



HAL
open science

Cartographie des aléas naturels à Mayotte

Jean-Christophe Audru

► **To cite this version:**

Jean-Christophe Audru. Cartographie des aléas naturels à Mayotte. Univers Maoré, la revue des Naturalistes, Historiens et Géographes de Mayotte, Océan Indien, 2005, 1. hal-04685370

HAL Id: hal-04685370

<https://brgm.hal.science/hal-04685370v1>

Submitted on 3 Sep 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Cartographie des aléas naturels à Mayotte

Jean-Christophe Audru

Résumé

L'archipel de Mayotte est exposé à plusieurs types d'aléas naturels, qui résultent des contextes géologique et géographique de l'archipel. Le climat chaud et humide favorise l'altération des roches volcaniques, tandis que l'intensité des précipitations et parfois des cyclones contribue à l'érosion, aux mouvements de terrain et aux inondations. Les séismes enregistrés à Mayotte sont quant à eux probablement liés à la position de l'archipel dans la zone tectonique active des Comores.

Les aménagements humains et industriels sont actuellement en pleine expansion à Mayotte et migrent des plaines côtières vers les contreforts de l'île, sur des zones d'aléa fort, ce qui contribue à augmenter le niveau des risques ¹.

Cet article fait le point sur la cartographie et le zonage des aléas mouvements de terrain, inondations, séismes et surcote cyclonique en cours de réalisation à Mayotte.

Introduction

Le programme pluriannuel « Risques naturels et Érosion » a été mis en place en 2001 par le BRGM et la Collectivité Départementale de Mayotte. Ce programme a pour objectif d'évaluer et de cartographier les aléas naturels suivants : les mouvements de terrain, les inondations pluviales, les séismes, la surcote cyclonique (en collaboration avec Météo-France) et l'érosion des sols (en coopération avec le Cirad). Les résultats des études sont peu à peu restitués aux administrations sous forme d'atlas cartographiques par ensembles de communes ; ils sont par ailleurs versés dans la base de données informatiques communes aux services publics de Mayotte.

Aperçu de l'histoire géologique de Mayotte

Grande-Terre résulte de l'évolution de deux à trois volcans boucliers depuis environ 15 millions d'années en domaine sous-marin et depuis 8 à 4 Ma en domaine aérien (Stieltjes, 1988). L'activité volcanique la plus récente a été marquée il y a environ 80 000 ans par des éruptions explosives dans le NE de Mayotte, dont certaines ont traversé le récif pour ériger l'île de Petite-Terre ; les dernières cendres volcaniques observées dans le lagon sont datées à environ 7000 ans (Zinke et al., 2003).

Les roches principales observées sur le terrain sont (Figure 1) des coulées de laves de type basaltique ou phonolitique ainsi que localement, des cônes de scories et des dépôts pyroclastiques. Après leur effusion, les laves ont été en partie transformées en argiles par des phénomènes d'altération supergène (liée au climat) ou hydrothermale (liée à la circulation profonde de fluides telluriques) : cela se traduit sur le terrain, par des altérites argileuses imbriquées entre les coulées.

L'évolution quaternaire de Mayotte se traduit par l'enneigement du lagon qui était aérien jusqu'à 11600 ans BP (Zinke *et al.*, 2003), comme en témoignent des caves karstiques (Dullo *et al.*, 1998, Thomassin 1999) et une couronne récifale qui illustre l'enfoncement général de l'archipel de Mayotte à un taux évalué à 15 cm/1000 ans (Thomassin 1999).

¹ le risque correspond au croisement de l'aléa et de la vulnérabilité des enjeux : l'aléa est la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel. Les enjeux sont les infrastructures ou activités humaines, la vulnérabilité représente la fragilité des enjeux vis-à-vis d'un phénomène naturel particulier.

L'activité sismique modérée enregistrée à Mayotte est probablement liée à la migration de la déformation extensive, depuis le rift est-africain vers Madagascar (Terrier *et al.*, 2000).

Implication de la géologie pour les aléas naturels.

On retrouve de manière générale dans l'île, la superposition de laves saines et massives et d'altérites argileuses meubles. Cette imbrication de formations géologiques fort différentes dans l'espace aboutit à des effets induits particuliers, liés à leur équilibre peu stable par nature.

