

PLATES-FORMES LITTORALES
EROSIONNELLES ET CONSTRUITES
ET PLAGES ANCIENNES
DANS L'ARCHIPEL DES AÇORES

INTRODUCTION

En géomorphologie, les Açores, ces îles entièrement volcaniques à l'exception de Santa Maria, sont fameuses dans le monde pour être les îles des caldeiras: et elles ne déçoivent certes pas le visiteur qui se trouve en présence de cette richesse de cavités volcaniques au fond desquelles miroitent souvent de splendides lacs. Lorsque nous avons parcouru une partie des Açores en septembre et octobre 1978, nous avons nous aussi admiré ces merveilles de la nature, noyées dans une végétation somptueuse aux fleurs changeant au gré des saisons. Tel n'était cependant pas notre but. Continuant des investigations antérieures de l'un de nous (A.G.) dans les îles de l'Atlantique — Madère, Canaries, Islande — et de l'autre (R.B.) dans les îles volcaniques de l'Océan Indien occidental, nous voulions surtout rechercher aux Açores les plates-formes littorales, dont certaines étaient signalées dans la littérature (notamment R. SOEIRO DE BRITO, 1955), et voir si c'étaient des plates-formes d'érosion perchées comme le sont, en principe, celles que l'on appelle *rasas* en étendant l'acception du terme usité dans les Asturies (GUILCHER, 1974); ou bien si c'étaient des plates-formes construites, en dépit de leur position littorale au bord d'un océan aux fortes houles. Un objectif secondaire était d'examiner les plages anciennes de cet archipel, dont une grande partie ont été déjà caractérisées par L. BERTHOIS (1953).

Nos observations se sont surtout portées sur São Miguel, Santa Maria et Terceira, qui nous ont paru les plus riches pour ce qui nous intéressait. Quelques points ont aussi retenu notre attention à Pico, Faial, vue plus sommairement il est vrai, nous a peu donné.

Nous remercions vivement Madame le Professeur S. DAVEAU-RIBEIRO, pour l'aide généreuse et multiforme qu'elle nous a libérale-

ment accordée, tant pour l'organisation du voyage que pour la documentation et la préparation de cet article, ainsi que le Dr. BRUM FERREIRA pour ses remarques sur notre texte. L'Equipe de Recherche Associée 345, du Centre National Français de la Recherche Scientifique (géographie de la mer et des côtes dans l'Atlantique Nord et ses mers bordières; responsable: A. GUILCHER) a pris en charge les frais du voyage.

I. VRAIES RASAS D'EROSION

Certaines exceptions mises à part, les plates-formes littorales de quelque étendue dues à l'érosion sont le plus souvent situées dans le Nord (ou Nord-Ouest, ou Nord-Est) des îles. Ceci nous paraît normal. La houle dominante aux Açores vient du Nord: elle est engendrés par les tempêtes passant sur l'Atlantique Nord aux latitudes de 45° à 65°, et c'est aussi elle qui, avec une provenance du Nord-Ouest, affecte la côte d'Afrique du Maroc à la Guinée Bissau (GUILCHER, 1954). Les vents de Nord-Est et de Nord sont prépondérants (56 % à Ponta Delgada, d'après les observations de 1942 à 1946 citées par BERTHOIS, 1953, p. 52): c'est en somme l'alizé, qui agit dans le même sens que les tempêtes lointaines, mais doit avoir une action subordonnée à celles-ci. Quand on parcourt les côtes de l'archipel, on ne manque pas d'être frappé par la différence de force de la houle entre les rivages faisant face au Nord et ceux orientés au Sud. Ceci est particulièrement sensible à São Miguel. Toutefois, le Dr. BRUM FERREIRA nous fait remarquer que, dans les îles de Corvo et de Graciosa que nous n'avons pas visitées, les falaises les plus importantes sont au Nord-Ouest et à l'Ouest dans la première et au Sud-Ouest dans la seconde, et que Faial possède une très grande falaise (plus de 200 m) face à l'Ouest-Sud-Ouest: ce qui conduit à atténuer notre remarque.

SÃO MIGUEL (fig. 1). La plus belle rasa d'érosion de São Miguel est celle de *Mosteiros*. Comme le dit R. SOEIRO DE BRITO (p. 42 et pl. VI), elle est à 20-30 m d'altitude, et bute à l'intérieur contre un haut et raide escarpement montant jusqu'entre 150 et 220 m selon les endroits. Sa largeur maximale est de 1 km; elle est occupée par les deux parties du village de Mosteiros, de chaque côté de la crique-port. La raison de sa localisation, entre de hautes falaises sans

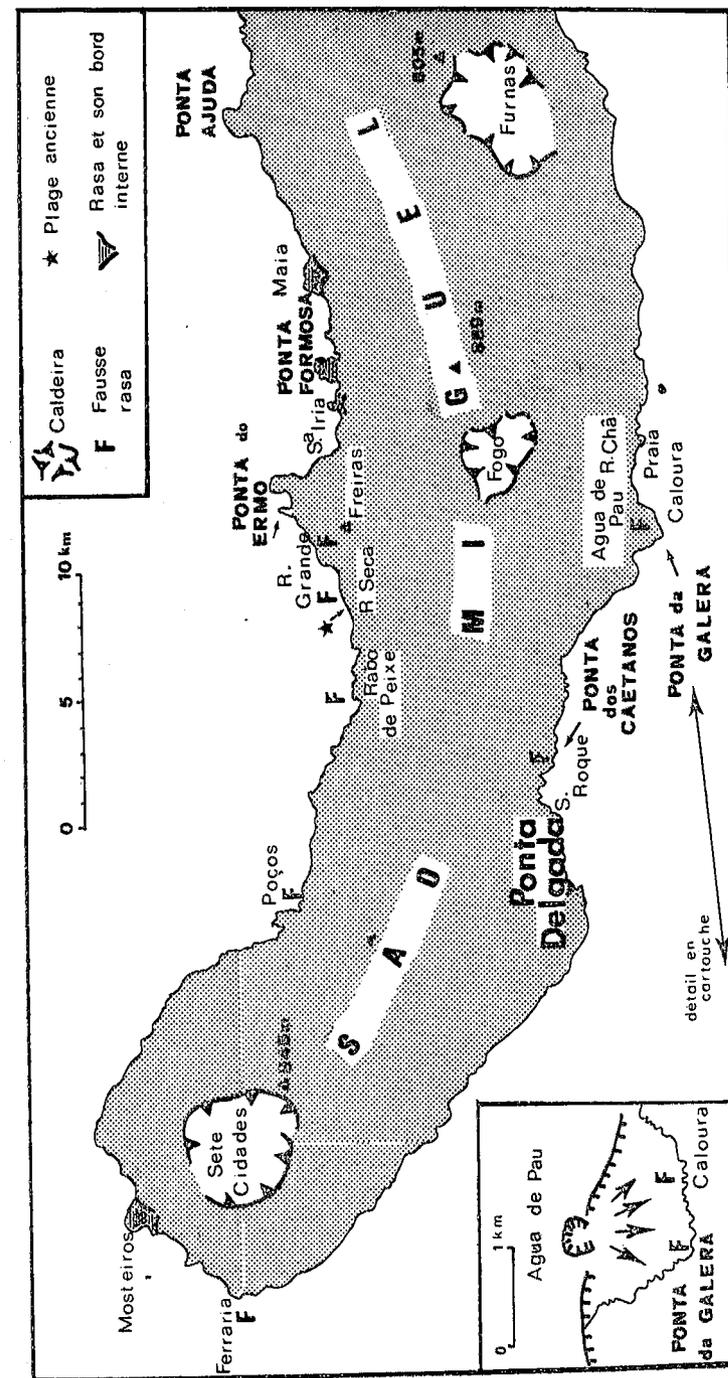


Fig. 1. — Ile de São Miguel. Localisation des faits décrits en cette île.

rasa au Nord-Est et au Sud-Ouest, n'apparaît pas bien. Elle est peut-être lithologique.

