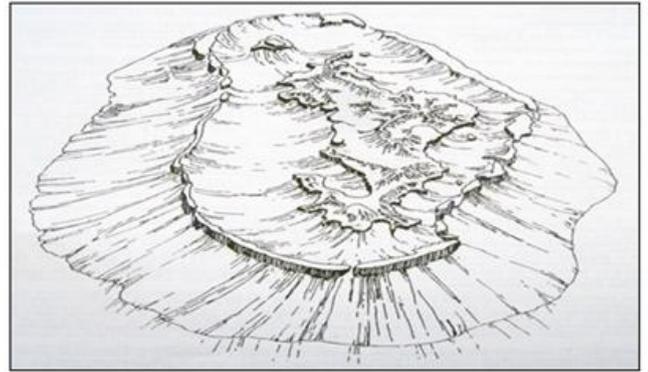


# Sortie géologique et botanique de première S à Mayotte

Fiches du professeur

Comment retracer l'histoire géologique de Mayotte émergée il y a 8 millions d'années à partir des observations de terrain à l'échelle de l'échantillon, de l'affleurement et du paysage ?

- Une histoire marquée par des phases de construction et des phases de dégradation -



Matériel : marteau de géologue ; acide chlorhydrique ; loupe ; bécet en plastique ; plaque de fer ; plaque de verre ; boussoles ; mètre ; appareil photographique ; guide de la faune et flore de Mayotte.

Affaires personnelles : parapluie ; boisson ; chaussures de randonnée ; crayon à papier ; gomme ; feuilles blanches.

Notation du compte rendu: Nous allons faire une sortie dans le nord de l'île de Mayotte pour une exploitation ultérieure durant les cours de l'année de première S. Nous nous arrêterons 7 fois pour faire des observations surtout géologiques mais aussi botaniques. Chaque binôme devra réaliser un compte-rendu de la sortie (sur ordinateur par exemple) qui sera noté selon le barème suivant :

1 pt : organisation, présentation, soin, expression écrite du compte-rendu.

1 pt : impacts écologiques de l'Homme (agrosystèmes, déforestation et padzas, littoral de Longoni, etc.)

2 pts : explications concernant les conditions de la mise en place d'un dyke et concernant sa structure (avec schéma).

3 pts : explication détaillée de trois rôles écologiques essentiels de la mangrove à Mayotte.

2 pts : croquis avec légendes de l'affleurement du terrain de football de Bouyoumi.

1 pt : description comparative des conditions de dégradation des roches de Mtsahara et de Longoni.

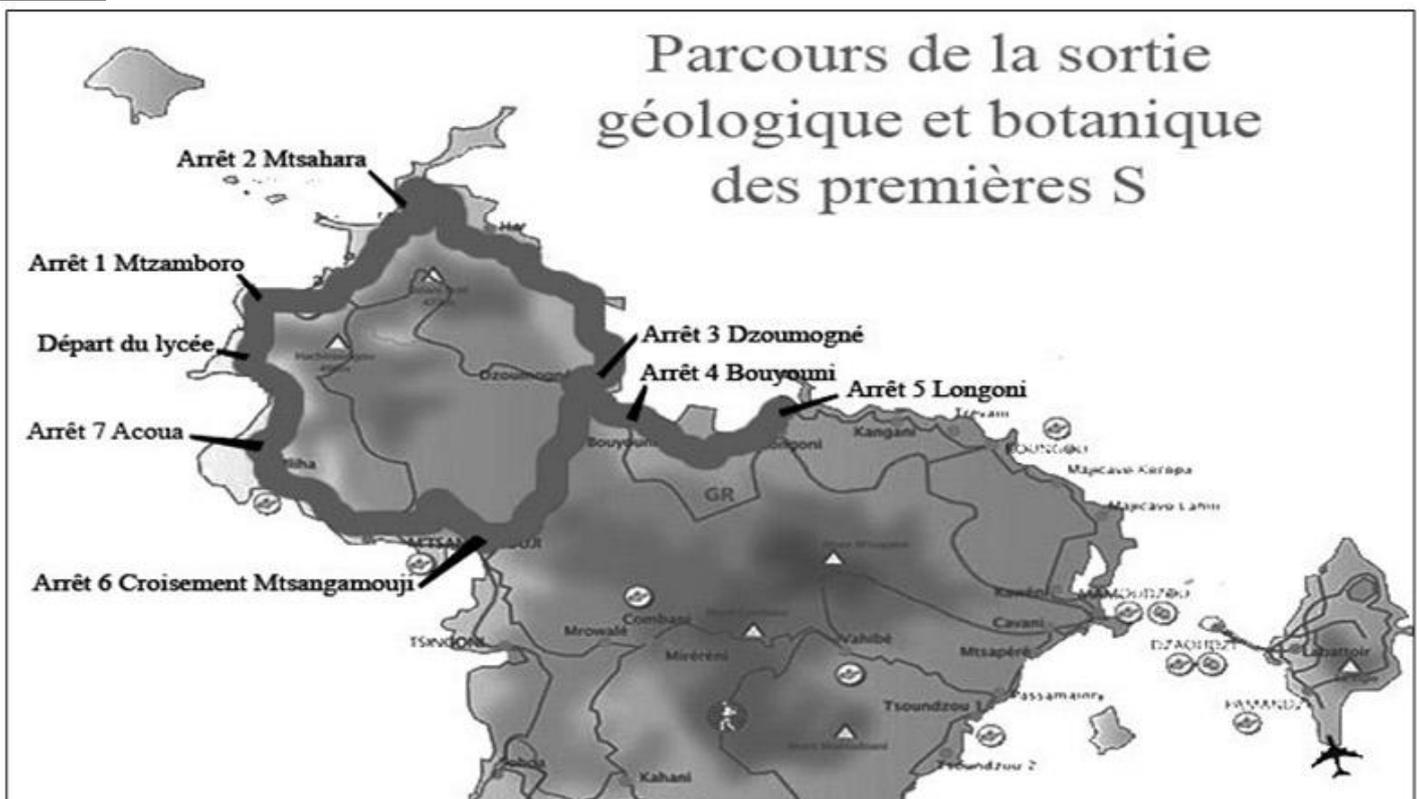
3 pts : description de 2 roches rencontrées (rhéologie, minéraux repérés à la loupe, classification, origine, etc.).

2 pts : description, schéma et explications de la morphologie de 2 ports différents de la même espèce (Ylang-ylang).