Par exemple, les chutes de blocs sont fréquemment observées en contrebas de coulées massives de basalte (Mamoudzou) ou bien de dômes de phonolites. Des blocs volumineux (de la grosseur d'une maison) sont produits par l'érosion (Mtsangadoua). Ces blocs peuvent se propager dans les pentes sur des distances d'autant plus importantes qu'ils seront ensuite libérés par l'érosion de la gangue argileuse qui peut les enchâsser. Les colluvions peuvent aussi être le siège de mouvements de terrain (Sada). Ces chutes de blocs sont également fréquentes au niveau d'affleurements où des altérites argileuses sont recouvertes de coulées de laves saines (Koungou).

Les glissements affectent principalement les altérites. Les argiles kaoliniques à proximité des phonolites et les argiles smectitiques dérivées de l'altération des basaltes forment souvent la « semelle » ou la « couche savon » de ces glissements (Moinatrindri). La topographie résiduelle se caractérise par une érosion intense, à l'origine des padzas. Lors des périodes à forte pluviosité, ces glissements évoluent fréquemment en fluage et en coulées de boue à forte propagation.

Du point de vue de la propagation des ondes sismiques, cette superposition de roches différentes pouvant être répétée plusieurs fois à la verticale d'un site, et les caractéristiques géotechniques des altérites étant médiocres, de forts contrastes de vitesse d'ondes sismiques sont envisageables (Kaouéni, Kavani). Ce sont ces contrastes qui peuvent amplifier localement les accélérations liées aux séismes, on appelle ce phénomène l'effet de site lithologique.

Les séismes ont aussi probablement entraîné des mouvements de terrain à Mayotte. Le séisme de 1829, relaté par Gevrey (1870) aurait entraîné un vaste glissement de versant au sud de Koualé (site imprécis). De même, la consultation aux Archives Territoriales de Mayotte, d'anciens journaux locaux a également révélé que le séisme plus récent du 1^{er} décembre 1993 (Mb = 5.2) avait entraîné des instabilités locales de versants à Passamainti par exemple. Ce séisme avait en effet déstabilisé des formations superficielles, déjà saturées d'eau par deux mois de mousson, induisant des glissements superficiels.

L'évaluation des aléas naturels à Mayotte (en particulier des mouvements de terrain, de l'érosion et de l'aléa sismique local) est donc fortement dépendante de la connaissance des formations géologiques et en particulier des formations superficielles (Audru *et al.*, 2003).

Évaluation et cartographie

Mayotte a la particularité de ne quasiment pas disposer d'archives écrites (rattachement tardif à la France) ni de journaux locaux pérennes. Il existe en revanche une forte tradition orale colportée par les anciens des villages et les dignitaires religieux. Outre les investigations menées habituellement pour la cartographie des aléas (terrain, traitement de la topographie numérique etc.), nous avons donc porté une attention particulière à cette histoire orale, en

essayant d'y retrouver les récits de catastrophes passées (Hachim, 2004). Cette longue enquête a permis de retrouver la trace de nombreux phénomènes naturels jusque vers les années 1600 environ.

L'aléa mouvements de terrain et l'aléa inondations sont cartographiés suivant une approche naturaliste du type expertise, excluant le recours à des études supplémentaires (sondages etc.). Les instabilités repérées sur le terrain, sont reportées sur un fond topographique de l'IGN au 1/25 000 en zone rurale et sur un fond agrandi au 1/10 000 en zone urbaine, ou bien parfois positionnées par GPS. Les instabilités sont ensuite numérisées dans un fichier MapInfo (logiciel de cartographie) : cela permet d'avoir toutes les informations en cliquant sur l'indice représenté sur une carte à l'écran (coordonnées géographiques, type d'indice, description, commune, etc.) et de mettre en place un Système d'Information Géographique (SIG) simple. Comme les services de l'État à Mayotte utilisent tous le même logiciel MapInfo, la mise en commun de ces données permet la meilleure diffusion possible à tous les aménageurs. Les conditions favorables et les facteurs de déclenchement des mouvements sont ensuite transposés à l'ensemble de la zone d'étude, après prospection systématique *in situ* pour en déterminer le niveau d'aléa (Figure 2). Dans les zones inaccessibles, l'appréhension des conditions favorables s'est faite à partir de l'étude des photographies aériennes et des cartes de pentes établies à l'aide de la topographie numérique au pas de 50 m de l'IGN (1996).