Sur la côte du centre-Nord de la même île, d'autres rasas d'érosion existent à *Maia* et à *Ponta Formosa*, bien visibles du belvédère de Santa Iria. R. SOEIRO DE BRITO les mentionne (p. 42); voir aussi ZBYSZEWSKI, 1961, p. 44. Celle de Maia est la plus belle parce qu'elle bute à l'arrière, comme celle de Mosteiros, contre un abrupt sur lequel elle s'arrête brusquement, de même qu'elle est délimitée vers le bas par une falaise vive dans des cendres et coulées. C'est donc une rasa du premier genre selon la terminologie proposée antérieurement (GUILCHER, 1974, p. 4). Son altitude est de 20 m. La rasa de Ponta Formosa (planche IA), plus large, avec le village à cheval sur sa partie médiane, est plus haute (56 m au point culminant); elle se termine par une falaise avec rochers du côté externe, mais du côté interne elle aboutit à une rampe assez peu déclive, qui monte jusque vers 120-150 m, et passe ensuite à une pente plus raide. De ce fait, nous la considérons comme une rasa du second genre (Id., *ibid.*). Du belvédère de Santa Iria, on en voit une troisième à *Santa Iria* même, plus courte, moins large et plus élevée (136 m); elle est du premier genre, avec escarpement interne. On ne voit pas d'élément de datation. Des déformations tectoniques sont, bien entendu, très possibles. Plus à l'Est sur la côte nord de São Miguel, nous ne pensons pas, contrairement à R. SOEIRO DE BRITO (p. 42), qu'il y ait une autre rasa à Ponta da Ajuda: il y a là seulement une pente douce et graduelle du promontoire, avec quelques petits ressauts comme celui portant l'église de Fenais, auxquels on ne doit pas, semble-t-il, attribuer de signification.

SANTA MARIA (fig. 6). Cette île porte la plus étendue de toutes les rasas des Açores, qui a été mentionnée par BERTHOIS (1953, p. 13-15) et des auteurs antérieurs qu'il cite. Elle se trouve à l'altitude de 80-100 m, dans l'Ouest de l'île (et largement ouverte au Nord), et a servi à l'établissement du grand aéroport international de l'archipel. Elle n'a été que légèrement surbaissée par le ruisseau de Santana qui s'écoule vers le Nord-Ouest. Si elle n'est pas limitée à l'Est par un grand escarpement comme celui de Mosteiros, elle se termine à tout le moins de ce côté par un fort ressaut d'une cinquantaine de mètres de dénivellation. On doit donc la considérer comme une rasa du premier genre. A l'inverse de celles de São Miguel où l'on ne connaît pas jusqu'ici de dépôts marins, elle porte des

galets qui ont été décrits par BERTHOIS, L'île de Santa Maria incluant du calcaire miocène, on peut dire que la rasa de l'aéroport est post-miocène.

TERCEIRA. Cette île, qui est formée de trois massifs à caldeira accolés (Serra do Cume; Serra do Morião et caldeira de Guilherme Monir; Santa Barbara), avec en outre au Nord-Est le graben de Vila da Praia et le horst de la Serra de Santiago, tous deux Nord-Ouest — Sud-Est, est, de toutes, la plus riche en vraies rasas d'érosion.

A Cadeira, à l'extrémité nord-ouest du graben de Vila da Praia où se trouve l'aéroport de Lajes, des coulées basaltiques, dont l'épaisseur va jusqu'à 7 ou 8 m, alternent avec des cendres bien litées. L'ensemble présente un léger pendage vers la mer, combiné avec des ondulations transversales associées aux coulées successives alternant avec des cinérites. En fonction de ce dispositif, l'érosion marine a façonné une côte à *conques* par recul plus rapide des secteurs où, dans la falaise, les cinérites affleurent sous les basaltes.

Ce processus a joué une première fois en fonction d'un niveau 4 à 5 m plus élevé que le niveau marin actuel (fig. 2). La grande conque de Cadeira, de 400 à 500 m de diamètre, dans le fond de laquelle se trouve le village entouré de vignes, et la conque voisine un peu plus petite, correspondent à ce niveau ancien. La falaise morte, façonnée dans le basalte et aussi au fond de l'anse, dans les cinérites plus tendres qui constituent là l'essentiel de la falaise, est haute d'une dizaine de mètres au maximum. Elle est subverticale, avec seulement des blocs éboulés de la corniche basaltique, ce qui montre

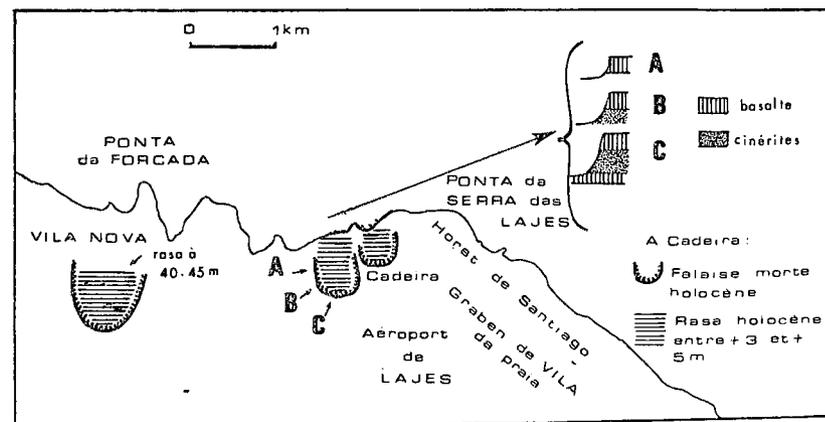


Fig. 2 — Côte nord-est de Terceira. Conques d'érosion littorale de Cadeira et de Vila Nova.

bien qu'il s'agit d'une falaise abandonnée très récemment par la mer. Le fond des deux anses est presque parfaitement plat, et correspond vraisemblablement à l'ancienne plate-forme d'abrasion marine. Cette plate-forme supporte vers la mer un cordon de gros galets de basalte, cordon lui-même plus ou moins ancien.

La Ponta da Serra das Lajes porte un morceau de plate-forme rocheuse à peu près à la même hauteur, et probablement contemporaine.

Cela mène à supposer une tectonique active dans ce secteur, ayant entraîné un soulèvement de l'ordre de 3 à 5 m depuis 6000 ans (3 m si l'on admet un possible haut niveau marin de + 2 m à cette époque, 5 m dans le cas contraire).

La falaise actuelle, haute de 3 m en moyenne, est façonnée surtout dans des basaltes, et, près de la Ponta da Serra das Lajes, en partie aussi dans des cinérites sous-jacentes. En cet endroit, on observe la même évolution morphologique avec recul plus rapide dans ce secteur où les cinérites affleurent sous les basaltes, tendant à la formation d'une anse comparable à celles du haut niveau. Il semble que la mer ne puisse plus atteindre qu'exceptionnellement le fond de cette conque (végétation), en avant de laquelle s'étend une large plate-forme d'abrasion marine dans les basaltes, qui porte quelques gros rochers et des galets. On peut admettre qu'elle a été façonnée en fonction d'un niveau un peu supérieur (1 m environ) au niveau marin actuel.

