



HAL
open science

Les risques naturels à Mayotte : la réalité d'une population vulnérable

Martin Tудоce

► **To cite this version:**

Martin Tудоce. Les risques naturels à Mayotte : la réalité d'une population vulnérable. Géographie. 2019. dumas-02459130

HAL Id: dumas-02459130

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02459130>

Submitted on 29 Jan 2020

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.



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Les risques naturels à Mayotte : la réalité d'une population vulnérable

Mémoire de recherche
Martin Tudoce

Université de Caen Normandie

U.F.R. de Sciences Économiques, de Gestion, de Géographie et d'Aménagement des Territoires

Master 1 : Géographie Aménagement Environnement Développement (GAED)

Environnement : Diagnostic des territoires

Sous la direction de M.Gaillard et Mme Lissak

2018 / 2019

« Il faut me croire. De là où je vous parle, les mensonges et les faux-semblants ne servent à rien. Quand je regarde le fond de la mer, je vois des hommes et des femmes nager avec des dugongs et des cœlacanthes, je vois des rêves accrochés aux algues et des bébés dormir au creux des bénitiers. De là où je vous parle, ce pays ressemble à une poussière incandescente et je sais qu'il suffira d'un rien pour qu'il s'embrase. »

N. APPANAH, 2016, *Tropique de la violence*, p. 11.

SOMMAIRE

Sommaire	1
Remerciements.....	2
Résumés	3
Introduction générale	5
1. Mayotte : un territoire propice aux aléas naturels	7
2. Analyse de la vulnérabilité : exemples appliqués sur deux villages du sud de l'aire urbaine de Mamoudzou.....	25
3. La gestion du risque à Mayotte : un défi majeur pour les quartiers insalubres ...	45
Conclusion générale	61
Références bibliographiques	62
Liste des acronymes	66
Table des figures	67
Table des matières.....	69
Annexes.....	72

REMERCIEMENTS

Ce travail touchant à sa fin, je tiens à remercier toutes les personnes qui sans elles, je n'aurais jamais pu réaliser ce mémoire de recherche.

Je voudrais tout d'abord remercier mes deux directeurs de mémoire, David Gaillard et Candide Lissak, pour m'avoir permis de réaliser cette belle expérience dans un territoire nouveau, à la fois magnifique et plein de désespoirs. Merci de m'avoir intégré dans votre projet et de m'avoir fait confiance dans ce travail.

Merci aux personnes rencontrées dans les diverses organisations présentes sur place. Je tiens notamment à remercier les professionnels de la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) pour m'avoir reçu à diverses reprises et m'avoir transmis des documents utiles à la réalisation de ce travail. Merci à Rahiki Halidi de m'avoir reçu au sein de la mairie de Mamoudzou où nous avons pu discuter des différentes problématiques auxquels Mayotte fait part.

Un grand merci à toutes les personnes m'ayant aidé à me déplacer et à me loger sur place. A leurs avis sur leurs expériences personnelles sur l'île et leurs impressions des difficultés présentes, m'aidant à comprendre toute la complexité de ce petit territoire oublié.

Merci également à mes camarades et amis de Master de Géographie pour les échanges, plus que nécessaires pour l'organisation de ce travail et aussi aux apartés permettant de se détendre durant cette période solitaire. Une attention toute particulière à Abaine Halidi, mahorais et géographe, pour m'avoir transmis ses expériences personnelles et les différentes données de son travail de Licence professionnelle.

Je remercie les différents enseignants et les différents cours eu à leurs côtés nous permettant d'arriver au Master 1. Merci à Nicolas Blanpain et ses collègues pour l'offre documentaire transmise au sein de la bibliothèque-cartothèque de l'UFR SEGGAT. Puis, je remercie la faculté de géographie en général pour leur suivi et leur soutien (financier) pour les différents projets.

Pour finir, je tiens à remercier Marie, sans qui ce mémoire de recherche n'aurait pas été pareil. L'aventure de deux mois à Mayotte et son soutien quotidien m'a permis d'avancer et de finaliser ce travail.

RÉSUMÉS

Les risques naturels à Mayotte : la réalité d'une population vulnérable

Ce mémoire porte sur l'importance des facteurs de vulnérabilité dans l'analyse des risques naturels, plus complexes que les seules causes naturelles. Pour cela, la vulnérabilité du territoire de Mayotte est utilisée comme étude de cas. De par les nombreuses définitions possibles, notre travail examine essentiellement les facteurs liés à la pauvreté, qui conditionnent certaines personnes à être plus vulnérables que d'autres. Mayotte, est en effet dans une situation sociale, politique et environnementale instable où le principal problème est la forte immigration. Ces populations, marginalisées, sont donc les plus exposées aux différents aléas. Il est donc intéressant d'analyser ensuite la politique de gestion des risques qui apparaît comme inadaptée sur le territoire de Mayotte.

Mots clés : Vulnérabilités, Risques naturels, Aléa, Gestion, Politiques, Île volcanique tropicale

Natural hazards to Mayotte : reality of a vulnerability population

This memory subject is on the importance of vulnerability factors in the analysis of natural risk, more complex than just the natural causes. For this, the vulnerability of the Mayotte territory is used as a case study. Because of the many possible definitions, our work essentially study the poverty-related factors that make some people more vulnerable than others. Mayotte is really in an unstable social, political and environmental situation where the main problem is the massive immigration. These marginalized populations are therefore the most exposed to different hazards. So it is interesting to analyze the risk management policy that appears to be unsuitable in the territory of Mayotte.