Pour l'aléa inondations (Figure 3), la démarche « hydrogéomorphologique » associe la cartographie des espaces alluviaux sur le terrain et l'analyse hydrologique. C'est une méthode qui semble bien adaptée à Mayotte où l'on ne dispose d'aucune donnée historique ni quasiment de données hydrologiques (données récentes post-1995, insuffisantes en quantité et fiabilité). Les ravines principales sont systématiquement remontées tant que leur lit est accessible ; les observations de terrain sont notées sur des cartes au 1/25 000 ou agrandies au 1/10 000 selon que l'on se trouve en zone rurale ou en zone urbanisée, ou bien indicées par GPS. Sont inventoriés les laisses de crue, les zones d'embâcle avérées ou potentielles, les zones de chute de la vitesse de l'eau, les secteurs d'érosion de berge ou de glissement de terrain ainsi que les secteurs où les lits sont modifiés. Ces observations sont rassemblées dans un fichier MapInfo, comme pour les indices de mouvements de terrain.

Les ravines principales font l'objet d'une fiche synthétique illustrant quelques secteurs à risques de la ravine. Enfin, des débits moyens de crues sont estimés pour les bassins versants principaux à partir de paramètres hydrologiques adaptés à Mayotte, pour un aléa d'ordre centennal et décennal.

Pour l'aléa sismique local, l'évaluation est différente (Figure 4). Des mesures sismiques réalisées en 2002 à Mayotte (Sabourault *et al.*, 2002, Audru *et al.*, 2003) ont confirmé les amplifications locales des accélérations horizontales maximales dans des formations aux caractéristiques géotechniques médiocres (altérites, alluvions, colluvions, dépôts de mangrove, cendres).

La forme du relief et la présence de formations géologiques contrastées peuvent accroître les effets dévastateurs d'un séisme par amplification et allongement de la durée des vibrations.

La liquéfaction des sols est un phénomène qui se produit sous sollicitation sismique (Figure 4). Ce phénomène se développe exclusivement dans certaines formations sableuses ou limoneuses saturées en eau, dans lesquelles le passage d'une onde sismique provoque des surpressions de l'eau contenue dans le sol. Ces surpressions, lorsqu'elles sont suffisamment fortes, conduisent à une déstructuration brutale du sol qui perd alors toute consistance et se comporte comme un liquide. Les atlas n'ont cartographié que les zones à effets de site

lithologiques ou topographiques ainsi que les zones liquéfiables (méthodologie du guide des règles parasismiques français connu sous le nom de PS92). Quant aux mouvements de terrain induits par les séismes, ils se situent, a priori, dans les zones d'aléa fort à moyen cartographiés par ailleurs.

L'évaluation de la surcote cyclonique a fait l'objet d'une collaboration avec Météo-France. Pendant le passage d'un cyclone, les très basses pressions provoquent une surcote (élévation) du niveau de la mer. Cette surcote s'ajoute à la marée astronomique et à la houle cyclonique ; la surcote va alors ralentir l'écoulement des ravines déjà gonflées par les pluies intenses, et participer avec la houle aux inondations à l'intérieur des terres. La valeur de la surcote a été modélisée par Météo-France à partir de phénomènes historiques ayant touché Mayotte et à partir de phénomènes ayant touché l'île de La Réunion (transposés pour la simulation à Mayotte) ; la bathymétrie utilisée a été obtenue en numérisant manuellement des cartes du Service Hydrologique et Océanographique de la Marine au pas d'environ 370 m. Il en résulte une carte de points de surcote suivant le littoral. La cartographie de l'aléa cyclonique à terre (Figure 5) est ensuite réalisée en tenant compte des valeurs de surcote, des valeurs de marées hautes et des valeurs de houle cyclonique relevées dans la littérature (Haugomat, 2000). La cartographie a donc une valeur très indicative, en raison de la seule existence du fond topographique à 1/25 000 à terre, de la bathymétrie imprécise sur le littoral, des valeurs imprécises de hauteur de houle arrivant sur le récif frangeant, de la maille de la grille Météo-France et du fait qu'il s'agisse de simulations.

Après les atlas ...

Les atlas terminés et validés sont ensuite transmis au fur et à mesure aux services de l'État à Mayotte qui en assurent la diffusion aux collectivités. En parallèle, l'information préventive de la population a débuté avec la réalisation en 2004 du Dossier des Risques Majeurs (DRM) de Mayotte, élaboré par la Cellule d'Analyse des Risques et de l'Information Préventive (CARIP) qui regroupe les principaux acteurs de la sécurité civile à Mayotte depuis 2002.

Le DRM de Mayotte est la première étape d'un vaste programme d'information préventive qui doit aboutir, pour chaque commune, au Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs dont la réalisation à partir des atlas a débuté en 2005.

