polynésiennes se regroupent en cinq alignements qui sont du nord au sud : les Marquises (350 km de long), les Tuamotu (1 000 km), l'alignement Pitcairn-Gambier (1 700 km), la Société (750 km) et les Australes-Cook (2 300 km). Leur direction d'ensemble SE-NW correspond sensiblement à celle du déplacement absolu de la plaque Pacifique, excepté pour l'archipel des Marquises dont le grand axe est orienté N 140°E.

Ces archipels présentent les caractéristiques essentielles de chaînes volcaniques de points chauds. Il existe en effet une évolution morphologique, depuis les volcans surmontant le point chaud (Mehetia), les volcans boucliers encore peu érodés (Tahiti) jusqu'à des atolls coralliens (Tupuai), en passant par des volcans boucliers disséqués par l'érosion (Moorea, Huahine, Taiatea, Tahaa) et des édifices volcaniques résiduels enserés dans un vaste lagon (Bora Bora, Maupiti). Les variations de morphologie peuvent être corrélées aux âges de formation des volcans et la vitesse moyenne de la plaque pacifique (11 cm/an) traduit assez bien les variations des âges mesurées sur les roches volcaniques.

Clipperton : un point chaud isolé du Pacifique

Clipperton, isolé dans le Pacifique oriental à près de 1 300 km des côtes d'Amérique centrale, est un îlot de 9 km². L'atoll corallien s'est construit au sommet d'un relief sous-marin de près de 3 000 mètres édifié par le magmatisme intraplaque. Aujourd'hui, seul un rocher de trachyandésite d'une trentaine de mètres de hauteur émerge des eaux du lagon fermé. La profondeur du

▲ **Diagramme des âges des roches volcaniques de l'archipel de la Société en fonction de leur distance par rapport à Mehetia (à l'aplomb du point chaud). Les différentes îles volcaniques s'alignent sur une droite de pente moyenne voisine de 11 cm/an.**

Source : Blais et al., 2004 ; notice de la carte de Raiatea-Tahaa.
Graph of the ages of volcanic rocks of Society Islands versus their distance from Mehetia (the vertical projection of the hot spot). The various volcanic islands align along a straight line with a mean slope of approximately 11 cm/yr.
 Source: Blais et al., 2004; sheet memoir for the Raiatea-Tahaa map.

lagon atteint plus de 200 mètres dans le « trou sans fond » situé au niveau du « grand récif » séparant en deux le lagon, non loin du relief volcanique, où des eaux très acides et un épais tapis algaire ont été reconnus en plongée. Ce minuscule « territoire » représente un enjeu territorial important par la zone économique exclusive (ZEE) qui l'entoure (près de 435 000 km²), notamment pour les ressources en nodules polymétalliques qui tapissent les grands fonds océaniques alentours.

Les territoires de l'océan Atlantique

La ride médio-atlantique poursuit la séparation des fragments de la Pangée initiée au Trias entre l'Amérique du Nord et l'Afrique à un taux relativement faible d'environ 2 à 2,5 cm/an. La position centrale de la ride est conservée grâce au fonctionnement de failles transformantes particulièrement importantes et nombreuses dans l'Atlantique équatorial où elles compensent les mouvements différentiels entre les différentes plaques. Ces mouvements différentiels ont engendré une cinématique complexe au sein du domaine caraïbe. La subduction atlantique sous le domaine caraïbe aurait débuté il y a environ 40 Ma. Aujourd'hui, la plaque caraïbe est limitée au nord et au sud par deux frontières globalement transformantes, avec des segments en accrétion au nord ou en collision (chevauchement) au sud, par les zones de subduction de l'est-pacifique sous l'Amérique centrale à l'ouest et de l'Atlantique central sous la plaque caraïbe, à l'est.

Les Antilles : un arc insulaire ancien et actuel

Un des traits marquants de l'arc insulaire des Antilles est son dédoublement dans sa moitié nord : l'arc volcanique ancien ou externe, le plus à l'est, est constitué d'îles calcaires sur un substratum volcanique mis en place à l'Éocène-Oligocène, aujourd'hui enfoui sous des plates-formes carbonatées, et d'un arc interne volcanique actif du Mio-Pliocène à l'actuel. Au début du Miocène, un réaménagement de la subduction a entraîné un « saut » de l'arc volcanique vers l'ouest. Les deux arcs, séparés dans le nord des Petites Antilles, sont très proches au niveau de la Guadeloupe et se rejoignent au niveau de la Martinique.