L'hypothèse la plus vraisemblable est celle d'un soulèvement rapide et saccadé de tout ce secteur littoral, de l'ordre du demi-mètre par millénaire, ou un peu plus.

La conque de Vila Nova (fig. 2) est, à grande échelle, une réplique de la conque holocène de Cadeira, mais associée ici à un aplanissement à 40-45 m. D'un diamètre de 800 m à 1 km, elle présente une disposition en amphithéâtre, avec un fond plat (rasa de 40-45 m, montant peut-être jusqu'à 50 m), dominé par une falaise morte formant un fer à cheval presque parfait. L'étude de terrain montre que l'origine de cette disposition est la même que pour la conque holocène de Cadeira: haute de 15 à 25 m, la falaise morte est, au fond de la dépression, essentiellement dans les cinérites, tandis que des deux côtés affleurent surtout des basaltes. L'épaisseur plus importantes des cinérites (au moins 15 m) explique sans doute la différence de dimension avec la conque de Cadeira.

De là vers l'Ouest, jusqu'à Quatro Ribeiras et la Ponta da Furna, d'autres rasas apparaissent encore. En effet, les pentes externes des strato-volcans qui forment Terceira n'y descendent point progressivement jusqu'à la mer, contrairement à ce qui se passe dans l'Ouest et le Sud de l'île: ici, la descente est coupée de replats non structuraux, dominés parfois par des apparences de falaises mortes (fig. 3).

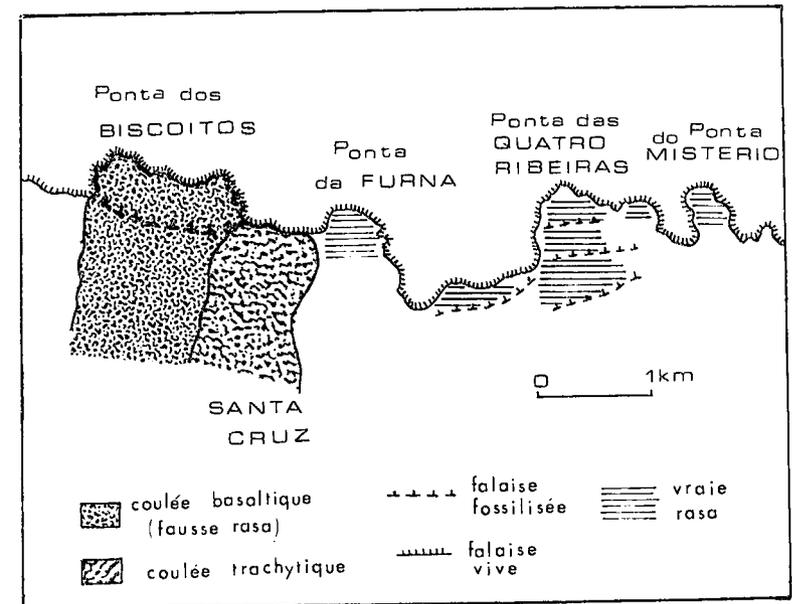


Fig. 3 — Côte nord de Terceira. Vraie et fausse rasas.

A Quatro Ribeiras, il y a trois niveaux de rasas, respectivement autour de 25-30 m, 40-45 m, et 60-70 m. L'aplanissement de 25-30 m est particulièrement net et bien développé, notamment à l'extrémité des pointes: Ponta do Mistério, Ponta des Quatro Ribeiras, Ponta da Furna. Mais il est bien net aussi dans les rentrants, par exemple dans la baie de Quatro Ribeiras où il en existe plusieurs éléments, par endroits dominés par une brutale accélération de la pente suggérant une falaise morte. Cet aplanissement recoupe quelques coulées basaltiques, mais surtout d'épais lits de cinérites très développés dans ce secteur: il n'a donc pas une origine structurale. En arrière de la Ponta da Furna, où l'aplanissement de 25-30 m est

très large, il n'y a pas trace de falaise morte, mais un raccord légèrement concave et très progressif avec la pente générale supérieure, sans que l'on puisse identifier ici les rasas plus élevées.

Sur un itinéraire allant de Canada do Tenente, près de Quatro Ribeiras, jusqu'à la pointe de Quatro Ribeiras, il est possible d'observer d'épaisses lentilles (jusqu'à 3 m d'épaisseur) de gros galets. Ces galets, parfois bien façonnés, constituent l'essentiel des munetins qui entourent les parcelles cultivées et les pâturages. On les voit, en plusieurs coupes, reposer sur les cinérites litées parfaitement arasées (en particulier au niveau de l'aplanissement de 40-45 m).

Compte tenu de l'ordre de grandeur de la vitesse du soulèvement présumé à Cadeira pour l'Holocène, on peut penser que les trois niveaux de rasas reconnus sont à situer dans l'Inter-Saale-Weichsel, alias Inter-Riss-Würm (soit entre 150 000 et 80 000 B P). On peut émettre, avec des réserves, l'hypothèse d'une correspondance avec les trois pulsations positives principales proposées pour cette période (SHACKLETON *et al.*, 1973; BLOOM *et al.*, 1974; BATTISTINI, 1976; BATTISTINI *et al.*, 1976).

Enfin, d'autres rasas sont possibles, mais moins évidentes, dans le Sud-Est de Terceira autour du Cabo de Praia, c'est à dire dans le domaine sud-est du graben de Vila da Praia (apparences nombreuses d'aplanissements, surtout autour de 55-65 m).

PICO. Nous n'avons pas vu de vraie rassa en cette île. La raison pourrait en être la constance de l'activité volcanique jusqu'à l'époque actuelle ou subactuelle dans la totalité du domaine du grand cône (Zbyszewski *et al.*, 1962). Cette activité prolongée a eu pour effet l'absence de grandes falaises littorales, de même, par conséquent, que celle d'anciennes plates-formes d'abrasion. Cependant, il se peut, d'après le Dr. BRUM FERREIRA, que la partie orientale de Pico soit pré-holocène.

II. RASAS CONSTRUITES PAR DES COULÉES VOLCANIQUES (FAUSSES RASAS)

Dans un archipel où l'activité volcanique s'est bien souvent poursuivie jusqu'à l'époque actuelle, on peut s'attendre à ce que des coulées récentes se soient avancées en protubérances dans la mer, de sorte qu'après solidification elles ont donné des formes qui pourraient à première vue être prises pour des rasas d'érosion. Les cri-

tères de différenciation peuvent être, d'une part la structure de détail de la surface de la coulée encore conservée, ce qui montre qu'il n'y a pas eu de rabotement par érosion; d'autre part la forme bombée et non plate de la protubérance, ce qui conduit à la même conclusion. Enfin, il n'y a pas d'exposition préférentielle à la houle, au contraire des vraies rasas.

SÃO MIGUEL. L'extrême pointe ouest de l'île, celle de *Ferraria* (fig. 1), est une petite fausse rassa à 10 m d'altitude. Elle a déjà été identifiée comme telle par R. SOEIRO DE BRITO (p. 42), qui la dit «formée d'une coulée de lave scoriacée, émise par une éruption du Pico das Camarinhas» (voir aussi ZBYSZEWSKI, 1961, p. 8): ce volcan la domine directement avec une altitude de 219 m.