Keyword : Vulnerability, natural hazards, Hazard, Gestion, Politics, Tropical volcanic island

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans un contexte où le nombre de catastrophes naturelles augmente, les chercheurs aux paradigmes divers s'emparent de la question du risque naturel. Présente dans la majorité des territoires, l'impact observé, qu'il soit humain ou économique, ne sera pas le même. L'aléa naturel est tout aussi présent dans les pays du Nord que du Sud. On observe autant de séismes au Japon qu'en Indonésie, des cyclones aux États-Unis (Katrina en 2014) que sur les côtes Est de l'Afrique (Mozambique en 2019). En revanche, la vulnérabilité du pays impose des disparités importantes entre le Nord et le Sud. L'association internationale du développement (IDA) expose dans un texte de 2008 (Banque Mondiale, 2008):

« Environ 98 % de toutes les personnes touchées par des catastrophes naturelles à l'échelle mondiale (1991–2005) vivaient dans des pays en développement ; près de 10 % d'entre elles vivaient dans les pays les moins développés »

L'existence d'inégalité est incontestable, révélant des problèmes d'ordres sociaux, économiques et politiques (Veyret, 2003). Chaque catastrophe fait suite à un constat alarmant des sociétés les plus vulnérables, que ce soit dans les pays les plus pauvres ou les pays dits développés.

Le territoire français, pays du Nord au 24^e rang par rapport à l'Indice de Développement Humain (IDH), présente de façon hétérogène tous les risques naturels existants. Les Outre-Mer sont les plus menacées par ces phénomènes. Leur position géographique et la densité de population importante sur des territoires limités (excepté la Guyane) donnent lieu à une récente considération par les politiques publiques de l'État. Les différents événements tels que le cyclone Irma en septembre 2017 amènent à de nouvelles dispositions (Arnell, 2018).

Les dernières recherches scientifiques amènent à nous pencher sur ces territoires. Notamment sur le dernier département français, Mayotte. Des séismes inférieurs à 5,6 sur l'échelle de Richter sont présents depuis début 2018. La mission menée en juin suivant par le CNRS, réunissant différents organismes, déclare en mai 2019 la naissance d'un volcan à l'Est de l'île, expliquant les différentes secousses ressenties.

L'aspect sismique présent sur la totalité de l'île est renforcé par d'autres aléas naturels. Sa position

dans les tropiques et sa formation volcanique amènent à des phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain réguliers à la saison des pluies. L'île est d'autant sensible, qu'elle présente une situation socio-économique fragile, amenant à des phénomènes de contestations, comme en 2011 et 2018.

Ce mémoire de recherche s'attache donc à déceler les vulnérabilités du territoire de Mayotte. A travers les facteurs sociaux, économiques et politiques, nos recherches tendent à montrer que la vulnérabilité est un élément clé dans la notion du risque. Une notion qui peut-être définie comme « la probabilité d'un danger menaçant ou portant atteinte à la vie et, plus globalement, au cadre d'existence d'un individu ou d'un collectif » (Lévy J., Lussault M., 2003). Le risque prend donc en compte trois facteurs, qui se résume par cette équation :

$$\text{Risque} = \text{aléa} * \text{enjeux} (\pm \text{vulnérables})$$

Le mémoire s'articule autour de quatre objectifs principaux :

- Analyser les aléas présents, liés à deux principaux facteurs : une saison des pluies et un milieu physique hostile
- S'intéresser au contexte mahorais dans les dynamiques démographiques, sociales et économiques
- L'identification des facteurs principaux de vulnérabilité
- L'analyse des stratégies de gestion des risques par les différents acteurs

Ainsi, la première partie de ce mémoire analyse les différents aspects physiques de l'île afin de mettre en évidence les spécificités du milieu auxquelles est confrontée le territoire. De plus, elle met en avant les caractéristiques de la zone étudiée sur le terrain, Tsoundzou 1 et Passamainty au Nord-Est de l'île, intégrés dans l'agglomération de Mamoudzou.

En mettant en avant la posture géographique dans laquelle j'étudie le risque et plus intimement la vulnérabilité, il est intéressant de faire émerger dans une deuxième partie les principaux facteurs de vulnérabilité, corrélés à la pauvreté de la population.

Enfin, la dernière partie est consacrée aux modes de gestion du risque sur l'île. Elle met en avant les problèmes observés dans l'élaboration des différents plans stratégiques et des retards dans la planification de l'aménagement.

1. *Mayotte : un territoire propice aux aléas naturels*

Les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) sont caractérisés par leur insularité, hormis le territoire de la Guyane, les rendant vulnérables aux risques naturels par les différents processus physiques présents. Mayotte, la plus petite des îles, présente des singularités accentuant le niveau de risque. Les paramètres socio-économiques du territoire exposent davantage la population aux différents risques présents.

Cette première partie vise à expliciter le milieu physique de Mayotte et les aléas naturels impactant le territoire. Ainsi, les aspects géologiques et hydro-climatiques seront mis en avant, expliquant les aléas d'origine météorologique et géologique.

1.1. Situation géographique

L'île de Mayotte est située dans l'hémisphère Sud, entre l'Équateur et le tropique du Capricorne, à l'extrémité nord du canal du Mozambique. Comprise dans l'Archipel des Comores avec Grande Comore, Mohéli et Anjouan, Mayotte se situe entre 11°20' et 13° de latitude Sud et 43°15' et 45°30' de longitude Est à une distance de 8000 km de la métropole, entre la côte Sud-Est de l'Afrique et la façade Nord-Ouest de Madagascar (Figure 1-1).