2 pts : petit herbier avec noms et classification de quelques espèces végétales rencontrées (flore à disposition).

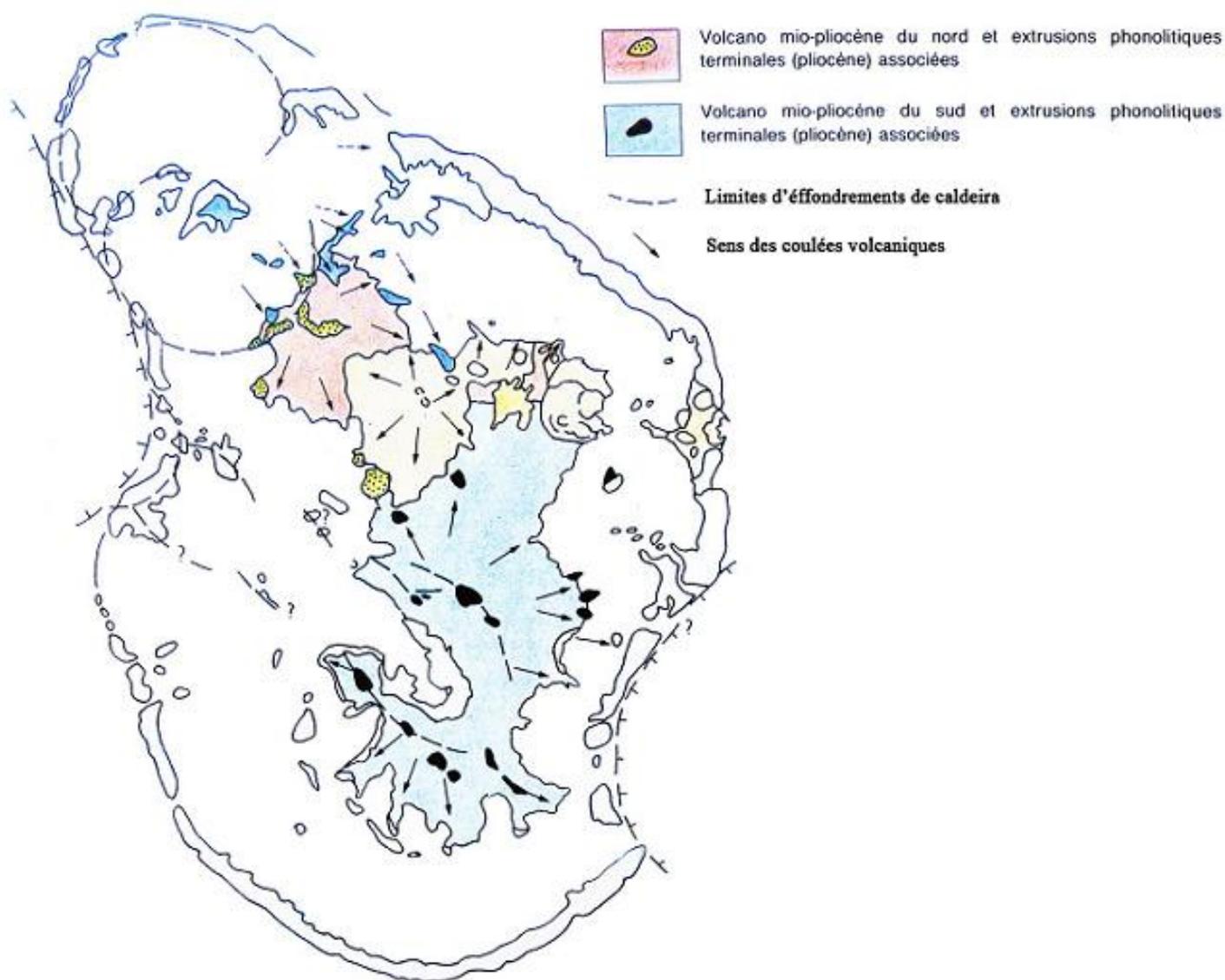
3 pts : résumé de l'histoire (formation et destruction progressives) de Mayotte à partir des observations et des documents.

Parcours :



## Arrêt 1 : le point de vue sur Mtzamboro

1- Vous allez, tout d'abord, faire une analyse à l'échelle du paysage de la géomorphologie volcanique. Repérez notre position sur la carte géologique simplifiée. Qu'observe-t-on dans le lagon en face de nous d'après la carte géologique ? (on observe une caldeira, vaste dépression issue de l'effondrement d'un cône volcanique dans sa chambre magmatique partiellement vidangée. A ne pas confondre avec un cratère volcanique issu de l'éjection de laves et de la retombée tout autour. Nous sommes sur les vestiges émergés d'un ancien cône volcanique. La partie occidentale est immergée. Il s'agit d'un ancien volcan bouclier nord, l'un des deux ayant construit l'île dans sa grande majorité)



Document 1 : carte géologique simplifiée de Mayotte

2- Les amphithéâtres de chaque village sont dus au creusement des pentes de cet ancien volcan qui a construit tout le nord de l'île entre 8 et 4 Ma. Et les replats vers la côte correspondent à d'anciens éboulements du cône. Repérez les parties du littoral les plus en relief. Ce sont d'anciennes coulées (de 2,2 à 2 Ma) dont on étudiera la nature au prochain arrêt. Elles se sont formées dans les anciennes vallées puis ont été dégagées par l'érosion et forment maintenant des reliefs inversés par rapport au passé. Recherchez deux hypothèses pour expliquer leur résistance relative à l'érosion. (plus récentes, formation plus compacte et moins poreuse donc moins facilement dégradée)

3- Montrez qu'il existe un lien entre la morphologie de la côte et le type de roches qui la constituent. (anciennes coulées formant des avancées digitées vers la mer et baies en amphithéâtres où se déposent les produits d'érosion actuelle (vases en présence de palétuviers, sables, galets et blocs).