Les plates-formes carbonatées de l'archipel guadeloupéen (Grande-Terre, Marie-Galante, la Désirade) se sont formées au cours du Pliocène et du Pleistocène inférieur. Constituées de calcaires récifaux à leur partie supérieure, elles ont émergé à la suite de mouvements verticaux il y a 2 millions d'années environ. Ces mouvements sont liés aux déformations de l'avant-arc par les structures de la plaque plongeante. Le soulèvement de l'avant-arc est particulièrement spectaculaire au niveau de l'archipel guadeloupéen et en particulier de la Désirade : l'île est située sur un promontoire dominant une zone de fracture présentant un dénivelé de près de 6 000 m, l'un des plus importants au monde par sa continuité. Elle présente aussi la particularité d'être le témoin unique aux Petites Antilles d'un arc ancien, d'âge mésozoïque (*figure 7*).

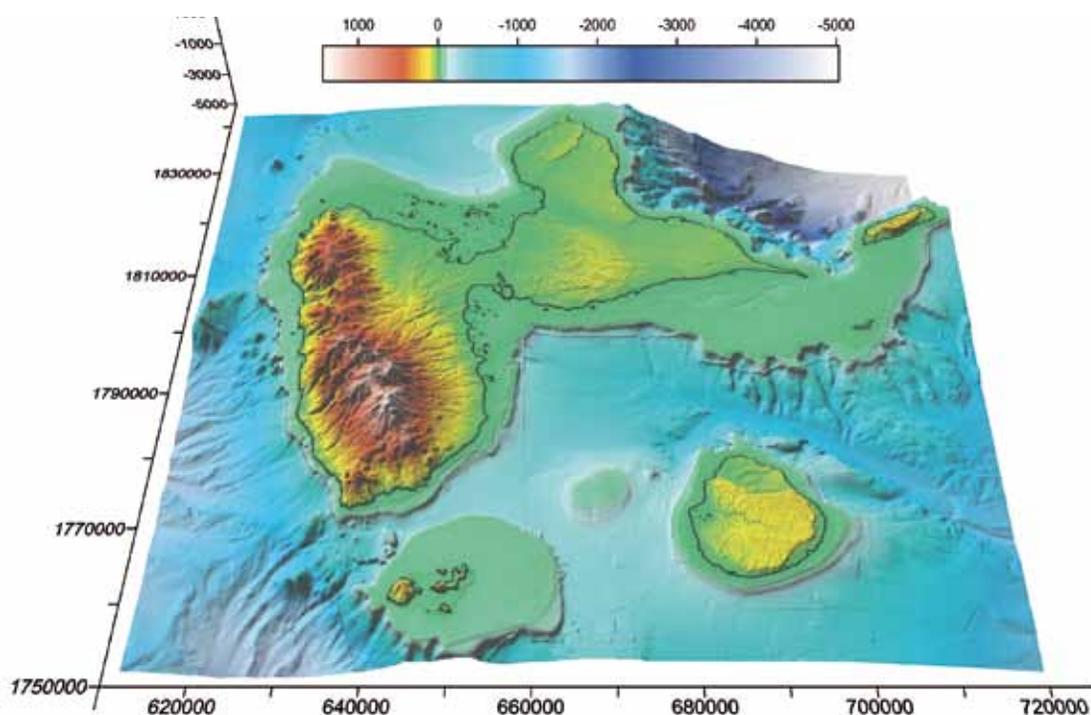


Fig. 7 : Topographie terre-mer de l'archipel guadeloupéen révélant les morphologies de l'arc externe (plate-forme carbonatée) et interne (volcanique).

Principales données bathymétriques : campagnes Ifremer UAG Ka-Shallow (2009 et 2011), Ifremer IPGP-CNRS Aguadomar (1998), campagne BRGM ouest Basse-Terre et données SHOM pour les petits fonds. À terre : données topographiques IGN.

Fig. 7: Land-sea topography of the Guadeloupean archipelago revealing the morphologies of the external (carbonated platform) and internal (volcanic) arcs.

The main bathymetric data: Ifremer UAG Ka-Shallow (2009 and 2011), Ifremer IPGP-CNRS Aguadomar (1998) campaigns, western Basse-Terre BRGM campaign and SHOM data (French Naval and Hydrographic Service) for the shallows. On dry land: IGN topographic data.