Le territoire Mahorais est constitué de Grande-Terre, Petite-Terre, les deux îles principales atteignant les 370 km² et d'une vingtaine d'îlots. C'est la seule des quatre îles à être entourée d'un lagon. Une barrière de corail quasi continue, entaillée par plusieurs passes isolant un lagon d'une superficie de 1100 km².

D'un volcanisme ancien, Mayotte se caractérise par un relief peu élevé aux nombreuses pentes. La dynamique interne de l'île et les différents facteurs externes (atmosphériques) ont conditionné le paysage actuel de Mayotte. L'île principale, Grande-Terre, se distingue par quatre grands massifs marquant les points culminants du territoire. Petite-Terre, d'une quinzaine de km², relève de l'activité volcanique la plus récente, laissant des formes bien conservées tels que les cratères de Moya et de Dziani.

L'organisation du territoire est rythmée par ces différents reliefs, laissant apparaître quelques plaines littorales à proximité des baies, au contact des mangroves.

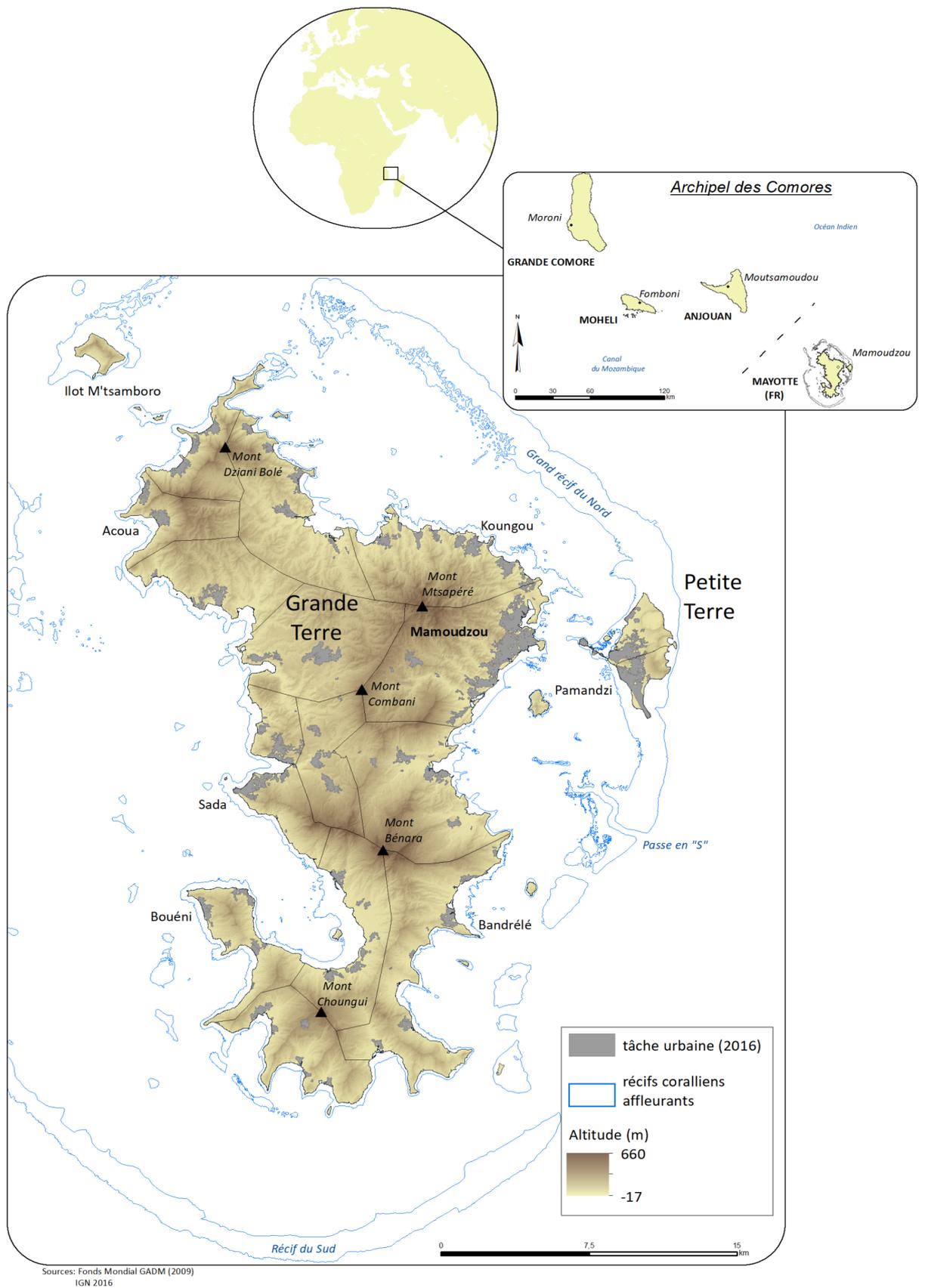


Figure 1-1: Éléments de localisation et présentation du territoire de Mayotte

1.2. Un milieu physique difficile

Cette sous-partie présente **les caractéristiques physiques** du territoire, en prenant en compte **l'évolution géologique** et **les caractéristiques volcaniques**, la **géomorphologie actuelle** et le **contexte hydro-climatique**.

1.2.1. Contexte géologique et géomorphologique : une évolution volcanique ancienne

L'archipel des Comores résulte de l'interaction entre l'activité des points chauds présents dans le Nord du Canal du Mozambique et du déplacement de la plaque somalienne au dessus de ces derniers, suivant un alignement SSE vers le NNW (Audru et al_2006).