Et en mer ?

La campagne BathyMay, effectuée en 2004 à bord du N/O Marion Dufresne, a permis de réaliser un levé bathymétrique complet de la pente insulaire à l'extérieur du lagon de Mayotte (Audru *et al.*, 2005). Cette campagne nous apporte des informations nouvelles sur la partie sous-marine de Mayotte (95% de la superficie de Mayotte !)

À l'instar de nombreuses îles volcaniques, les phénomènes d'érosion et de transfert de matériaux détritiques sur les pentes sont dominants, comme en témoignent les très nombreux et vastes canyons observés dans tous les secteurs, et se superposent aux déplacements des intrusions volcaniques dans l'espace.

Les principaux témoins de l'activité tectonique et gravitaire de Mayotte sont les glissements de grande ampleur et les falaises (dont certaines correspondent à des failles) bordant les deux grands plateaux sous-marins de l'ouest de Mayotte. Les nombreux édifices volcaniques pourraient illustrer la concentration de l'activité volcanique de l'archipel des Comores suivant un axe NO-SE. Il ressort de ces observations que la distribution des structures sous-marines, et donc celle des risques associés, est sans aucun doute guidée par les axes magmatiques et tectoniques régionaux. Cette cartographie constitue ainsi pour Mayotte un outil majeur pour la future évaluation des risques naturels sous-marins.

Bibliographie

- Audru J.C., Mathon C., Desprats J.-F., Sabourault P. et Guillobez S.
2003. Formations superficielles et aléas naturels à Mayotte. Revue officielle Géologues n° 137.
- Audru J.C., Bitri A., Desprats J.-F., Mathon C., Maurillon N., Nédellec J.-L., Jossot O., Rançon J.-P., Sabourault P., Sedan O., Terrier-Sedan M. et Zornette N., avec la collaboration de Stollsteiner P. (Antéa), de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France).
2004. Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM/RP-53037-FR.
- Audru J.C., Desprats J.-F., Eucher G., Jossot O., Mathon C., Nédellec J.-L., Rançon J.-P., Sedan O. et Zornette N., avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France).
2004. Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Chiconi, Ouangani, Sada et Chirongui. Rapport BRGM/RP-52662-FR
- Audru J.C., Auber B., Desprats J.-F., Frissant N., Jossot O., Mathon C., Moiriat D., Nédellec J.-L., Sedan O. et Zornette N., avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France).
2004. Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bandraboua et Tsingoni. Rapport BRGM/RP-53116-FR.
- Audru J.C., Auber B., Desprats J.-F., Eucher G., Jossot O., Mathon C., Moiriat D., Nédellec J.-L., Sedan O. et Zornette N., avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France).
2004. Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mtasamboro, Acoua et Mtsangamouji. Rapport BRGM/RP-53194-FR.
- Audru J.C., Guennoc P., Thinon I. et Abellard O.
2005. Bathymay, la structure sous-marine de Mayotte révélée par l'imagerie multifaisceaux. Soumis aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.
- Dullo W.C., Camoin G.F., Blomeier D., Colonna M., Eisenhauer A., Faure G., Casanova J. and Thomassin B.A.,
1998. Morphology and sediments of the fore-slopes of Mayotte, Comoro Islands : direct observations from a submersible, Spec. Publs int. Ass. Sediment. 25, p. 219-236.
- Hachim S.
2004. Catastrophes : Mayotte perd sa mémoire ! Catastrophes naturelles et mémoire collective à Mayotte. Mémoire de DEA de géographie de l'Université de Montpellier III.
- Haugomat C.
2000. Protection du littoral de Mayotte, approche du phénomène cyclonique et propositions d'investissement. École Nationale des Travaux Publics de l'État, Direction de l'Équipement de Mayotte, Travail de fin d'études, 54 p.
- Sabourault P., Sedan O, Audru J.C., Bitri A., Bour M., Mathon C., Nédellec J.L, Bitri A, Bour M et Lebrun B. (
2002. Microzonage sismique de Mamoudzou-centre. Rapport BRGM/RP-51839-FR.
- Stieltjes L.
1988. Carte géologique de Mayotte à 1/50 000 et sa notice. Éd. BRGM.
- Terrier M., Audru J.C., Bour M. et Dominique P.
2000. Étude de l'aléa sismique régional de l'île de Mayotte ; détermination des mouvements sismiques de référence. Rapport BRGM/RP-50250-FR.
- Thomassin B.A.
1999. Mayotte, île volcanique à large lagon (N. Canal de Mozambique, Océan Indien) : sa construction et celles de ses récifs coralliens. Bulletin des Naturalistes, Historiens et Géographes de Mayotte, n° 1 (1999), p. 4-18 et 21-30.
- Zinke J, Reijmer J.J.G., Thomassin B.A., Dullo W.C., Grootes P.M. and Erlenkeuser H
2003. Postglacial flooding history of Mayotte Lagoon (Comoro Archipelago, southwest Indian Ocean), Marine Geology (2003), 194, p. 181-196.