Sur la côte nord, au hameau de *Poços en São Vicente Ferraria* (fig. 1 et pl. IB et IIA), il y a deux coulées aa (à blocs chaotiques) superposées formant aussi de fausses petites rasas: l'une qui dépasse de 5 m les hautes mers, et dont la base est joliment teintée en rose par des corallinacées affleurant à basse mer, ce qui contraste avec le basalte ultra-noir; et une autre dominant la précédente, à une vingtaine de mètres, typiquement aa elle aussi. Les deux ont une surface en parfait état de conservation, comme on peut voir sur les photos que nous donnons. L'extrême irrégularité de détail, habituelle en ce type de coulées, n'empêche pas la platitude d'ensemble.

Au village de *Rabo de Peixe* (côte nord également: fig. 1 et pl. II B), l'extrême pointe nord en avant des maisons est aussi une fausse petite rassa construite par une coulée récente. La coulée est peu épaisse (environ 1,50 m), et de superficie actuelle ne dépassant pas 2 hectares. Elle domine légèrement le niveau des hautes mers.

A 4 km plus à l'Est sur cette côte nord, le village de *Ribeira Seca* est bâti sur une coulée aa de 1563 (BERTHOIS, p. 44; ZBYSZEWSKI, 1963, p. 18-34) qui devait avoir à l'état naturel les caractères d'une fausse rassa; mais elle a été complètement défoncée par une exploitation en carrière, et n'a donc plus d'intérêt morphologique.

A *Ribeira Grande*, toute proche de Ribeira Seca sur la côte nord (fig. 1), la partie est (populaire) de la ville est également sur une fausse rassa construite, de caractère aa, qui domine la mer d'environ 40 m, et de là monte vers l'intérieur jusqu'à plus de 60 m, sans être nettement délimitée; elle est seulement dominée par le cône volcanique de Freiras (187 m). Vers le Nord-Est (direction de la Ponta do Ermo), la surface s'élève également jusqu'à une soixantaine de

mètres, sous la dépendance d'événements volcaniques locaux. Elle domine la mer par des falaises escarpées. Elle mesure 1 km sur 2. Elle est beaucoup plus vaste que les précédentes, mais beaucoup moins individualisée.

Sur la côte sud, une autre terrasse littorale construite se trouve à *Praia*, à 1700 m à l'Est de *Ribeira Chã*. Elle est formée, non pas de coulées compactes comme celles décrites plus haut, mais de cendres, bombes et lapilli. D'après la coupe visible dans la falaise littorale, l'épaisseur minimale est de 7 à 8 m; les cendres et lapilli forment des lits très réguliers, et les bombes présentes par endroits peuvent atteindre jusqu'à 2 ou 3 m³. Le torrent local (*Ribeira da Praia*) s'y est encaissé, mais l'accumulation n'est certainement pas un cône torrentiel (ce qui ressort de la régularité des lits de cendres) et encore moins un dépôt marin. Ce remblaiement volcanique semble avoir été localisé par la vallée du torrent, au débouché de laquelle il s'est formé. L'altitude est de 7 à 8 m au bord de la mer, d'une quinzaine de mètres au bord interne.

À *Caloura en Agua de Pau*, également sur la côte sud (fig. 1, voir le cartouche), entre le petit port et la *Ponta da Galera*, une autre petite fausse rasa a été construite à 2 m au dessus des plus hautes mers par une coulée pahoehoe ou de lave cordée (la structure très bulleuse de la lave se voit en plusieurs endroits); puis, immédiatement à l'Ouest mais avant la *Ponta da Galera*, une autre rasa construite par une autre coulée domine la mer de 15 à 20 m. Ces coulées sont issues du volcan égueulé du côté sud qui se trouve immédiatement au Sud du bourg de *Água de Pau* (cf. ZBYSZEWSKI, 1961, p. 29).

À la plage de *São Roque* (ou *Rosto do Cão*, banlieue Lest de *Ponta Delgada*: fig. 1), la pointe orientale est une coulée aa typique, qui constitue l'estran et donne des formes extrêmement rugueuses de 1 à 2 m de dénivellation. La corrosion littorale des laves donne par endroits des mares lobées ou sub-circulaires, mais le remaniement des formes volcaniques initiales est peu avancé. Le promontoire suivant à l'Est (*Ponta dos Caetanos*) est constitué d'une coulée que, malgré une pente très sensible vers la mer, on pourrait classer parmi les fausses rasas construites de second genre (sans escarpement interne).

TERCEIRA. Les fausses rasas construites par coulées à Terceira sont généralement plus vastes, plus proéminentes en mer, et souvent plus bombées, que celles de *São Miguel*. Elles sont situées dans le Nord-Ouest et dans le Sud-Est de l'île.

Dans le Nord-Ouest, mentionnons d'abord la *Ponta dos Biscoitos* (fig. 3), succédant à l'Ouest au secteur de vraies rasas décrit sous le titre I, qui se termine à la rasa de 25-30 m de la *Ponta da Furna*. À l'Ouest de la grande coulée trachytique de *Santa Cruz*, la *Ponta dos Biscoitos* est une avancée surbaissée, saillante en mer d'environ 400 m, sur une largeur d'un peu plus de 1 km. L'apparence subhorizontale de l'ensemble, entre 2 à 3 m et 15 m d'altitude, pourrait faire penser à une basse surface d'abrasion marine en contre-bas de la rasa de 25-30 m. L'apparence est d'autant plus trompeuse que cette basse surface est dominée du côté interne par une rupture de pente bien marquée et continue dont l'aspect est celui d'une falaise morte au relief émoussé.

L'étude du terrain montre qu'il s'agit en réalité de la terminaison d'une grande coulée basaltique fluide, qui, après avoir dévalé et fossilisé la falaise vive sur une largeur d'un peu plus de 1 km, s'est étalée presque à plat en avant de cette dernière, gagnant sur la mer de 300 à 400 m selon les endroits. La ligne de rivage correspond sans doute sensiblement au front de coulée, qui a peu reculé; la topographie de cheire (aa) et les poussées successives de la lave fluide donnent un rivage bas très irrégulier dans le détail, hérissé de rochers récente qui la fossilise.

À gauche de la route du port de *Biscoitos*, on voit très bien la terminaison de la falaise vive actuelle, haute d'une vingtaine de mètres, façonnée dans des basaltes plus anciens et des lits de cendres et lapilli rougeâtres, ainsi que son passage sous la coulée basaltique récente qui la fossilise.

Quant à la coulée de *Santa Cruz*, immédiatement à l'Est, c'est la plus récente de ce secteur: sa topographie chaotique est occupée par une brousse arborescente ayant découragé tout défrichage; elle est bombée; son front et ses tombants latéraux ont gardé leur pente raide originelle, et sont encombrés d'énormes blocs éboulés. Mais cette coulée de *Santa Cruz* a juste atteint la mer, ne créant aucune avancée.