Mayotte, située la plus à l'Est de cette plaque, est donc l'île **la plus ancienne** de cet ensemble géographique. La genèse exacte de ces différentes îles est encore largement discutée aujourd'hui entre l'émergence d'un vaste volcan bouclier ou la présence d'une chaîne de petits massifs volcaniques.

On peut tout de même noter une certaine évolution géologique de Mayotte à travers différentes phases (Figure 1-2) :

1. L'émergence de deux volcans boucliers il y a 15 Ma (Graviou, 2006). Les premières coulées de lave basaltique, à laquelle on y assimile la genèse de Mayotte, date de 8 Ma (Jourdain & al, 2002).

2. Les phénomènes d'érosion agissant sur les différents massifs provoquent un effondrement de ces boucliers vers -3,5 à 2,4 Ma, laissant comme traces les différentes baies présentes (Bouéni) et quelques fragments (îlots M'tsamboro).

Ces différents effondrements laissent la place à des laves différenciées de types phonolithiques, plus visqueuses formant le relief actuel de Mayotte aux monts représentatifs.

3. Entre -2,2 et 2 Ma, la partie Nord-Ouest connaît une nouvelle phase de volcanisme basaltique, suite à un étirement de la croûte océanique suivant la zone de rift présente (Raunet, 1992). Un volcanisme nommé d' « intermédiaire » se forme à l'interface des deux anciens volcans boucliers entre -1,8 Ma et – 1,4 Ma. Il se caractérise par une exclusion visqueuse (Mont Mtsapéré) et des épanchements divers venant combler les différentes dépressions.

4. Une dernière phase volcanique datant de -500 000 ans de type explosive se crée sur la façade Nord-Est de l'île. Aujourd'hui l'héritage de ces explosions s'apparentent aux cratères du Nord de Mamoudzou (Kawéni et Kavani).

Une phase plus récente encore, à la datation encore imprécise (Holocène?), s'identifie à travers les cratères de Moya et Dziani de Petite-Terre, à la nature davantage trachytique bien conservée.

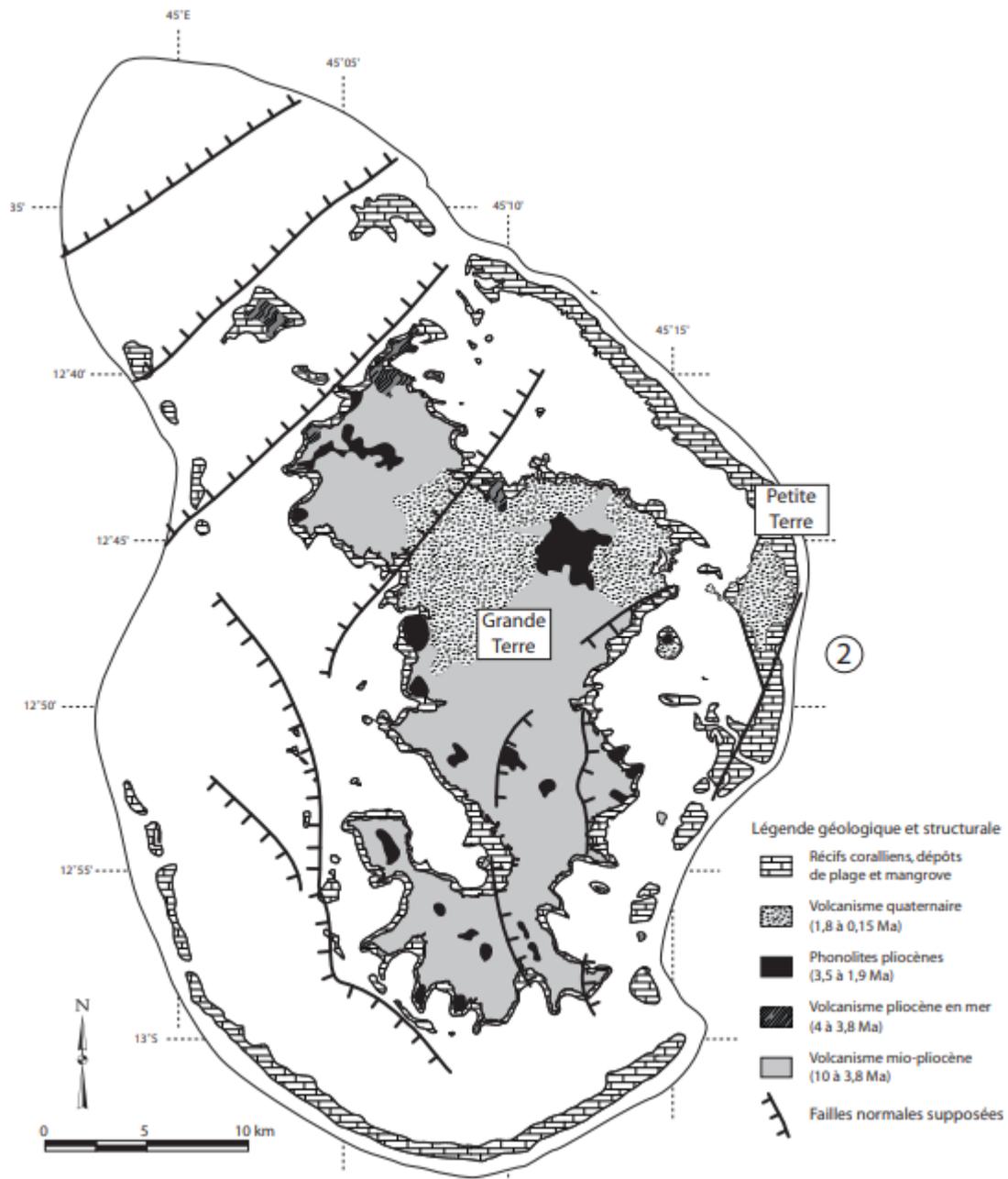
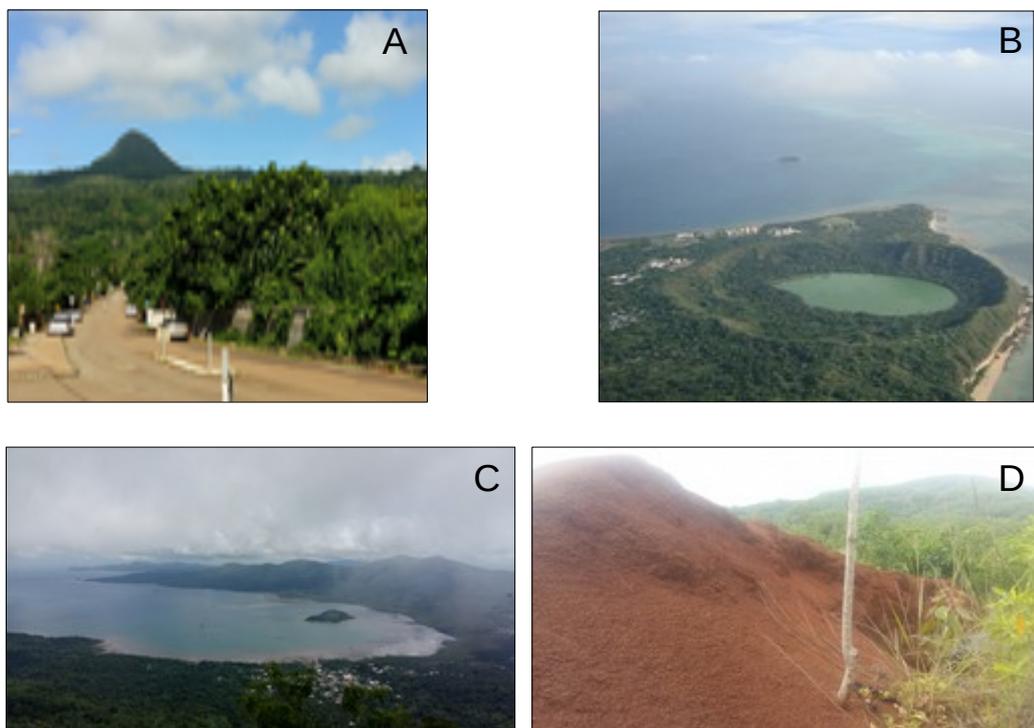