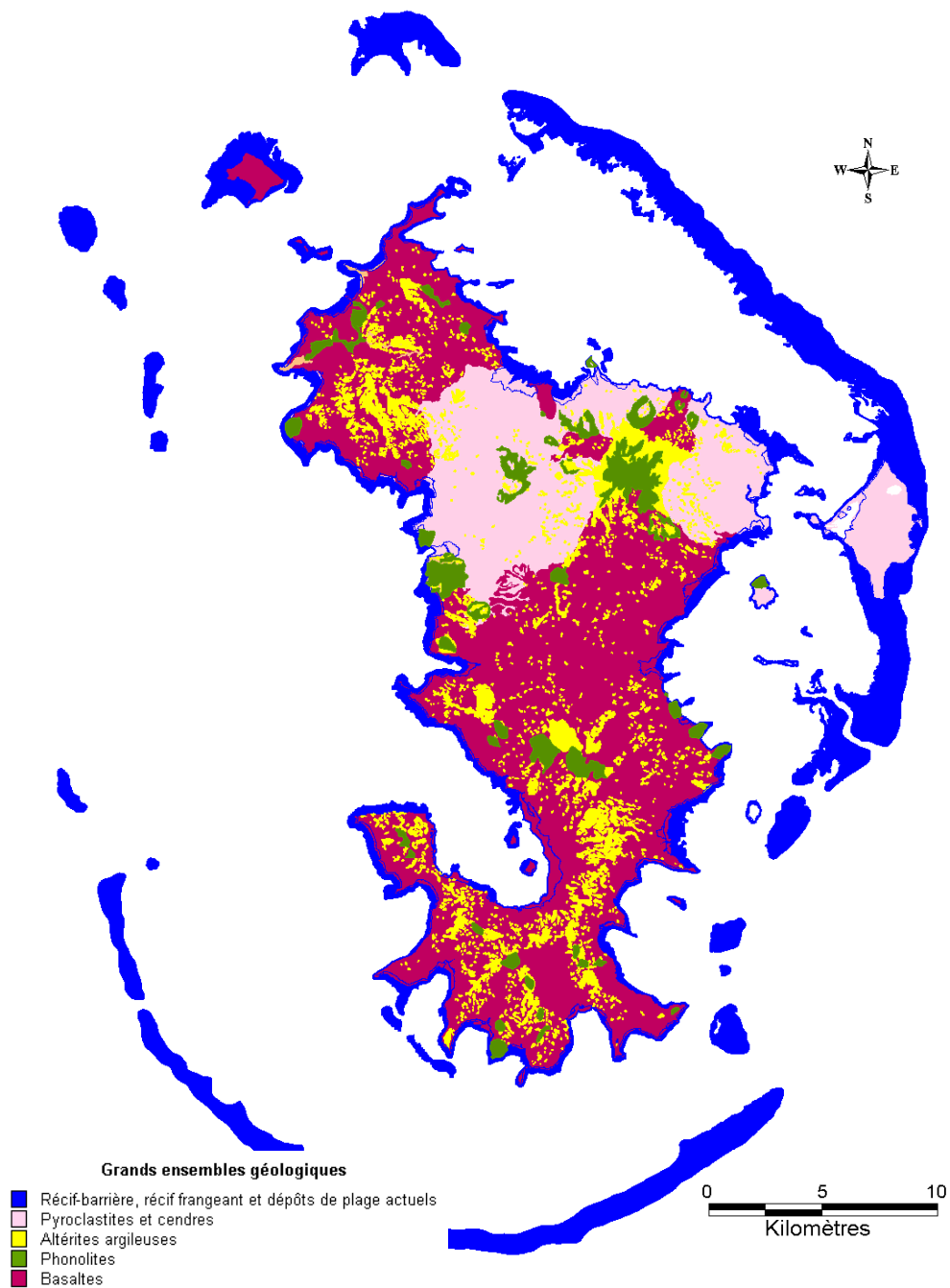


Figure 1 : carte géologique simplifiée de Mayotte. Chaque couleur correspond à un type de roche, sans distinction d'âge : collines de basaltes, largement dominantes à Mayotte, dômes ou necks de phonolites, cratères de pyroclastites et plateaux de cendres et enfin, omniprésence des altérites d'altération argileuse.