Plus à l'Ouest dans la même région, la coulée de la *Ponta do Raminho* (fig. 4) crée, par centre, une avancée en mer d'environ 300 m; elle est, elle aussi, bombée; c'est une belle fausse rasa construite. Il en va de même de la coulée basaltique de la *Ponta do Queimado* (fig. 4), qui est encore plus volumineuse. Elle est issue du même secteur d'émission que la coulée de la *Ponta do Raminho*, sur les hautes pentes du massif de *Santa Barbara*. La *Ponta do Quei-*

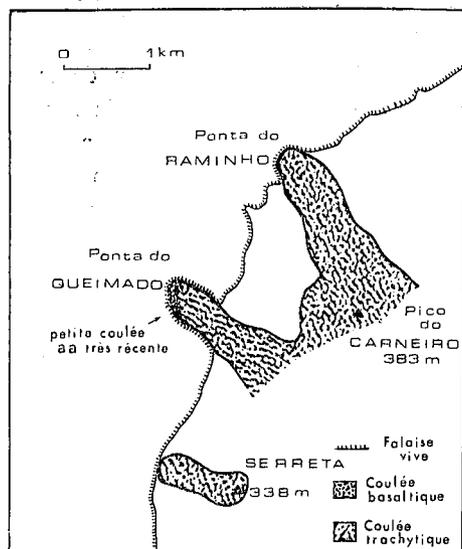


Fig. 4 — Côte nord-ouest de Terceira. Avancée en mer de coulées trachytiques et d'une petite coulée de basalte aa (fausses rasas).

mado, création de cette coulée, s'avance en mer de 700 m (maximum d'avancée dans le Nord-Ouest de Terceira). C'est un promontoire impressionnant et escarpé. En atteignant la mer, la coulée a dévalé et fossilisé une falaise vive d'une centaine de mètres de hauteur; la grande viscosité de la lave fait toutefois que cette importante rupture de pente n'a en rien influencé le profil superficiel de la coulée.

L'arrivée à la mer de telles coulées visqueuses aboutit donc à l'apparition de pointes construites, qui peuvent être de grande dimension et très escarpées. Dans le cas des deux pointes examinées ici, une certaine ancienneté a permis à la mer de commencer leur attaque, en transformant le front de coulée en une haute falaise marine.

Accessoirement, une petite coulée très récente, à topographie de cheire (aa), portant seulement une végétation de bruyère, et simultanément une petite plate-forme à quelques mètres au dessus du niveau de la mer, est accolée au bord méridional de la Ponta do Queimado (fig. 4). Cette petite coulée subhorizontale est dominée par la haute falaise subverticale de l'extrémité de la pointe (qui est donc très localement une falaise morte). Le point d'émission de la coulée n'est pas identifiable.

Le dôme-coulée de *Serreta* (fig. 4), qui ferme au Sud la série, ne crée pas d'avancée notable, bien qu'il forme la partie la plus occidentale de la côte de Terceira.

D'une façon générale, ces coulées acides en fausses rasas du Nord-Ouest de Terceira sont très en saillie par rapport au relief qu'elles ont fossilisé, et d'autant plus en saillie qu'elles sont plus visqueuses: de 10 à 15 m pour la coulée de Santa Cruz, relativement fluide; de 40 m ou davantage pour la coulée de la Ponta do Raminho.

C'est par erreur que, sur son croquis morphologique général, G. MOTTET (1971) cartographie la Ponta do Mistério, la Ponta das Quadro Ribeiras, la Ponta da Furna et la Ponta dos Biscoitos, comme correspondant aussi à l'avancée en mer de telles coulées acides.

Dans le Sud-Est de Terceira, les coulées de *San Fernando* sont des coulées basaltiques récentes qui atteignent le littoral entre Cabo de Praia et São Sebastião. Elles constituent une série d'avancées surbaissées en mer, formant autant de pointes, entre Porto Martins et Porto Novo.

L'ensemble de ce secteur est riche en cônes stromboliens et en coulées basaltiques récentes généralement superposées, parfois emboîtées. La mer n'a nulle part entaillé, dans ce matériel récent, de falaise importante, ce qui est une différence avec la région de Biscoitos dans le Nord (rôle de l'exposition?). En général les falaises vives actuelles n'excèdent pas quelques mètres de hauteur.

Les coulées récentes de São Fernando se sont avancées en mer de 300 à 400 m, constituant un ensemble subhorizontal entre quelques mètres et une douzaine de mètres d'altitude. Il y a donc ici aussi apparence de rassa, mais ce qui manque par rapport à Biscoitos c'est la rupture de pente interne correspondant à une falaise fossilisée par la coulée. Il y a bien une accentuation de la pente vers l'intérieur, mais celle-ci est progressive.

PICO. Sur la structure d'ensemble, voir ZBYSZEWSKI *et al.*, 1962. Si cette île ne possède pas, on l'a vu, de rassa érosionnelle, elle a deux fausses rasas construites par des coulées basaltiques, que nous n'avons malheureusement pas eu le loisir d'examiner de près.

L'une est la coulée de *Santa Luzia*, sur la côte nord-ouest: datée de 1718 (ZBYSZEWSKI, 1963, p. 106), elle est à l'origine d'un léger saillant de la ligne de rivage.

Mais le plus bel exemple est celui de la grande coulée qui, en 1562 (ZBYSZEWSKI, 1963, p. 10), a atteint la mer à cinq kilomètres à l'Est de São Roque do Pico sur la côte septentrionale, créant l'm-

portante avancée de la *Ponta do Mistério* (fig. 5). Comme à Biscoitos dans le Nord de Terceira, la coulée a dévalé et recouvert une haute falaise marine préexistante, avant d'atteindre la mer; la falaise, fossilisée par la coulée, demeure bien nette dans la topographie en arrière du grand lobe de la *Ponta do Mistério*, en pente plus faible, qui s'avance en mer de 700 m, ce qui égale l'avancée de la coulée de la *Ponta do Queimado* à Terceira (voir plus haut).

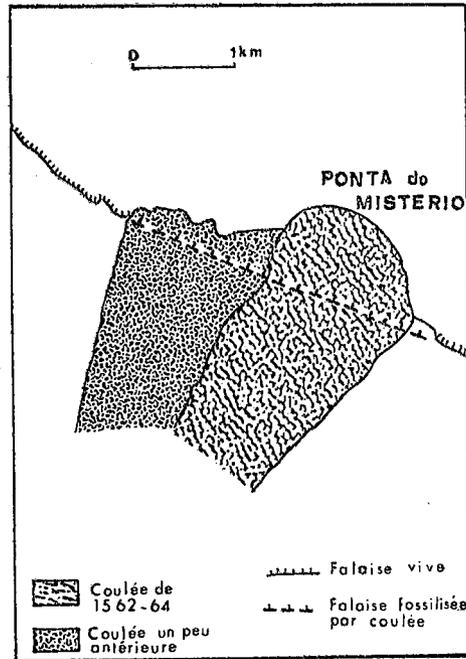


Fig. 5 — Fausse rasa de la côte nord de Pico.

Ainsi, à côté des vraies rasas érosionnelles que l'on peut recenser aux Açores (et dont la liste serait peut-être allongée par l'examen d'autres îles de l'archipel), les fausses rasas construites par des coulées récentes sont au total nombreuses et de dimensions variées.

Dans l'Océan Indien, la Grande Comore offre aussi des exemples de ces dernières (BATTISTINI, 1967, p. 62, 67 et 75). Des basaltes très fluides ont construit par coalescence, au Nord de Fombouni, et dans le Sud entre Ifoundihé-Chamboini et Ouroveni, des banquettes littorales, dont la largeur va de quelques centaines de mètres

à 2500 m. Là aussi, la topographie est chaotique, ce qui exclut une action marine importante. Ces piémonts basaltiques apparaissent en noir sur les photos aériennes. On peut s'attendre à en trouver en d'autres îles océaniques à volcanisme actuel.