4- Maintenant, vous allez étudier le paysage côté intérieur de l'île et les impacts des activités de l'Homme. Repérez la position d'un agrosystème. Comment le reconnaissez-vous ? (modification des espèces : bananiers avec manioc et agrumes / organisation géométrique de la culture / entretien avec retrait des plantes adventices)

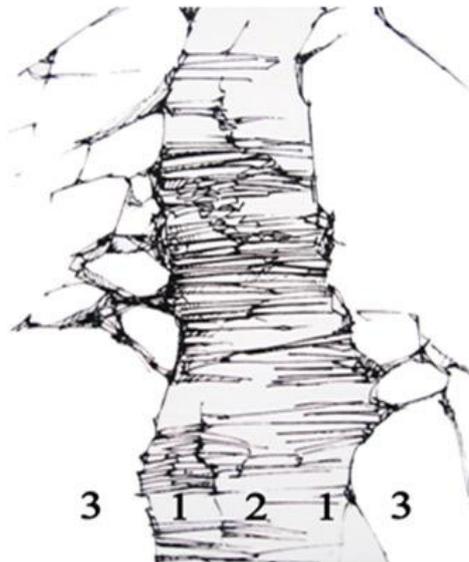
5- Comment sont répartis les cocotiers (*Cocos nucifera*) dans le paysage ? Comment expliquez-vous cela alors que c'est une espèce hydrochore (dont les fruits sont transportés par l'eau de l'océan) ? (répartition sur les bords de plages mais aussi dans les pentes des reliefs. Cette dernière répartition est due à une intervention anthropique)

7- Indiquez deux espèces végétales que vous pouvez reconnaître et qui dominent naturellement dans la compétition pour la lumière des forêts. Comment les repérez-vous ? (manguiers, arbre à pain ; repérage par leur grande taille et la densité du feuillage de leur fâte)

## Arrêt 2 : le sud de la plage de Mtsahara à marée basse

1- Vous allez observer en détail la plage et la pointe de Mtsahara qui est datée de 2,2 à 2 Ma. Indiquez la nature de la formation visible, à partir du matériel à votre disposition. (roche solide cassante, de couleur noire, à phénocristaux noirs de pyroxènes dans un verre volcanique. Elle est donc issue d'une lave à refroidissement assez brutal. Il s'agit d'un basalte)

2- Décrivez cette formation schématisée sur le document 2 : sa direction, celle des prismes qui se débitent, son orientation (avec la boussole) et son épaisseur (avec le mètre). (taille métrique, direction verticale avec prismes à débits horizontaux, orientation NW-SE)



Document 2 : schéma d'un affleurement à la plage de Mtsahara

3- Comparez l'aspect (toucher, couleur, présence et taille relative des phénocristaux) dans la zone au cœur de cette formation (2) et celle de sa bordure (1) en contact avec l'encaissant (3) : voir le document 2. (vitrification à l'interface. Phénocristaux de taille très modeste vers les bords et de taille plus importante vers le cœur. Couleur homogène)

4- Vous avez vu que, dans une roche volcanique, la taille et l'abondance des cristaux diminuent quand la vitesse de refroidissement du magma augmente. Émettez une hypothèse qui explique les différentes structures observées à la loupe. (surfaces de refroidissement des 2 côtés dues au contact avec l'encaissant. La cristallisation peut s'y faire, sauf dans la zone de vitrification, mais avec moins de temps qu'au cœur donc les phénocristaux y sont moins grands)

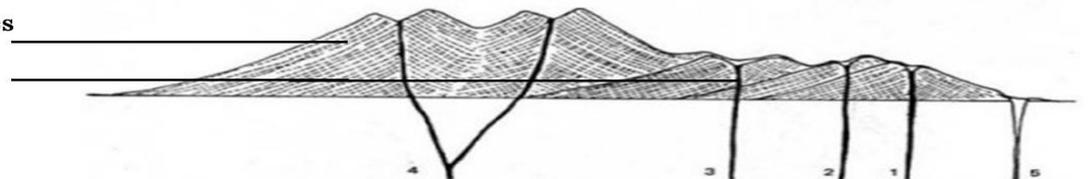
5- Quel est l'aspect (toucher, couleur) de l'encaissant ? (roche altérée, couleur rouille et moins résistants aux coups de marteau. Il s'agit de l'ancienne coulée basaltique que nous avons observée de loin au premier arrêt)

6- A partir de ces observations, proposez une chronologie relative des événements magmatiques visibles et menant à la formation des unités 1-2 et 3 du schéma ci-dessus. (formation de l'unité 3 dont on verra la nature juste après. Puis fissuration et formation de failles. Puis injection de magma basaltique dans la faille : unités 1 et 2. Refroidissement rapide des surfaces : unités 1. Puis refroidissement plus lent du cœur : unité 3. Les prismes étant horizontaux et perpendiculaires aux surfaces de refroidissement, cela prouve qu'il ne s'agit pas d'une coulée mais bien d'un filon. Ils sont dus à la rétraction thermique de la lave en refroidissement)

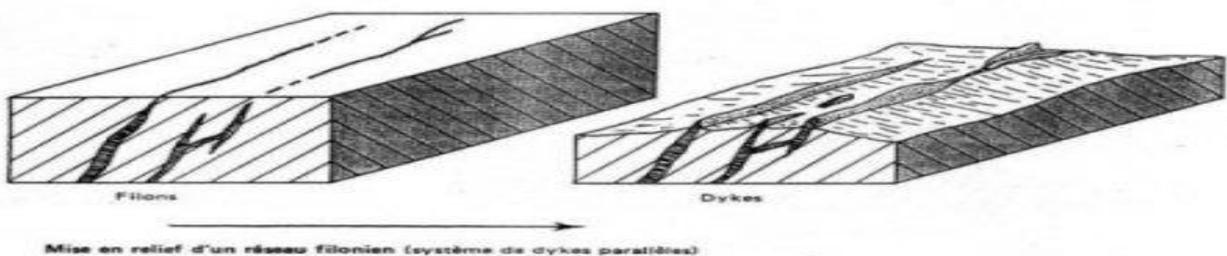
7- A partir des documents 3 et 4, proposez une explication sur la mise en place de cette formation. (coulées de lave basaltique, dépôts de scories et cendres par alternances formant le cône volcanique. Puis fissuration et passage de laves formant un réseau filonien en recoupant toutes les structures précédentes. Mise à nue par l'érosion mécanique des vagues)

Scories, cendres et coulées en alternances (couches)

Cheminée recoupant les structures antérieures



Document 3 : schéma de cheminées volcaniques et de cônes volcaniques correspondants en période d'activité



Document 4 : mise en relief d'un réseau filonien en période d'inactivité (plusieurs dykes parallèles)

8- Quelle doit être la propriété de la lave pour former de tels filons ? Et quel est le contexte tectonique sachant qu'il date de l'effondrement de la caldeira en face de Mtzamboro ? (il faut un magma basaltique fluide qui s'injecte facilement ; contexte extensif de fissuration que l'on peut relier à l'effondrement du cône du volcan bouclier nord puisque l'on est dans la caldeira)