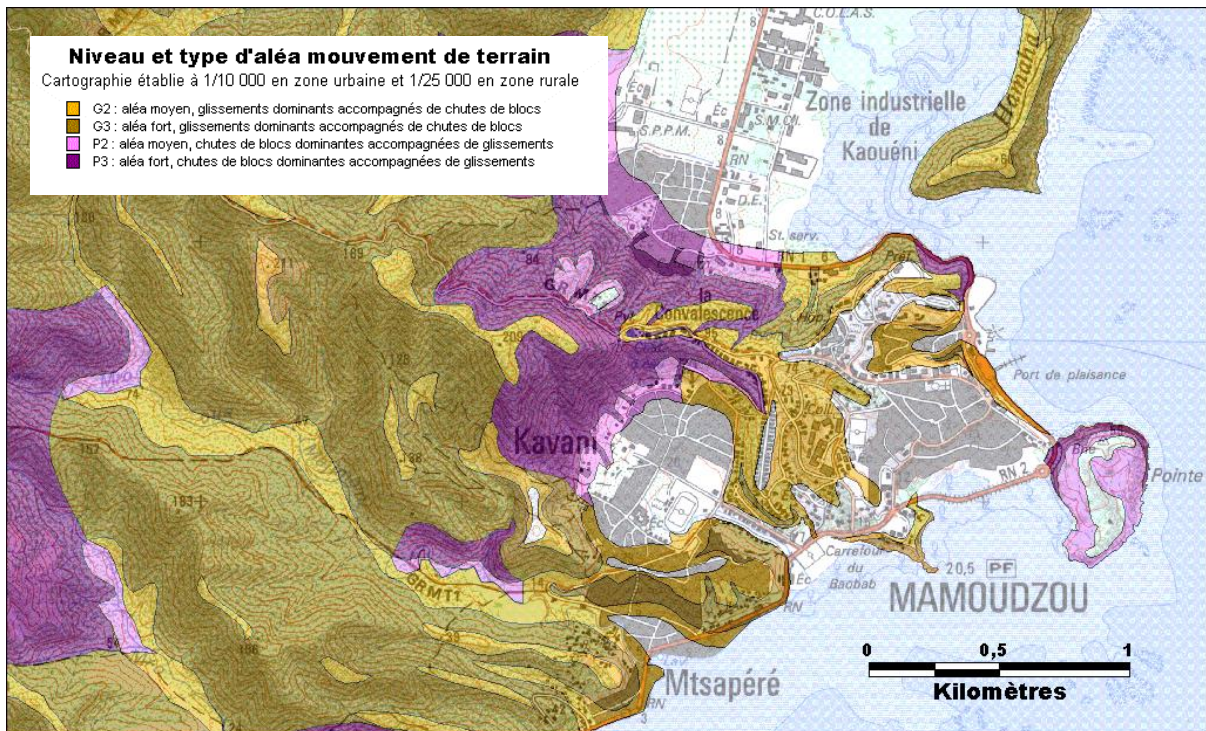


Figure 2 : extrait de la carte de zonage de l'aléa mouvement de terrain, commune de Mamoudzou ; glissements et chutes de blocs sont les deux principaux types d'instabilités à Mayotte.