► LA RECHERCHE DANS LES ESPACES SOUS-MARINS ET LES ÎLES OCÉANIQUES DES TAAF

Hélène Leau – Responsable du Département moyens navals et instrumentation embarquée
 Institut polaire Paul-Émile Victor (IPEV) – oceanopol@ipev.fr

Les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) créées par la loi du 6 août 1955 sont formées par l'archipel de Crozet, l'archipel des Kerguelen, les îles Saint-Paul et Amsterdam, la Terre Adélie et les îles Éparses (depuis la loi du 21 février 2007) : Glorieuses, Juan de Nova, Europa et Bassas da India dans le canal du Mozambique et Tromelin au nord de la Réunion. Cette collectivité d'outre-mer associée à l'Union européenne en tant que PTOM est gérée par une administration installée à la Réunion. Ces territoires sont dépourvus de population permanente en dehors des personnels hivernants des bases scientifiques principales installées sur Crozet, Kerguelen, Amsterdam et Terre Adélie (Dumont D'Urville et Concordia).

La recherche dans ces territoires est coordonnée par l'Institut polaire Paul-Émile Victor (IPEV) dont le siège est à Brest, qui est un groupement d'intérêt public regroupant neuf organismes nationaux de recherche. Sa mission est dédiée au développement de la recherche dans les régions polaires. Il coordonne les programmes scientifiques à terre, dans les bases subantarctiques, antarctiques et arctiques, ainsi qu'en mer réalisés à bord des navires. Ces programmes de recherche sont consacrés à des thèmes variés : astronomie, géophysiques, sciences de l'atmosphère, glaciologie, océanographie, vie et environnement, hommes et société... Les bases scientifiques sont dédiées à l'observation et l'étude des milieux naturels : elles comprennent des stations météorologiques (Amsterdam, Crozet, Éparses...) et de surveillance de

l'environnement global en tirant parti de leurs situations lointaines et préservées des activités humaines. Après des tentatives avortées dans la première moitié du XX^e siècle, aucune activité économique n'y est poursuivie en dehors des activités de pêche dans les eaux de la vaste zone économique exclusive (ZEE) qui atteint une superficie de plus de 2 500 000 km². ■

www.taaf.fr et www.institut-polaire.fr

Échantillonnage dans les fumerolles à Kerguelen dans le cadre du programme 444 « DYLiOKER », Laboratoire « Magmas et Volcans » UMR 6524, Clermont-Ferrand, France.

Sampling in fumaroles at Kerguelen. Programme 444 « DYLiOKER », Laboratoire « Magmas et Volcans » UMR 6524, Clermont-Ferrand, France.

© François Nauret, IPEV.



L'île de Basse-Terre, jalon de l'arc volcanique, est constituée par la superposition du nord vers le sud, de 3 millions d'années à l'actuel, de centres volcaniques : Mamelles, Bouillante-Sans-Toucher, Monts Caraïbes (le plus au sud) et Soufrière. Ce dernier ensemble s'est mis en place il y a environ 200 000 ans après plusieurs épisodes d'édifications et d'effondrements volcaniques ; le massif actuel de la Soufrière s'est édifié depuis environ 8 500 ans. Au sud de Basse-Terre, Les Saintes émergent d'une ride sous-marine reliant la Guadeloupe et la Dominique. Terre-de-Bas (9,4 km²)

est la plus grande et la plus jeune de l'archipel : elle s'est édiflée entre 2 et 0,6 Ma.

La Martinique, avec une superficie de 1 080 km², est la plus vaste île des Petites Antilles. Située au centre de l'archipel, elle a commencé à s'édifier il y a plus de 30 Ma. En dépit de son irrégularité, l'activité volcanique n'a jamais cessé depuis lors. Les premières manifestations sont contemporaines de celles de l'arc « ancien » de la partie nord de l'archipel. Des coulées de laves massives et des tufs sont mis en place au sud-est, dans



la région de Sainte-Anne et du Vauclin, et à l'est, autour de l'actuelle presqu'île de la Caravelle. Quand l'arc « récent » commence à s'édifier au nord de l'archipel, vers 22 Ma, l'activité reprend en Martinique dans la région de Sainte-Anne ; elle est d'abord sous-marine, puis aérienne et se poursuit jusqu'à l'édification du grand stratovolcan de la Montagne Pelée. C'est lors de sa grande éruption de 1902 que la croissance d'un dôme et l'émission de nuées ardentes furent décrites pour la première fois après la catastrophe de Saint-Pierre. Comme les autres îles volcaniques, la Martinique a été affectée par une succession d'effondrements de flanc dont les cicatrices sont visibles à terre sur les pitons du Carbet et la Montagne Pelée, et dont les dépôts de plusieurs dizaines de kilomètres carrés ont été cartographiés en mer.