9- Les diaclases débitent des prismes dans la roche. En quoi cette caractéristique favorise leur dégradation ? (L'eau peut s'insérer et circuler le long de ces surfaces. Elle peut oxyder le fer et magnésium des minéraux ferromagnésiens et détruire les réseaux cristallins proches de ces diaclases. Cela facilite la dégradation mécanique par l'action des vagues)

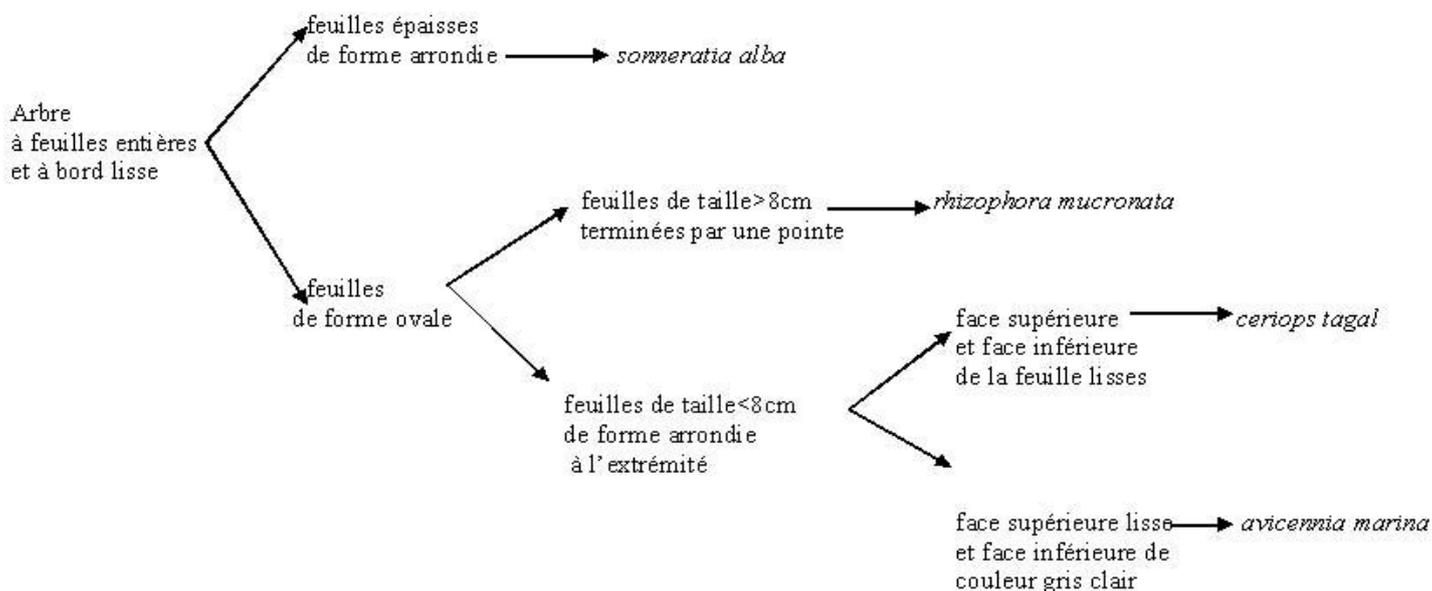
10- Observez les matériaux qui forment la plage de Mtsahara. Indiquez leur forme et leur taille. (ce sont des galets centimétriques et des blocs décimétriques)

11- Formulez une hypothèse concernant leur origine. (ils sont de nature identique au dyke et donc issus de la séparation des polyèdres puis de leur usure qui arrondit les angles par l'action répétée des vagues)

12- Proposez une hypothèse quant à la composition pétrologique des îlots de Mtzamboro (nature de la roche dominante) sachant qu'ils sont du même âge que la pointe que l'on vient d'étudier et qui s'aligne avec eux. (ce sont des basaltes issus de la même coulée donc à la même époque. Le dyke nous a prouvé un effondrement en contexte extensif. Pour cette raison la continuité de la coulée n'est pas visible partout hors de l'eau)

### Arrêt 3 : la jetée Mougédajou à l'entrée de Dzoumogné

1- Récoltez quelques feuilles des espèces végétales que nous allons rencontrer dans la mangrove. Déterminez les genres des palétuviers rencontrés à partir du document 5. (*Rhizophora sp.* et *Avicennia sp.*)



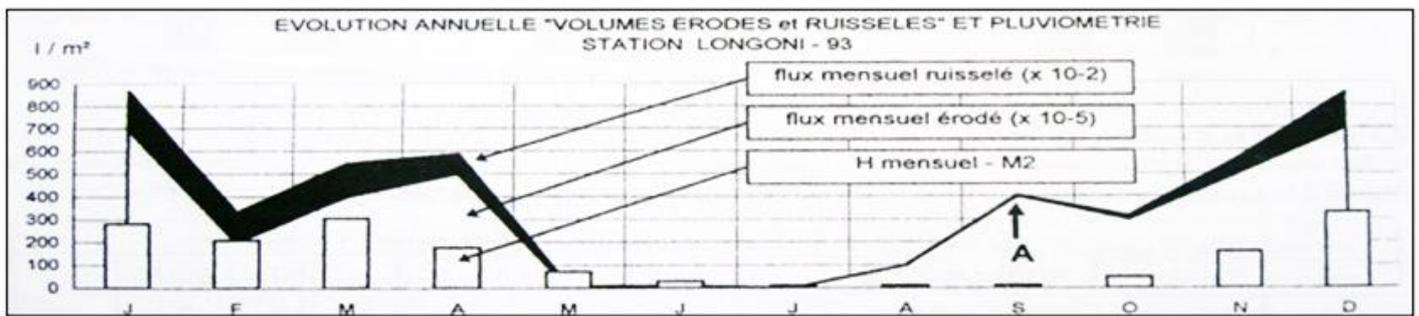
Document 5 : clé simplifiée de détermination des palétuviers

2- Relevez toutes les contraintes abiotiques (non dues à des êtres vivants) du milieu qui rendent la vie difficile dans la mangrove. (eaux saumâtres, balancement des marées, substrat de vase meuble, vagues, etc.)