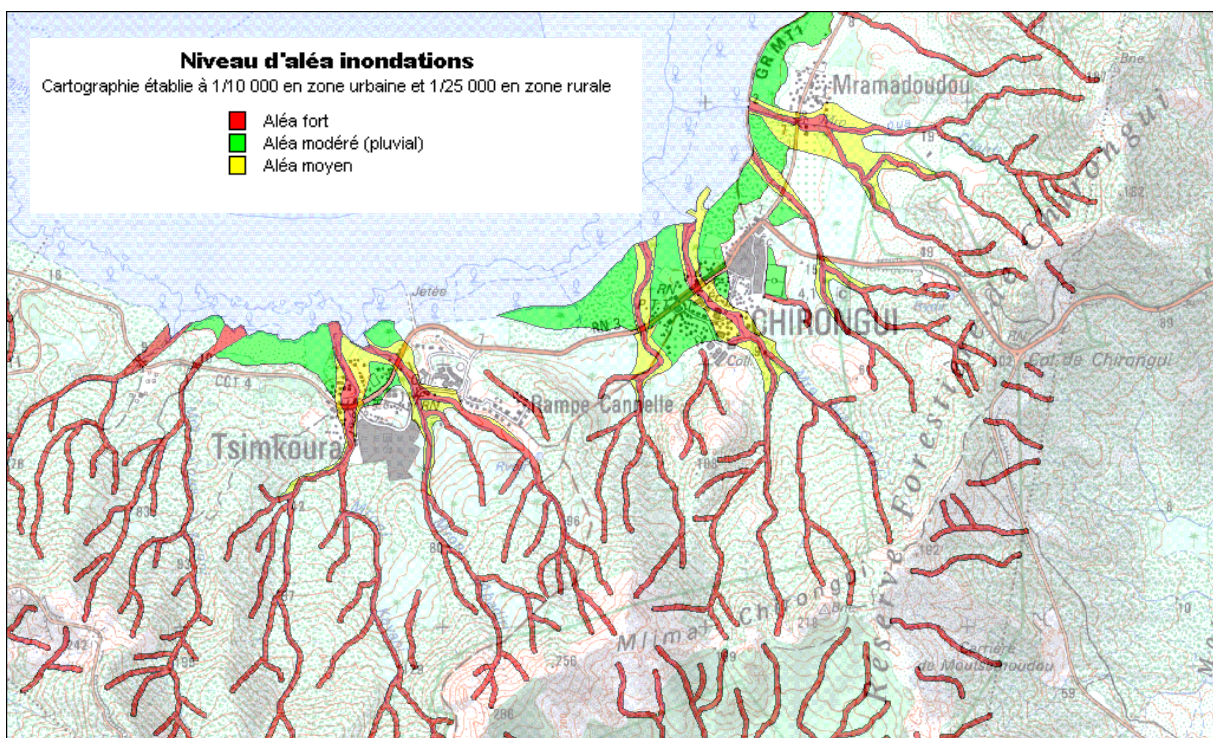


Figure 3 : extrait de la carte de zonage de l'aléa inondations, commune de Chirongui ; une grande partie des lits mineurs et majeurs est généralement urbanisée à Mayotte.