La Guyane : un élément du craton et de la marge d'Amérique du Sud

Le très vaste « plateau des Guyanes » (1,5 million de km²) au nord-est de l'Amérique du Sud est composé par un assemblage de « terrains » protérozoïques et quelques ensembles archéens. Le socle précambrien de la Guyane s'est constitué entre 2,2 et 2,08 Ga au travers d'une succession d'événements magmatiques et tectoniques variés lors de l'orogénèse transamazonienne. Regroupés en deux phases principales, ces événements incluent, après une formation de croûte océanique, un volcanisme et plutonisme alcalin, puis une accréction tectonique comprenant formation de bassins, magmatisme acide, collision finale et extrusion de blocs. La fragmentation complexe (mouvements transformant et d'ouverture) des cratons sud-américains et africains au Jurassique, puis leur séparation à la fin du Crétacé inférieur, a conduit à la formation de la marge guyanaise caractérisée par la présence du vaste plateau du Demerara entre 1 000 et 2 000 m de profondeur. Les roches sédimentaires sur la marge atteignent près de 6 km d'épaisseur et ont le potentiel de contenir des ressources significatives en hydrocarbures. Dans la zone côtière, les transits vers le NW d'importants volumes de sédiments amazoniens entraînent des déplacements de bancs de vase côtiers et des problèmes d'envasement ou, au contraire, d'érosion.

Saint-Pierre-et-Miquelon : fragment immergé de la chaîne précambrienne sur la marge nord-américaine

Proche de la grande île de Terre-Neuve, au débouché du chenal du Saint-Laurent, les îles de Saint-Pierre-et-

Miquelon sont constituées d'un socle ancien, volcanique et plutonique (formations d'arc) d'âge protérozoïque supérieur et de séries détritiques et volcaniques du Paléozoïque inférieur et supérieur. Situés en position externe de la chaîne, ces terrains ont été modérément déformés lors de l'orogénèse appalachienne. Les dykes de dolérites d'âge triasique à liasique observés sur l'île témoignent de la formation de la marge du Grand Banc de Terre-Neuve ; d'orientation transverse ENE-WSW par rapport à la marge américaine, il s'agit d'une marge transformante qui représente la limite nord du domaine atlantique central. La marge est caractérisée par la présence de plusieurs bassins sédimentaires contenant près de 10 km de sédiments mésozoïques à tertiaires. Des ressources en hydrocarbures ont été découvertes dans les bassins de la ZEE canadienne qui encadre la ZEE française de Saint-Pierre-et-Miquelon, laquelle s'étend de l'île jusqu'au bord de la marge sur une bande étroite (370 km de long et environ 20 km de large) accordée par un tribunal arbitral.

L'outre-mer, plus encore que la France métropolitaine, nous montre l'aspect changeant de la surface de la Terre sous les actions de processus superficiels ou d'origine très profonde. La géologie nous apprend que les reliefs naissent, vivent et meurent. Mais leur mouvement est généralement imperceptible à l'œil nu. Plus visible est le développement économique et démographique des territoires d'outre-mer et la pression accrue sur les géoressources (eau, minérales, énergétiques) qui nécessitent une meilleure compréhension des processus géologiques et des dépôts géologiques associés pour le développement durable de ces territoires. ■



Geodynamic Diversity in France's Overseas Provinces and Territories

France's overseas territories feature a wide variety of geodynamic contexts that are representative of the earth's crust: fragments of oceanic and continental lithosphere, subduction and obduction zones, oceanic fractures and even a few hot spots, expressions of mantle plumes.

Surficial processes, more gradual but very active, also contribute to geological diversity: reef-building, tropical weathering and erosion, landslides, coastal sediment transport... These processes, developing at various depths beneath the earth's surface, make up a full-fledged geology textbook that is offered us overseas, in the Pacific, Atlantic and Indian Oceans.

The phenomena may be barely perceptible, like the steep geothermal gradient inside certain volcanic islands, or exceptional in size, like the massive landslides on the slopes of oceanic islands, stronger yet under the sea than on land.

This geodynamic diversity has widespread effects in terms of land-use and exploitation of the subsurface. Whether we consider the rich geological legacy which fosters a remarkable biodiversity, enhanced by national parks and UNESCO world heritage sites, abundant but fragile water resources, mineral resources, or the risks associated with earthquakes, volcanoes or mass-wasting, the geosciences are widely called on in these territories to address problems involving land-use and extraction of materials from the ground surface and subsurface.

For these reasons, BRGM and Ifremer, partnered with public and private players on a national and on local levels, have conducted many mapping campaigns in dry-land and marine areas, to promote needed demographic and economic development. The knowledge gained concerning these territories is largely the result of this work.