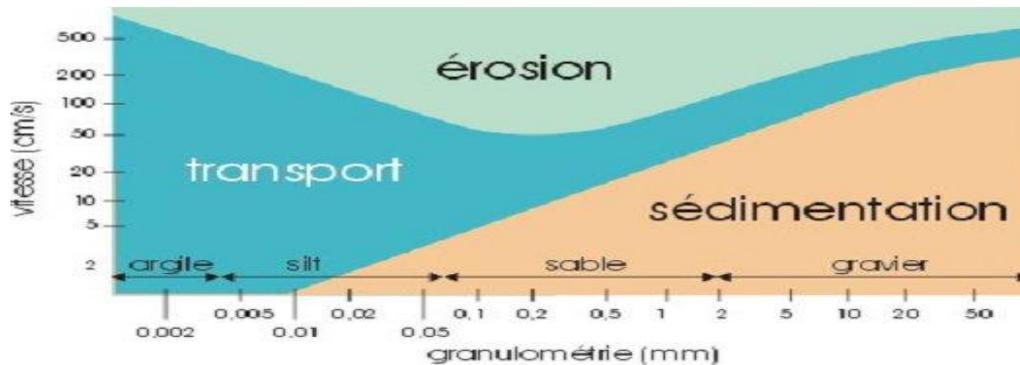
3- Proposez des hypothèses pouvant expliquer à quoi servent leurs adaptations avec racines verticales à géotropisme négatif dépassant le substrat (pneumatophores) ou avec tiges à géotropisme positif en forme d'échasses (rhizophores). (les contraintes abiotiques du milieu font une pression de sélection sur les plantes qui développent des adaptations pour se stabiliser mécaniquement avec des rhizophores chez *Rhizophora sp.* et des pneumatophores chez *Avicennia sp.* pour permettre à leurs racines inondées de capter des gaz atmosphériques)

4- Repérez certaines espèces animales qui sont inféodées à ce milieu car elles ne se retrouvent nulle part ailleurs (poisson *Periophthalmus sp.* ; crabe violoniste *Uca pugilator*) ou moins souvent ailleurs (gecko *Phelsuma robertmertensi* ; certaines huitres ; etc). Quel rôle écologique de la mangrove est ainsi mis en évidence ? (la mangrove permet la survie d'espèces inféodées car elles y trouvent des niches écologiques en rapports avec leurs besoins alimentaires, reproductifs, etc.)

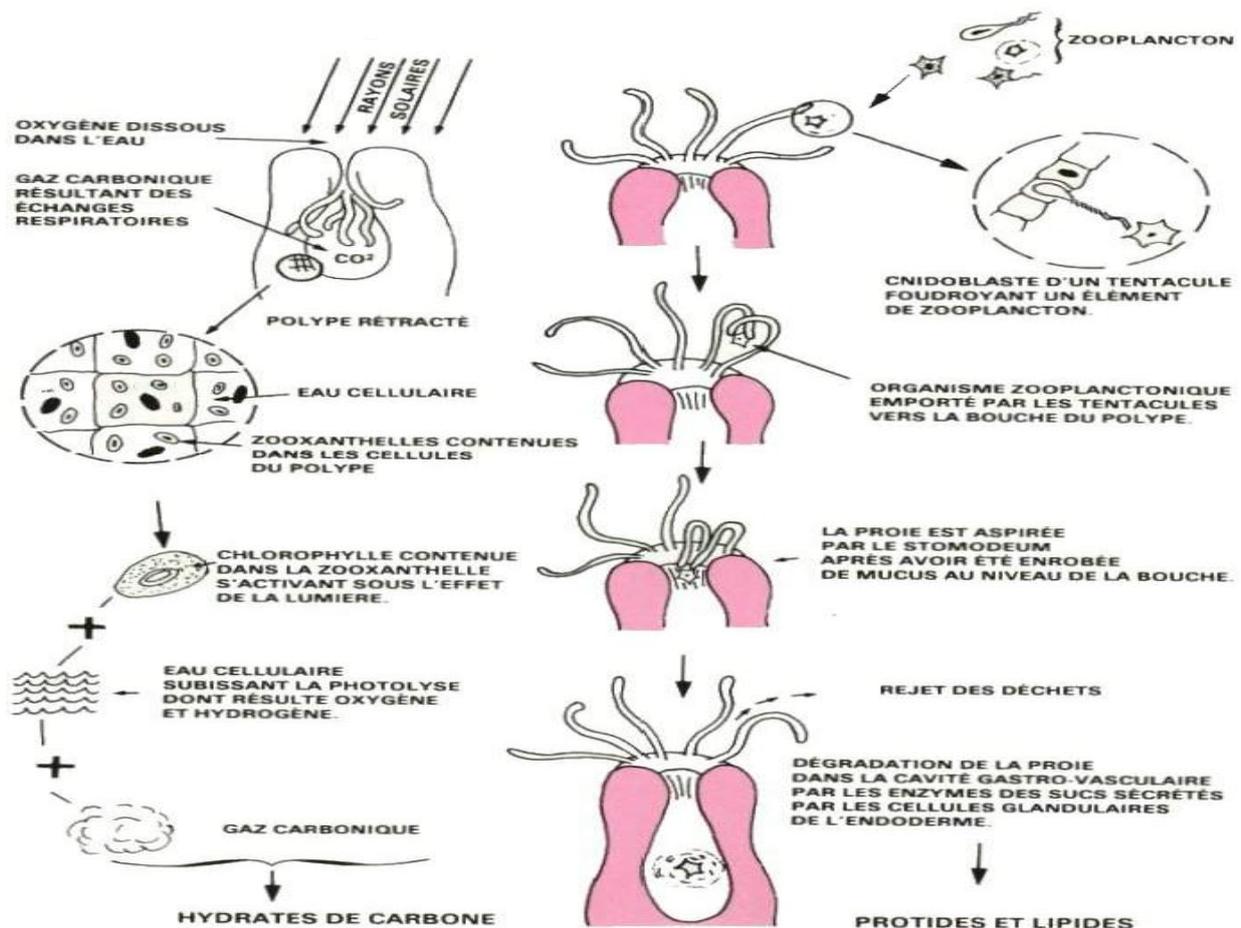
5- L'envasement des mangroves à palétuviers réduit celui des récifs coralliens frangeants et barrière au large. A l'aide des documents 6, 7 et 8, recherchez l'origine de cet envasement et les avantages qu'il se fasse dans la mangrove. (Cet envasement est dû à une succession de phénomènes : des roches à l'affleurement sont exposées aux précipitations. On verra un padza au dernier arrêt. Elles s'altèrent et certaines particules sont transportées par les eaux de ruissellement pendant la saison des pluies, en direction du littoral. Cela contribue à effacer les reliefs positifs de l'île. La diminution de pente et la présence de palétuviers favorise le ralentissement des eaux et le dépôt des particules dans la mangrove. C'est le cas au nord-est de l'île. L'envasement côtier réduit l'augmentation de turbidité des eaux marines pour les récifs coralliens très sensibles. En effet, les zooxanthelles photosynthétiques en symbiose dans les polypes leur apportent les hydrates de carbone nécessaires à leur survie mais nécessitent de la lumière. Donc la mangrove contribue à la protection des écosystèmes coralliens. La houle est par ailleurs très atténuée par la mangrove. Cela empêche donc les agressions côtières de l'île par la houle. En comparant avec Mtsahara, on peut dire que l'île est mieux protégée de ce côté)