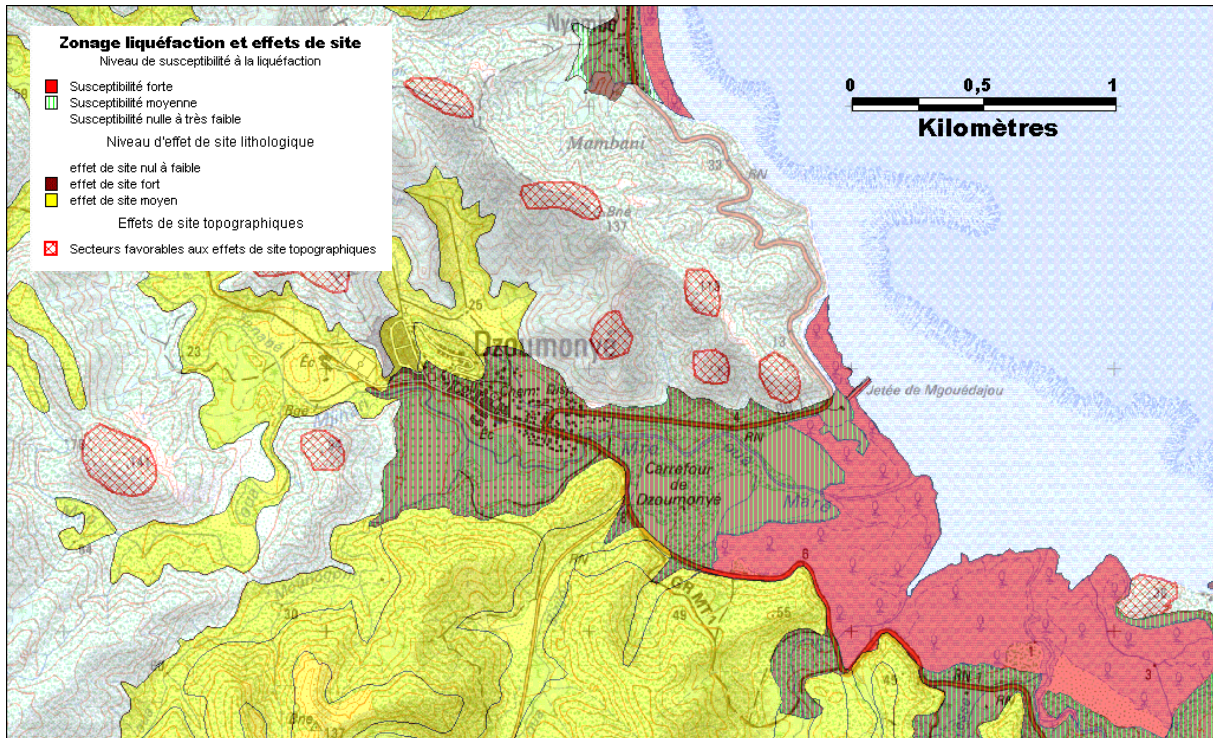


Figure 4 : extrait de la carte de zonage de la susceptibilité à la liquéfaction (sous vibrations, les sols se comportent comme un liquide) et des niveaux d'effet de site, commune de Bandraboua.

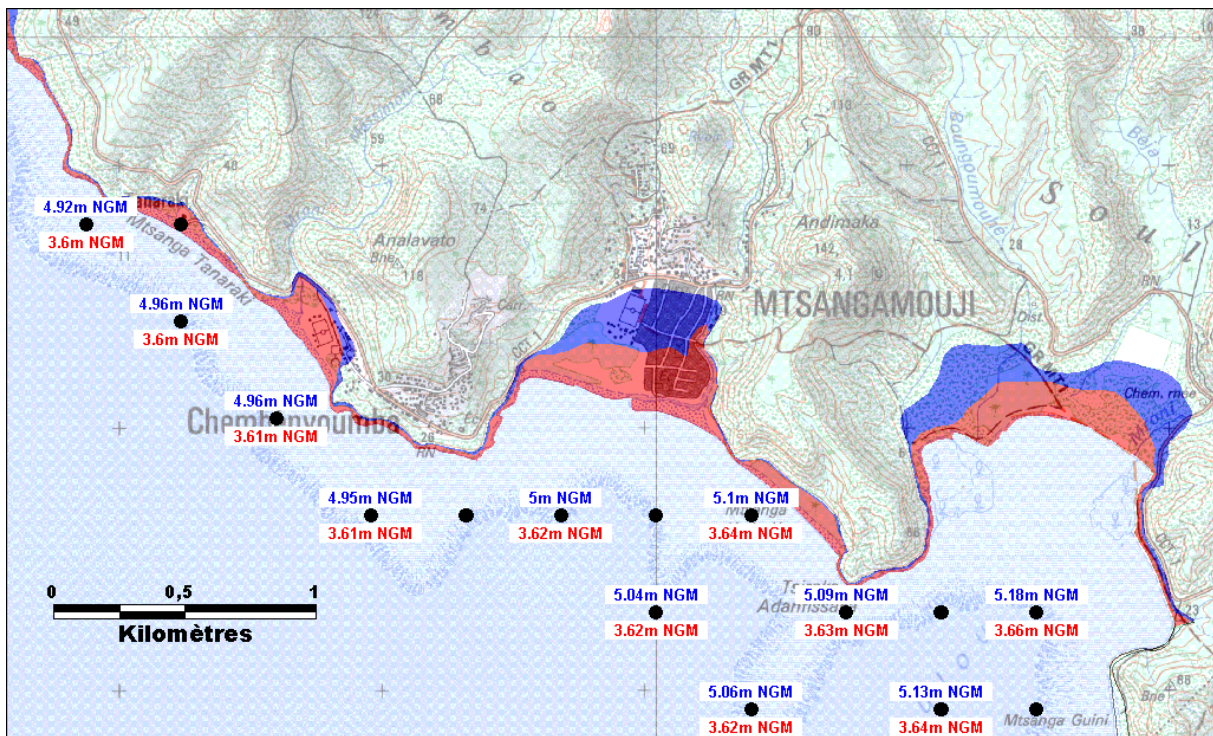


Figure 5 : extrait de la carte de zonage de l'aléa surcote cyclonique, commune de Mtsangamouji. Les valeurs et les zones en bleu représentent les hauteurs de submersion modélisées et les zones submergées pendant un cyclone exceptionnel à Mayotte (récurrence faible), les valeurs et les zones en rouge représentent les hauteurs de submersion modélisées et les zones submergées pendant un cyclone standard à Mayotte (récurrence forte).