Figure 1-2: Carte schématique des grands ensembles géologiques et des structures tectoniques supposées de Mayotte (d'après Jeanson, 2009)

Les caractéristiques morphologiques actuelles de Mayotte résultent d'une interaction entre **l'évolution volcanique** décrite auparavant et de **processus externes** altérant les différentes formations.

La dynamique interne de l'île et les phases successives d'effusion et d'explosion donnent lieu aux différents **modelés** présents aujourd'hui. Mayotte s'organise autour des **extrusions phonolithiques** aux altitudes peu élevées. Le plus haut sommet culmine à 660 m avec le mont Bénara et le sommet le plus caractéristique par ses pentes raides, atteint les 594 m avec le mont Choungui. Les effondrements « volcano-tectoniques », tels que les caldeiras marquent aussi l'évolution de la structure interne du territoire (Raunet, 1992).

Les processus externes par les différents agents atmosphériques marquent aussi cette morphodynamique de l'île. Les phases successives d'érosion, de ravinement, de glissement et de phénomènes marins, actives depuis des millions d'années, amènent au façonnement actuel de l'île (Figure 1-3).



(A) Le mont Choungui, extrusion phonolithique, (B) Cratère de maar « Dziani-Dzaha », dernière marque du volcanisme explosif de Mayotte, (C) Baie de bouéni, zone d'effondrement du volcan primitif (caldeira), (D) Padzas (=badlands) en forme de buttes témoins localisés à Bandrélé. (Sources photographiques : M.Tudoce, avril 2019)

Figure 1-3: Quelques unités morphotostructurales caractéristiques de l'île de Mayotte

1.2.2. Contexte climatique et hydrologique

1.2.2.1. Un climat tropical humide

Située entre l'équateur et le tropique du Capricorne, Mayotte est soumise à **un climat tropical humide**, présentant deux saisons principales : l'été austral, caractérisé de chaud et humide ; l'hiver austral défini par un climat plus frais et sec. Ces dernières sont entrecoupées par deux intersaisons plus brèves.

Les caractéristiques climatiques retrouvées à Mayotte sont dues **au déplacement de la Zone de Convergence Inter Tropicale (ZCIT)** qui varie entre 20° Nord de juin à Septembre et 15° Sud de décembre à Mars (Figure 1-4).