III. PLAGES ANCIENNES

SANTA MARIA. Des îles visitées, c'est Santa Maria qui possède les plages anciennes les plus intéressantes. Outre les galets de la plate-forme de 80-100 m (voir titre I), BERTHOIS (1953) a décrit deux gisements (Praia, São Lourenço); ZBYSZEWSKI et VEIGA FERREIRA (1962, p. 213-215) en ont caractérisé deux autres (Maia, Anjos); nous les avons tous revus et en ajoutons un cinquième (crique du Sud-Ouest).

A *Praia* sur la côte Sud, une baie largement ouverte porte dans sa partie Ouest une petite plate-forme à + 3 m, large d'une dizaine de mètres, et convertie de sable marin de 0,80 à 1,50 m d'épaisseur (BERTHOIS, confirmé). Dans le centre-Est affleure, également à très basse altitude, un autre dépôt, cette fois torrentiel, dans lequel le torrent local s'encaisse actuellement (BERTHOIS); nous avons en ou-

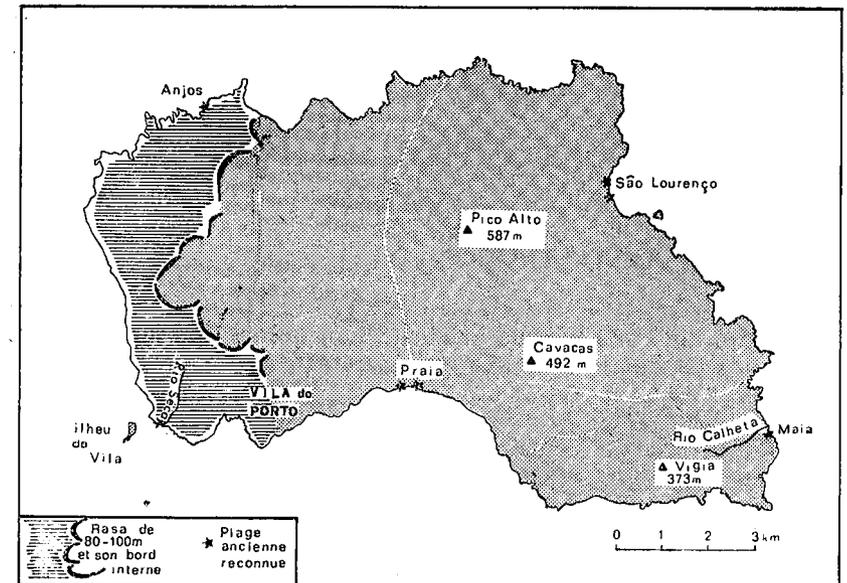


Fig. 6 — Ile de Santa Maria. Rasa et plages anciennes reconnues.

tre observé qu'à la base de cette formation torrentielle existent en poches, sur 0,15 à 0,20 m d'épaisseur, des galets d'aspect marin, mieux arrondis et moins tumultueusement disposés que ceux qui les surmontent. En outre, ZBYSZEWSKI et al., 1962, p. 214, mentionnent des encroûtements calcaires fossiles dans cette partie Est. La faune marine de Praia (ZBYSZEWSKI et al., 1961, p. 467-478) ne donne pas d'âge précis dans le pléistocène.

A *São Lourenço* (côte Nord-Est), à la base d'un splendide amphithéâtre aménagé en terrasses et exclusivement cultivé en vignes (pour le site, voir ZBYSZEWSKI et al., 1962, planche X), BERTHOIS a bien décrit, et figuré p. 17 de son mémoire, une plage ancienne apparaissant en petites falaises qui offrent des coupes multiples, avec gros galets bien roulés surtout vers la base, et sable ferrugineux plus haut. Le dépôt, qui domine une plage de sable actuelle, est sûrement marin. L'altitude va des plus hautes mers actuelles à + 4 m.

A *Maia* (côte Sud-Est), au pied d'un autre site viticole aménagé en terrasses et lui aussi très spectaculaire, nous avons observé dans la partie nord du rivage, à la limite de la route, sur le côté Sud du ravin de Calheta qui entaille un remblaiement torrentiel, un affleurement de galets très arrondis et cimentés, logés dans des anfractuosités, à + 2 m, avec une épaisseur de 0,50 à 0,75 m. Ces galets marins sont situés, comme à la coupe Est de Praia, en dessous du dépôt torrentiel. Les observations de ZBYSZEWSKI et al., 1962, sont confirmées.

A Anjos (côte Nord-Ouest), une crique utilisée comme port est encadrée de deux pointes. La pointe Ouest, d'altitude 3 à 6 m, paraît être une petite plate-forme d'abrasion marine. A l'Est de la crique, là où la route accède à la mer, nous avons observé un dépôt de galets taillé en falaise, depuis les plus hautes mers jusqu'à + 4 m : c'est une plage ancienne typique et abondante, qui se suit sur au moins 100 m. ZBYSZEWSKI et al., 1962, p. 213, mentionnent brièvement ce dépôt.

Enfin, près de Vila do Porto, dans la crique du Sud-Ouest de Santa Maria, face à Ilheu da Vila, où aboutit la *Ribeira Seca* (qui, en dépit de son nom, n'était pas à sec le 5 septembre 1978), une plate-forme rocheuse rugueuse s'élève d'Est en Ouest depuis les plus hautes mers actuelles (au ruisseau) jusqu'à + 3 m (devant l'île). Elle porte par endroits, sur 0,50 m d'épaisseur, un sable calcaire-

-volcanique probablement marin, qui est surmonté d'un dépôt de pente dont l'alimentation se poursuit actuellement.

Comme il reste de très nombreux secteurs non explorés en détail le long des falaises de Santa Maria, on peut présumer que des études plus complètes feraient trouver d'autres plages anciennes. D'ailleurs, ZBYSZEWSKI et al., 1962, p. 213, signalent sans les décrire ni les localiser d'autres placages de galets sur la côte nord de l'île; et aussi dans l'Ilheu da Vila. Pour nous en tenir aux plages mentionnées ci-dessus, on peut voir leur concordance d'altitude; mais les récentes études en Europe du Nord-Ouest et ailleurs ont surabondamment montré que les plages pléistocènes au même très bas niveau peuvent fort bien ressortir à des interglaciaires différents. La chose est notamment très nette à Trez Rouz près de Camaret (Bretagne), où deux dépôts de lagunes littorales, l'un eemien, l'autre holsteinien, datés par analyses polliniques, voisinent à la même basse altitude mais non dans la même position stratigraphique (MORZADEC-KERFOURN, 1974, p. 39-47, surtout fig. p. 47). Sur la côte atlantique du Maroc, des plages appartenant à des stades différents du dernier grand interglaciaire affleurent aussi à peu près à la même altitude (HOANG *et al.*, 1978). Même similitude d'altitude dans le Sud tunisien, pour de formations marines du Quaternaire récent (PASKOFF et SANLAVILLE, 1978). Nous présumons que le sable de Ribeira Seca près de Vila do Porto est vraisemblablement holocène. Quant aux quatre autres plages anciennes, elles sont à notre avis sûrement pléistocènes, mais elles peuvent appartenir à l'interglaciaire Saale-Weichsel, ou à l'interglaciaire Elster-Saale, voire à des interstades pendant lesquels la mer serait remontée au-dessus du niveau actuel (ou à ses approches, avec effets d'une surrection ultérieure). Les dépôts marins de la rase de 80-100 m (voir titre I) sont plus anciens; ils sont post-miocènes, mais leur âge précis reste à déterminer. En tout état de cause, Santa Maria semble avoir été moins mobile que d'autres îles des Açores durant les temps récents.