Document 6 : histogramme des précipitations et volumes de particules transportées



Document 7 : relation entre sédimentation, granulométrie des particules et vitesse du courant



Document 8 : la nutrition d'un polype constructeur de récif et vivant en colonies

#### Arrêt 4 : l'affleurement du terrain de football de Bouyouni

1- L'affleurement du terrain de football de Bouyouni comprend des dépôts de cendres fines et une coulée basaltique en dégradation. Décrivez la couleur, la forme et la taille des éléments qui se détachent. (blocs arrondis de taille inframétrique en pelures d'oignon ; couleur rouille par altération des minéraux ferromagnésiens : ce sont des altérites surmontées du sol très visible en coupe verticale)

2- Les conditions de température et d'humidité élevées de Mayotte favorisent une altération chimique (dissolution de certains minéraux solubles ; oxydation du fer des silicates en hématite ; hydrolyse des silicates comme les feldspaths et pyroxènes). Essayez de retrouver les épisodes successifs à l'origine de ces formations en les classant dans l'ordre

chronologique. (dépôts de cendres volcaniques ; puis coulée de lave basaltique ; refroidissement avec fissuration en diaclases ; pénétration et circulation des eaux ; altération progressive des minéraux ferromagnésiens avec renforcement de cette altération dans les angles puisque plus exposés sur deux faces ; altération de plus en plus circulaire ; coloration rouille par oxydation ; reprise par intermittence de la dissolution et migration des oxydes vers l'intérieur ; dépôts à chaque fois en couches concentriques ; exposition à l'affleurement ; débit en pelures d'oignon qui s'écaillent par l'érosion).

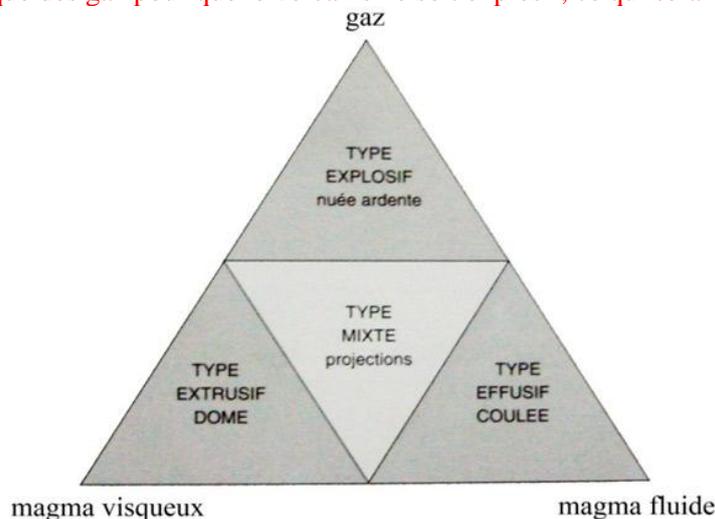
3- Faites un croquis général légendé de l'affleurement et ses différentes formations.

### **Arrêt 5 : l'affleurement face au port de Longoni**

1- L'affleurement est une argile blanche (kaolinite) qui apparaît par altération progressive des feldspaths potassiques et feldspathoïdes d'une roche volcanique appelée phonolite. Indiquez la sensation au toucher et le comportement de cette argile placée dans le béccher rempli d'eau. (solide meuble, toucher soyeux et flottaison des particules)

2- Observez l'affleurement : est-il altéré de manière homogène et existe-t-il des traces de failles ? (l'altération est homogène dans toute la roche initiale et on ne retrouve aucune structure permettant de la reconnaître. On observe d'anciennes failles dans lesquelles se sont déposés des oxydes métalliques noirs)

3- Les basaltes que nous avons observés auparavant sont issus du refroidissement de magmas fluides. La phonolite, quant à elle, est issue de l'évolution du magma car la chambre magmatique n'est plus alimentée par le point chaud. Celui-ci a subi une différenciation par enrichissement en silice et possède donc une viscosité importante. Les mécanismes de cette évolution ne font pas partie du programme de première S. Le magma s'est aussi enrichi en fer et en minéraux alcalins sodiques et potassiques. Sur le document 9, placez le nom des roches volcaniques : basaltes et phonolites. Que manque-t-il pour que le volcanisme soit explosif ? (les basaltes représentent un volcanisme effusif, les phonolites représentent un volcanisme extrusif et il manque des gaz pour que le volcanisme soit explosif, ce qui sera le cas à -0,5 MA vers Kaweni)



Document 9 : diagramme d'évolution possible des magmas d'un même volcan au cours du temps

### **Arrêt 6 : le pont dans le virage près du croisement de Mtsangamouji, Combani et Dzoumogné**

1- Récoltez quelques échantillons (rameaux portant des feuilles) des espèces végétales rencontrées.