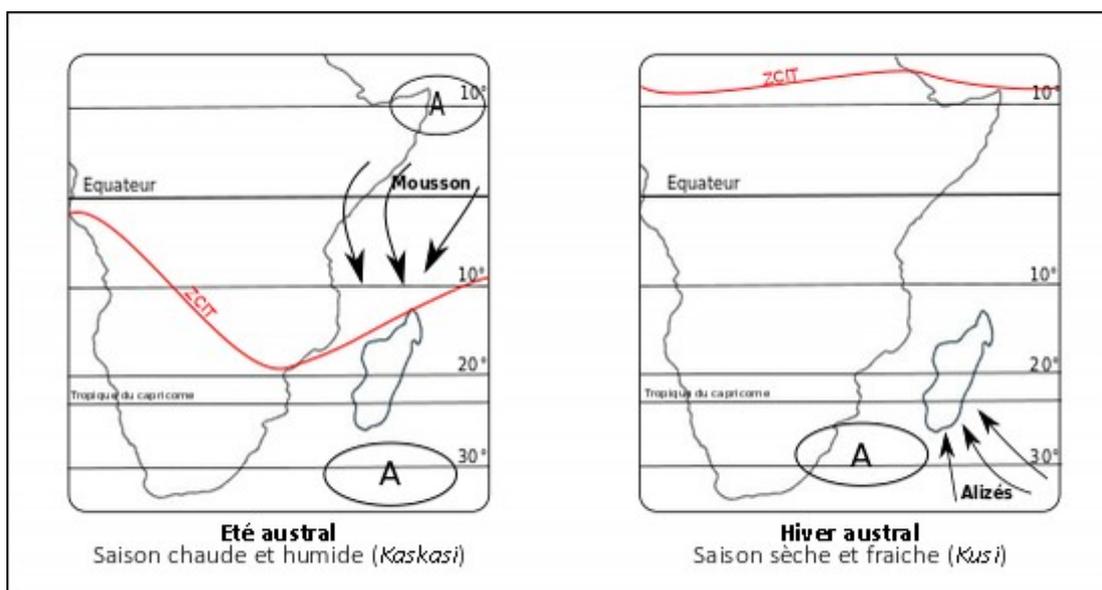


Figure 1-4: Schéma général des circulations atmosphériques (modifié d'après Raunet, 1992)

La saison chaude et humide s'apparente à **un conflit de masses d'air**. A partir de décembre, une zone dépressionnaire s'installe sur le territoire avec des vents dominants du Nord-Ouest appelés localement « *Kaskasi* ». Ces vents se mêlent aux vents du sud, les Alizés, amenant cette bande dépressionnaire de 300 à 400 km de large, s'étendant d'Ouest en Est, la ZCIT. Provenant des tropiques, l'air est humide et provoque des **phénomènes orageux** aux rafales de vents importantes.

La distribution des températures montre **peu de contraste**, avec des températures minimales moyennes annuelles entre 22 et 23°C et des températures maximales moyennes annuelles entre 30° et 31°C entre la station de Pamandzi à l'Est, sur Petite-Terre et la station de M'tzamboro au Nord-Ouest de grande-Terre (Figure 1-6 A et B).

En revanche, **des contrastes pluviométriques** sont à constater selon un gradient général Sud-Nord

Ouest généré par des contraintes orographiques (Figure 1-6 C). Ainsi, la partie septentrionale de Mayotte atteint des hauteurs de précipitations moyennes de 1600 à 1800 mm par an. Ces précipitations sont caractérisées d'orageuses et provoquent des quantités importantes en peu de temps.

En prenant pour exemple le mois d'avril 2019, nous constatons un cumul mensuel de 157,6 mm. Selon le bulletin climatologique mensuel d'avril de Météo France, l'île est excédentaire en précipitation par rapport à la normale. Ces phénomènes sont dues à l'inter-saison, appelé « *Mutulahi* », induisant des phases dépressionnaires importantes (Figure 1-5). De plus, c'est l'apport du cyclone Kenneth dans la troisième décennie qui joue un rôle.

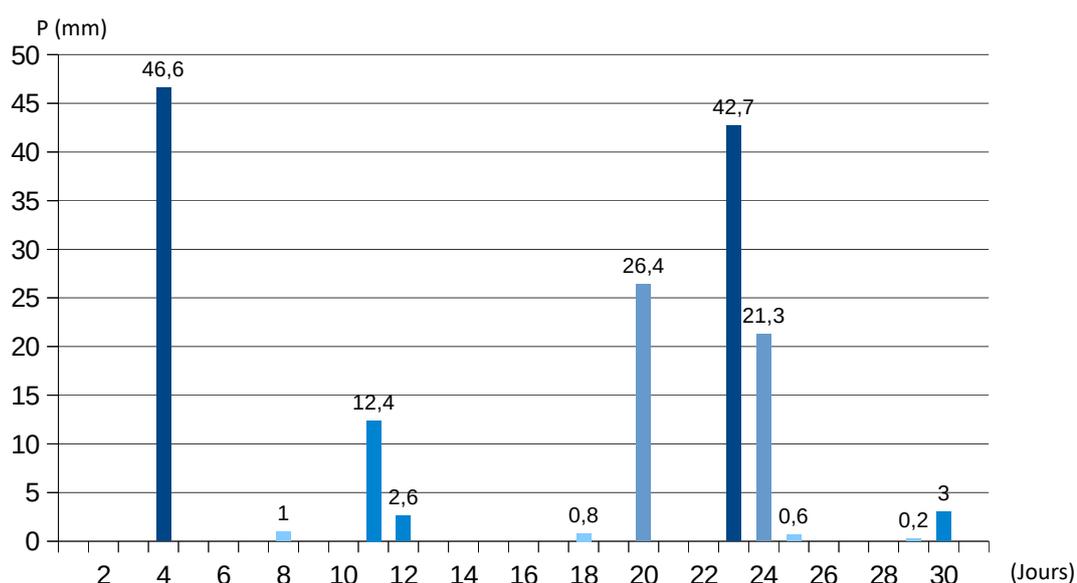


Figure 1-5: Hauteurs des précipitations à la station de Pamandzi, du 1^{er} au 31 avril 2019 (d'après Météo France, 2019)

La saison sèche débute donc vers le mois de juin. La zone dépressionnaire se rapproche du tropique du Cancer, donnant lieu au mousson connu des pays asiatiques. Mayotte subit les alizés du Sud-Est appelés « *Kusi* », amenant **un climat plus doux** et un taux d'humidité beaucoup plus bas. Les précipitations mensuelles moyennes des mois de juin, juillet et août ne dépassent pas les 50 mm.