SÃO MIGUEL. En cette île, ZBYSZEWSKI (1961, p. 43-44) a signalé dans le Nord-Est, près de Conceição de Nordeste, hors de notre figure 1, des lambeaux de plages anciennes à 80-90 m d'altitude que nous n'avons pas eu le loisir de visiter. Plus bas, il en mentionne d'autres (*ibid.*, p. 47) en divers lieux, sans description: ce qui serait à préciser. A Mosteiros (*ibid.*, p. 16 et planche VIII), des galets «plus ou moins roulés» sont signalés en coupe, en contre-bas de la

rasa sur laquelle ils ne reposent donc pas. Nous parlerons ici de trois dépôts que nous avons examinés.

A *Ribeira Grande* (côte nord: fig. 1), un dépôt mentionné par BERTHOIS (p. 44-45), et qui se trouve au débouché du torrent local, consiste en une formation très hétérométrique, aux éléments très diversement roulés, mélange de lapilli subanguleux et de galets parfois très gros, avec par endroits des stratifications entrecroisées. Cette formation ravine un dépôt beaucoup plus fin de cendres volcaniques régulièrement litées. Il semble bien qu'il s'agisse d'une formation uniquement fluviale torrentielle et non marine, ayant remblayé deux lits successifs de la rivière qui s'étaient encaissés dans les cendres.

A l'origine orientale de la plage à l'Ouest de *Ribeira Seca*, à 1300 m du site précédent, on observe, à 1-2 m au-dessus des plus hautes mers actuelles, un dépôt marin attaqué en une petite falaise, formé de lits alternants réguliers de sable et de ponces très roulées. L'épaisseur est de 0,50 à 0,70 m, et le dépôt est surmonté de cendres volcaniques de plusieurs mètres d'épaisseur. Vu la continuation du volcanisme jusqu'à l'actuel, cette plage peut être holocène.

En arrière de l'assez grande plage de sable à 1200 m à l'Est de *Ribeira Chã* (côte sud: fig. 1), la tranchée de la route fait apparaître une formation à éléments très arrondis, entre 10 et 15 m d'altitude, et à première vue semble être une plage ancienne plaquée contre une falaise de cendres. En réalité, l'examen de la terminaison Ouest de cette formation montre que c'est sans doute un remblaiement de bombes volcaniques ayant comblé une vallée creusée antérieurement dans les cendres. Sans la coupe de l'extrémité Ouest, l'interprétation en plage ancienne aurait pu s'imposer. Ce dépôt est figuré par ZBYSZEWSKI (1961), (planche XXIX), sous le nom de tufs et conglomérats quaternaires.

De toute façon, les plages anciennes semblent moins nombreuses à São Miguel qu'à Santa Maria.

PICO. Pico, de formation très récente comme nous l'avons dit au titre I, ne possède apparemment pas de plage pléistocène, sans doute en raison de son âge trop jeune. Elle a, par contre, des formations holocènes.

La ville de *Lajes do Pico* est construite sur une basse plate-forme dans les basaltes, large de 500 m, et dominée par ce qui semble être une falaise morte. Cette plate-forme, parfaitement plane, monte jusqu'à 3 ou 4 m d'altitude. Sur sa partie externe elle porte

de grands cordons de galets qui semblent actuellement hors du domaine d'action de la mer. Il s'agit, soit de cordons de tempêtes subactuelles, soit de cordons haut-flandriens.

L. BERTHOIS (p. 131) signale dans la région de *Madalena* l'existence d'une basse terrasse marine constituée par un grand cordon de galets montant jusqu'à + 6 m, reposant sur une coulée de basalte, avec en arrière des dépôts sableux à + 5 m. L'auteur a rattaché cet ensemble au bas niveau pléistocène reconnu en plusieurs autres îles.

Pour deux raisons, nous pensons que ce grand cordon de galets est holocène. La première raison tient à ce qu'il ne porte aucun sol ni aucune trace notable d'altération pédogénétique: il est en cela très comparable au cordon de *Lajes do Pico*. La seconde raison est que nous nous trouvons, dans ce secteur proche de *Madalena*, sur des coulées récentes bien que déjà mises en vignes en d'étroits casiers bordés de muretins de pierraille. La carte géologique de FORJAZ (1960) cartographie d'ailleurs toute cette région comme d'âge holocène supérieur.

FAIAL. La recherche de plages anciennes pléistocènes en cette île a été totalement infructueuse. Les coupes montrant des «faux galets», qui sont en réalité des bombes volcaniques plus ou moins roulées par les rivières ou colluvionnées, disposées en lits au milieu des cendres, ou en lentilles, abondent dans toute l'île (à *Castelo Branco* près de l'aéroport; sur la route de *Horta* à *Pedro Miguel*; etc.). On pourrait penser que cette absence est due à ce que la totalité des terrains volcaniques de Faial est holocène, comme il ressort de la carte géologique de FORJAZ (1966). En fait, nous croyons improbable qu'un édifice de la dimension de ce strato-volcan ait pu se construire entièrement à l'Holocène. Nous le considérons comme au moins pléistocène moyen, la péninsule occidentale pouvant seule être entièrement d'âge holocène. L'un des arguments qu'on peut avancer est l'existence sur la côte Sud-Ouest d'une très grande falaise marine dépassant 250 m de hauteur: la falaise de *Varadouro*, qui entaille des coulées basaltiques superposées. Il est impossible que cette très grande falaise ait été façonnée en totalité à l'Holocène. Il existe d'autres secteurs à grandes falaises marines à Faial: dans l'aire des blocs faillés de l'Est, où les falaises atteignant 100 m ne sont pas rares; et sur la côte Nord-Ouest près de *Praia do Norte*, où se voit une falaise, par endroits morte, haute de 200 m.

Une belle plage ancienne sans doute haut-flandrienne, à gros galets de basalte, longue d'une centaine de mètres, a été observés au

fond de la baie de Porto da Praia. Les galets reposent sur des lits de cinérites, et sont recouverts par des alluvions récentes de fond de vallée, épaisses de 0,50 à 1 m. Ils sont à environ 1 m au-dessus de la partie supérieure de la plage actuelle, elle aussi constituée de gros galets de basalte.

* *
*

Au total, la répartition des plages anciennes en ces îles semble en accord avec leurs âges probables, et il en va de même des vraies rasas, alors que les fausses rasas construites par des coulées peuvent évidemment exister dans les îles les plus récentes, où l'abondance des coulées très jeunes est même une raison de leur bonne conservation.

ANDRÉ GUILCHER
Université de Bretagne Occidentale
(Brest)

RENÉ BATTISTINI
Université d'Orléans

ERA 345 du CNRS

SUMMARY

COASTAL EROSIONAL AND BUILT PLATFORMS, AND OLD BEACHES, IN THE AZORES ARCHIPELAGO

The first part of this paper describes coastal platforms occurring along the volcanic islands of São Miguel, Santa Maria, Terceira, and Pico, Azores, and explains their origins.

Some of them are erosional, due to marine abrasion: they thus fall into the *rasa* type previously reported from Asturias, Spain, from the Morocco coast, and elsewhere. Good examples are found on the north coast of São Miguel, in the east part of Santa Maria, on the north and southeast coasts of Terceira. The most usual situation facing North is probably explained by the direction of the prevailing swell.