2- Réalisez un schéma de la morphologie des deux phénotypes macroscopiques d'Ylang-ylang (axes schématisés par des triangles isocèles à base très étroite, bourgeons axillaires et bourgeon terminal schématisés par des points noirs, feuilles et fleurs éventuellement représentées sous une forme simplifiée). (phénotype macroscopique dressé naturellement et tortueux artificiellement)

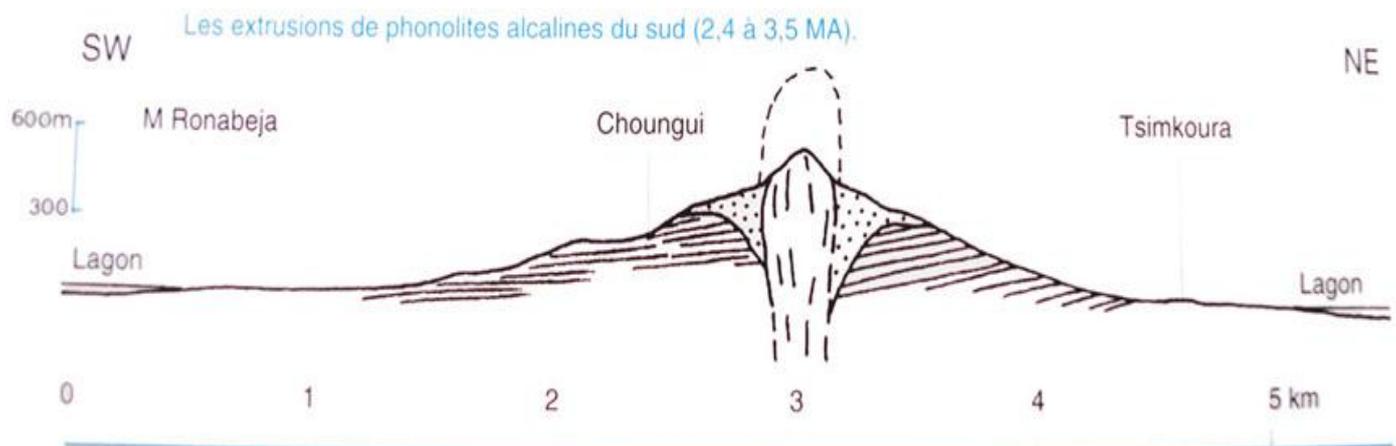
3- Recherchez des explications à la différence de phénotype macroscopique des Ylang-ylang poussant naturellement ou dans les agrosystèmes exploités par l'Homme. (coupure du bourgeon terminal ; pas de dominance apicale donc développement des bourgeons axillaires et pas de croissance de l'axe principal)

### **Arrêt 7 : le point de vue au dessus d'Acoua**

1- D'après vos connaissances personnelles, quelle est l'origine du padza en hauteur de la route formant une ouverture béante « anti-cicatrisante » d'altération et d'érosion des roches ? (Homme : déforestation, brûlis et surpâturage ou enracinement faible d'espèces d'agrosystèmes comme les bananiers et le manioc ; pluies violentes décapant le sol par ruissellement ; mise à nue de la roche mère par disparition de la protection du sol et du couvert végétal ; altération en argile ; formation d'entailles béantes qui s'élargissent ; éboulements et chablis se propageant latéralement ; implantation impossible d'espèces par dépôt de graines anémochores et zoochores car absence de sol : cercle vicieux)

2- Indiquez à quoi ressemble le Choungui (aiguille phonolitique de 594 m et datée entre 3,5 et 2,4 Ma) visible au sud. Aidez-vous du document 10. (vestige de la cheminée envahie par une lave phonolitique puis dégagée par l'érosion)

3- Il s'agit d'un neck. Le volcan était donc beaucoup plus grand que le relief que l'on observe actuellement. Expliquez quels événements ont permis la formation de ce neck (changement de volcanisme ; état de la lave ; phénomènes dégageant la cheminée). (le volcanisme est extrusif avec un magma enrichi en silice ; la lave est plus visqueuse et forme une aiguille ; ce dôme est plus résistant que le cône volcanique l'entourant et est ainsi mis à jour par l'érosion de ce dernier)



Document 10 : schéma d'une coupe structurale du Choungui

### **Bilan (travail à la maison)**

1- Exploitez le résumé de l'histoire volcanique de Mayotte du document 11 pour dater les légendes de la carte du document 1.

2- Il n'existe plus de volcan actif à Mayotte, ni à Anjouan et Mohéli mais seulement à Grande-Comore. Cependant les quatre îles de l'archipel ont été formées par des volcans alcalins, ce qui permet aux spécialistes de confirmer leur formation en contexte intra-plaque. En exploitant judicieusement tous les indices de cette sortie à l'échelle du paysage et de l'affleurement, et en vous appuyant des documents 12 et 13, reconstruisez l'histoire de la formation de Mayotte et de l'archipel entier des Comores. (Schématiquement, l'île se forme en premier avec exondation vers 8 Ma par activité volcanique au dessus d'un point chaud. Les laves sont basaltiques grâce à un taux de fusion des péridotites relativement important. Puis le déplacement de la plaque lithosphérique empêche la poursuite de l'alimentation des chambres magmatiques des volcans. Les magmas évoluent, se différencient vers des termes plus acides avec de la silice et plus alcalins. Il se forme ainsi des laves phonolitiques. Enfin, le magmatisme devient explosif. Le point chaud, trop éloigné, forme de nouvelles îles, celles des Comores. Mayotte a terminé sa construction et passe en phase de dégradation)

3- Quelles roches sont les témoins soit de la construction ancienne de l'île soit de sa destruction actuelle ? (roches volcaniques témoins de la construction de l'île en plusieurs phases de volcanismes effusifs à basaltes, extrusifs à phonolite et explosifs à trachytes ; roches sédimentaires témoins de la destruction de l'île par altération à cause du climat, par agression physique de la houle qui érode, par mise à nue des roches à cause de l'Homme qui déboise et provoque la formation de padzas, par hydrothermalisme, etc.)

On distingue quatre grands épisodes volcaniques dans le passé de Mayotte:

- 1) Deux grands volcans boucliers se mettent en place sous l'océan: d'abord au sud puis au nord de ce qui formera Mayotte par la suite. Ces deux énormes volcans émergent il y a environ huit millions d'années. Puis ils vont être envahis par des remontées de deux types de magma qui vont former soit des dômes de phonolite (exemple: le mont Choungui entre 5 et 3,5 millions d'années), soit des structures basaltiques (exemple: les dykes d'Handréma il y a 2 millions d'années).
- 2) Entre 1,8 millions d'années et 1,4 millions d'années, un volcanisme nouveau apparaît au centre de l'île (exemple: le mont M'Tsapéré et le plateau de Combani).
- 3) Plus récemment encore, il y a 500.000 ans, un volcanisme explosif forme les grands cratères de Kawéni et de Kavani.
- 4) L'épisode le plus jeune a eu lieu il y a 80.000 ans. Il correspond à un volcanisme très explosif et est à l'origine de la formation de Petite Terre (et du cratère du Dziani par exemple).