A la fin de l'hiver austral, les vents nommés « *Myombeni* » annoncent le retour d'une saison des pluies. Les masses d'air d'origine tropicale reviennent tranquillement, ramenant un cumul de précipitation par mois plus important.

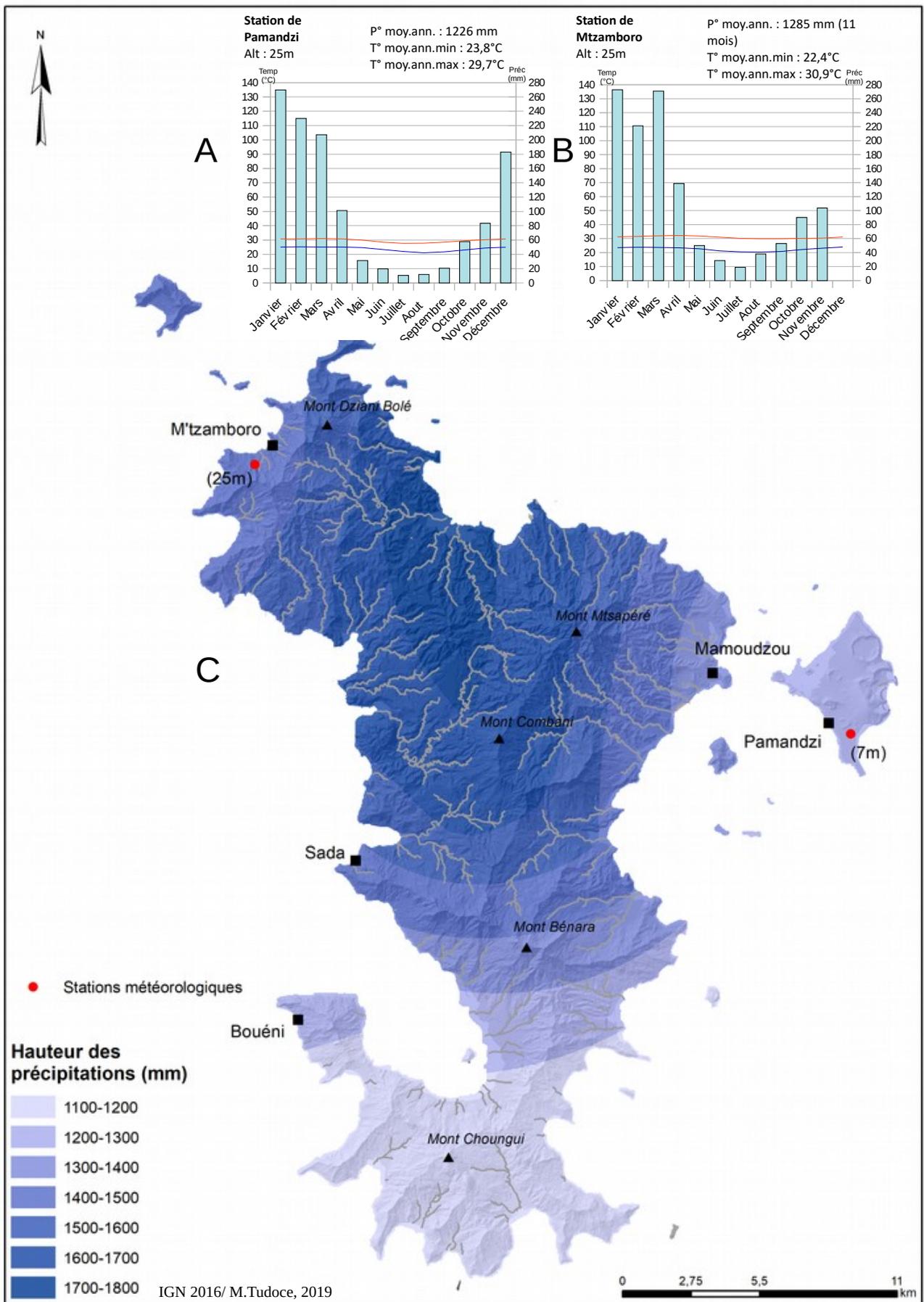


Figure 1-6: A et B. Diagramme ombrothermique de deux stations de référence (normales 1981-2010 source Météo France Mayotte); C. Cartes des précipitations moyennes annuelles sur la période 1981-2010

1.2.2.2. Caractéristiques hydrologiques

La faible superficie et le relief escarpé que présente Mayotte amène à **un réseau hydrographique ramifié**, aux cours d'eaux pérennes et à de nombreuses ravines. Ils s'inscrivent dans des bassins versants, étroits et linéaires inférieurs à 25 km².

On recense une vingtaine de cours d'eaux permanents, essentiellement localisés dans le Nord de l'île où les précipitations sont les plus conséquentes. Le régime hydrologique est rythmé par la saisonnalité amenant à une variabilité importante des débits.