Other platforms, however, were not cut by wave action, but result from lava flows which have reached the coastline and have not been significantly reworked by the sea: they can thus be called *false rasas*. Such is the case at several places on the north and south coasts of São Miguel (aa and sometimes pahoehoe lava flows), at Terceira where they are larger and have been protruded conspicuously into the sea, and also at Pico. Some of these coastal lava flows have fossilized former cliffs. A comparison is made with similar false rasas found at Great Comoro Island, Indian Ocean. The distinction between the two types of platforms is generally easy.

The second part of the paper deals with old beaches found above present-time sea-level. Some of them have been previously described: others seem to be mentioned here for the first time. The most numerous ones, probably of Pleistocene age, occur along the coasts of Santa Maria at Praia, São Lourenço, Maia, Anjos; Holocene beaches are found in the same island in front of Ilhéu da Vila and also at Pico, Faial, and at Ribeira Seca, São Miguel Island. It is necessary not to confuse with true old beaches accumulations of pebbles due to volcanic eruptions, and also fluvial terraces.

BIBLIOGRAPHY

- BATTISTINI, R. (1967) — «Le volcan actif de la Grande Comore». *Madagascar Rev. de Géogr.*, n.° 10-11, p. 41-77.
- BATTISTINI, R. (1976) — «Application des méthodes Th230—Ur234 à la datation des dépôts marins anciens de Madagascar et des îles voisines». *Ass. Sénégal. Et Quat. Afr., Bull. Liaison*, n.° 49, décembre.
- BATTISTINI, R., LALOU, C., ELBÉZ, G. (1976) — «Datation par la méthode 230—234Ur du Pléistocène moyen marin de Madagascar et des îles voisines». *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 201.
- BERTHOIS, R. (1953) — «Contribution à l'étude lithologique de l'archipel des Açores». *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XXXIV, 202 p.
- BLOOM, A. L., BROECKER, W. S., CHAPPELL, J. M. A., MATTHEWS, R. K., MESOLELLA, K. T. (1974) — «Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: new 230Th—234Ur dates from the Huon Peninsula, New Guinea». *Quat. Res.*, vol. 4, p. 185-205.
- FORJAZ, V. H. (1966) — *Carta geológica do sistema vulcânico Faial-Pico-S. Jorge*. S. 1.
- GUILCHER, A. (1954) — «Dynamique et morphologie des côtes sableuses de l'Afrique atlantique». *Cah. Inf. Géogr.*, 1954-1, p. 57-68.
- GUILCHER, A. (1974) — «Les "rasas": un problème de morphologie littorale générale». *Ann. de Géogr.*, vol. 83, p. 1-33.
- HOANG, C. T., ORTLIEB, L., WEISROCK, A. (1978) — «Nouvelles datations 230Th—234Ur de terrasses marines «ouliennes» du Sud-Ouest du Maroc et leurs significations stratigraphique et tectonique». *C. R. Ac. Sc.*, vol. 236, p. 1759-1762.
- MURZADEC-KERFOURN, M. T. (1974) — *Variations de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire*. Thèse d'Etat, Mém. Soc. Géol. Min. Bretagne, Rennes, 208 p.
- MOTTET, G. (1971) — «Contribution à l'étude géomorphologique de l'île volcanique de Terceira (archipel des Açores)». *Publ. Labo. Géogr.*, Fac. Lettres, Univ de Tananarive, ronéotypé, 70 p.
- PASKOFF, R., SANLAVILLE, P. (1978) — «Sur l'origine de la formation Tlêt et sa place dans la stratigraphie du Quaternaire récent de la région Jerba-Zarzis (Sud Tunisien)». *C. R. Ac. Sc.*, vol. 287, p. 1265-1268.
- SHACKETON, N. J., OPDYKE, N. D. (1973) — «Isotope paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V. 28-238: oxygen temperature

and ice volumes on a 15^s years and 10^o years scale». *Quat. Res.*, vol. 3, p. 39.

SOEIRO DE BRITO, R. (1955)—*A Ilha de São Miguel*. Inst. Alta Cultura, Centro de Est. Geogr., Lisboa, 214 p.

ZBYSZEWSKI, G. (1961)—«Etude géologique de l'île de São Miguel (Açores)». *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XLV, p. 5-799.

ZBYSZEWSKI, G. (1963)—«Les phénomènes volcaniques modernes dans l'archipel des Açores». *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XLVII, p. 5-231.

ZBYSZEWSKI, G., VEIGA FERREIRA, O. da (1961)—«La faune marine des basses plages quaternaires de Proia et de Prainha dans l'île de Santa Maria (Açores)». *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XLV, p. 467-478.

ZBYSZEWSKI, G., VEIGA FERREIRA, O. da (1962)—«Etude géologique de l'île de Santa Maria (Açores)». *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XLVI, p. 209-245.

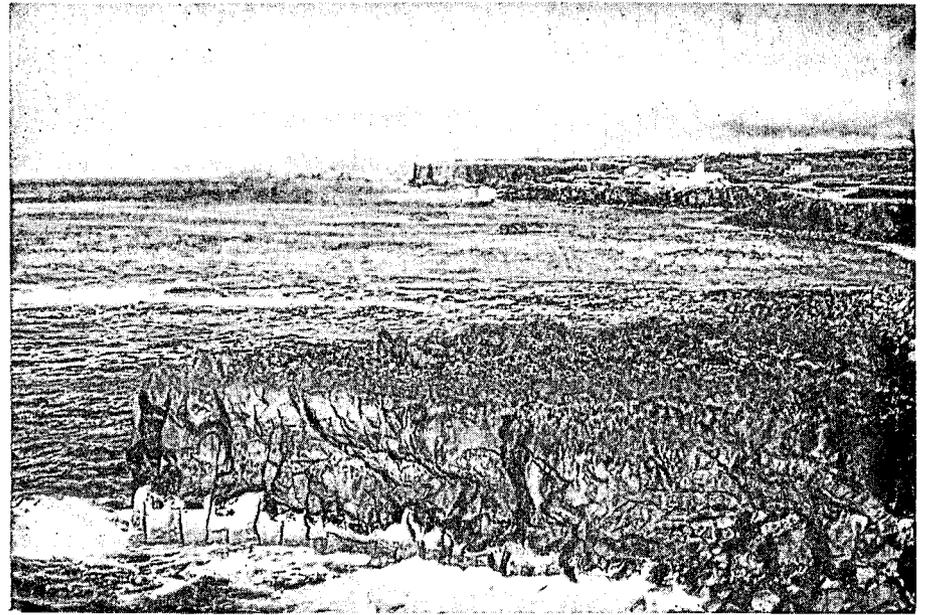
ZBYSZEWSKI, G., RIBEIRO FERREIRA, C., VEIGA FERREIRA, O. da (1962)—«Etude géologique de l'île de Pico (Açores)». *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XLVI, p. 5-34.



I, A—São Miguel. Rasa de Ponta Formosa, vue de l'Est. Vraie rasa du second genre.



I, B—São Miguel. Poços en São Vicente Ferraria. Fausse rasa supérieure construite par une coulée aa. Détail de la surface très rugueuse.



II, A — São Miguel. Poços en São Vicente Ferraria. Fausse rasa inférieure construite par une coulée aa.



II, B — São Miguel. Rabo de Peixe. Très basse fausse rasa construite par une coulée récente et formant un petit promontoire.