Document 11 : résumé de l'histoire volcanique de Mayotte

**Mayotte (Mahoré) :** la plus vieille des quatre îles. Elle est essentiellement le reste émergé, profondément érodé et altéré de 2 anciens volcans boucliers du tertiaire (mi-pliocène, entre 7,5 et 4 Ma). C'est la seule à posséder un récif corallien frangeant et un récif corallien barrière.

**Anjouan (Nzouwani) :** la deuxième île en superficie et en âge (après Mayotte). C'est l'île avec le plus de reliefs et possédant beaucoup de rivières.

**Mohéli (Mwali) :** l'île la plus fertile de l'archipel. Elle est apparue après l'île d'Anjouan et avant Grande-Comore.

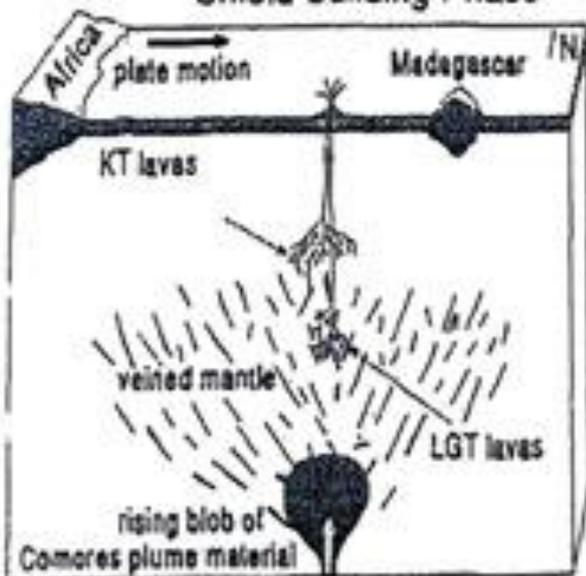
**Grande-Comore (Ngazidja) :** l'île la plus jeune des quatre. Elle se caractérise par son volcan en activité (Karthala).

Document 12 : description succincte des îles de l'archipel des Comores

15 – 3,5 Ma ?

(Mio-Plio)

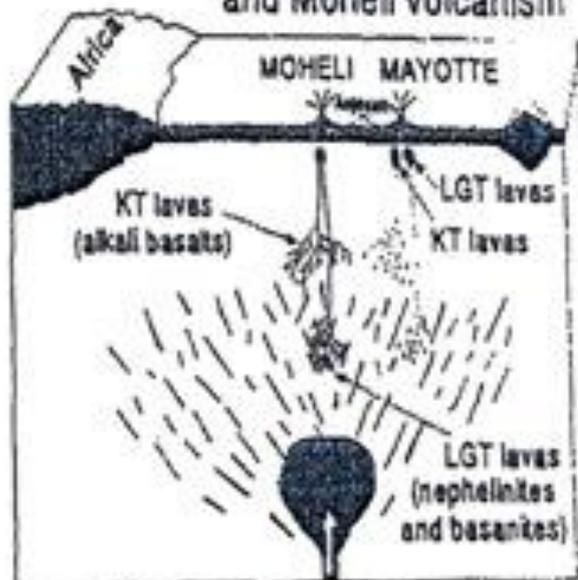
a Mayotte  
Shield-building Phase



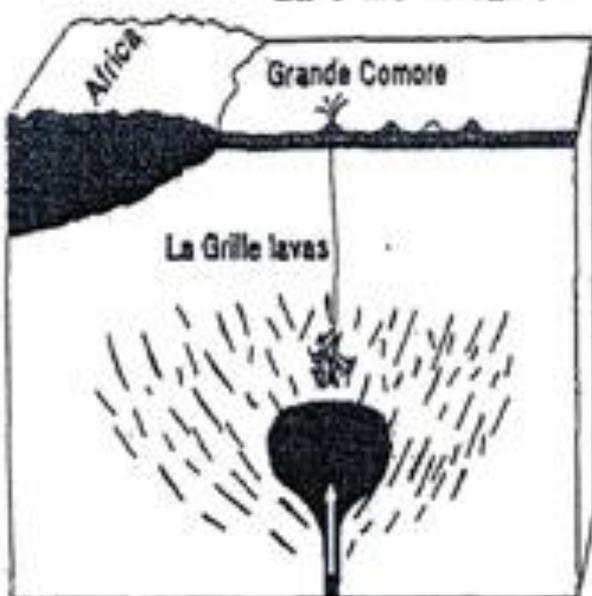
2,5 – 1,5 Ma ?

(Plio – Quat)

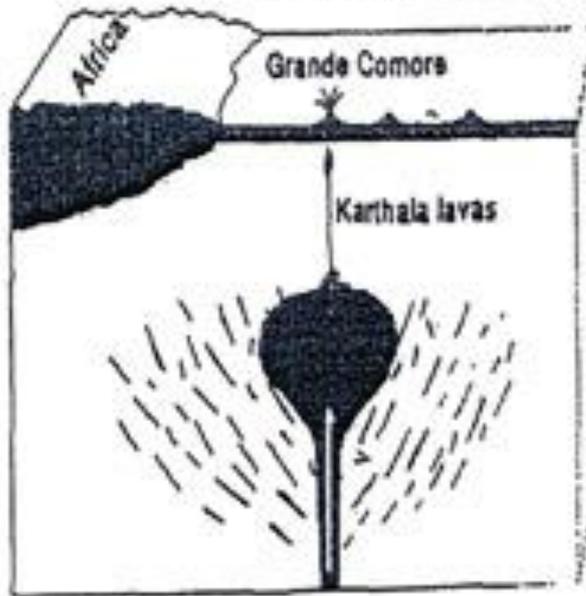
b Mayotte Rejuvenescent Phase  
and Moheli volcanism



c La Grille volcanism



d Karthala volcanism



actuel

Document 13 : schémas simplifiés de la formation des îles de l'archipel des Comores

Auteur :

Thomas Lamouille, certifié-coordonnateur de SVT au lycée du NORD - MAYOTTE.

Sources :

- publications du BRGM ;
- « Mayotte, île volcanique » de M. Malleville et A. Quercia ;
- bulletin n°2 des naturalistes de Mayotte.

Remerciements :

À Guy Ménand, IGEN, pour son aide de grande qualité à l'interprétation approfondie des affleurements lors de son séjour à Mayotte.