Le débit maximum est atteint vers février, mars où les systèmes dépressionnaires sont présents. On assiste à des **variations de débits importants** répondant aux phénomènes pluvieux rapides mais intenses. Selon les études faites par le BRGM et la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF), la moyenne des débits spécifiques est de 2 L/s/km². En revanche, lors des fortes pluies, le débit peut atteindre des valeurs de l'ordre de 142 m³/s avec l'estimation d'une crue décennale.

Les valeurs de pentes, accentuant la concentration des eaux, caractérisent les écoulements de torrentiel (Figure 1-7).

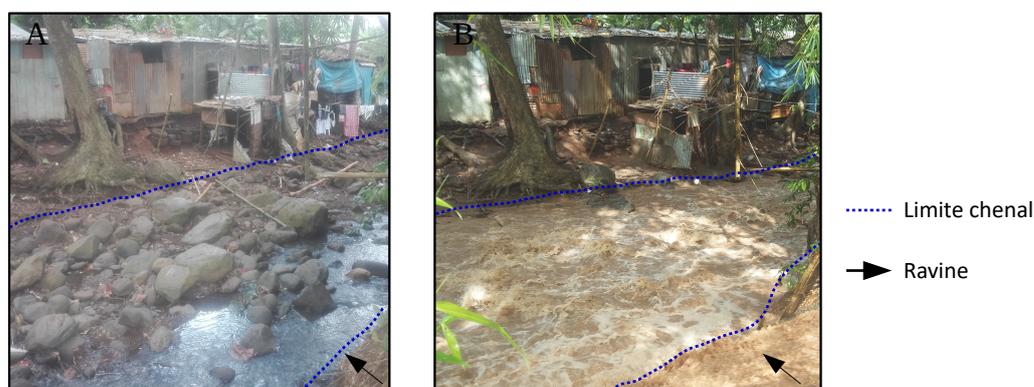


Figure 1-7 : Exemple de montée rapide des eaux. La rivière La Gouloué le 21 mars 2019 (A), et le 25 mars 2019 (B) suite à un épisode pluvieux d'environ 30 minutes (Sources photographiques : Martin Tudoce, mars 2019).

Les débits diminuent ensuite avec la remontée de la ZCIT et la mise en place des alizés, pour arriver à l'étiage vers le mois d'août. Les cours d'eaux principaux gardent un débit très faible, « quelques l.s⁻¹ à quelques dizaines de l.s⁻¹ (Jeanson, 2009). Alors que la majorité des ravines sont à sèches, notamment dans la partie Sud où les masses d'eaux pérennes sont plus rares.

Les études hydrologiques à Mayotte sont peu présentes. Ce qui amène à une faible ressource de données, notamment sur une approche quantitative avec des mesures de débits par exemple.

Cependant, on relate la dynamique hydrologique générale qui se caractérise par des cours d'eaux torrentiels dès lors que la mousson parvient.

1.3. Un territoire soumis à différents types d'aléas naturels

Les DROM sont les départements français où les aléas sont les plus fréquents et les plus intenses (Veyret, 2004).

De par les caractéristiques physiques décrites dans les sections précédentes, Mayotte est soumise à différents aléas naturels. Ce qui suit, tend à présenter les différents risques naturels présents sur ce territoire.

1.3.1. Aléas générés par la saison des pluies

1.3.1.1. Le risque inondation

Généralisant le plus de dégâts, **les inondations constituent le risque le plus présent** sur le territoire français. A Mayotte, le climat tropical et la topographie viennent accentuer ce fait et amènent à différentes formes d'inondations : débordement de cours d'eaux, ruissellement et stagnation des eaux.

De plus, la forte urbanisation à proximité des cours d'eaux et du littoral accentue le risque. Notamment par la densité forte de bâtiments non réglementés, aux fondations souvent vétustes, sur des zones interdites à la construction (partie 2 et 3).

En premier lieu, l'île est soumise à des inondations rapides par des débordements de cours d'eaux. Elles résultent de la **concentration rapide** des précipitations intenses sur des laps de temps courts corrélés à des caractéristiques hydromorphologiques. Les bassins versants de petites tailles et les chenaux étroits accentuent la vitesse de ruissellement amenant à des crues éclaircies. Ces inondations provoquent des phénomènes d'érosion de berges et d'accumulation de matériaux en aval. Par ailleurs, la mauvaise gestion des rivières et les pratiques agricoles sur brûlis accentuent le risque. Notamment par la création d'embâcle dans les lits des rivières.

La **forte urbanisation en aval** des cours d'eaux diminue la **capacité d'infiltration des eaux**. De plus, les réseaux d'évacuation ne répondent pas aux phases dépressionnaires de l'été austral. Un nombre insuffisant d'ouvrages est à constater et le manque d'entretien accentue le risque. Les zones urbaines sont donc affectées par un ruissellement urbain et par une stagnation des eaux de

ruissellement. Les zones basses au contact de fortes pentes et les zones de dépressions sont les secteurs les plus touchés par ces types d'inondations (Audru et al, 2004).

1.3.1.2. *Le risque cyclonique*

Les cyclones s'apparentent à des conditions atmosphériques particulières. Ainsi, ils se localisent dans les milieux tropicaux où la température de l'eau est élevée (supérieure à 27°C) et où un conflit de masse d'air est présent (ZCIT). Ils se caractérisent par des rafales de vents importantes, des précipitations intenses et à des surcotes marines.

Présents à la période de l'été austral, Mayotte est relativement protégée des cyclones tropicaux extrêmes. En effet, la pointe de Madagascar joue le rôle de barrière naturelle. Les trajectoires des différents cyclones passent donc en majorité au large de Mayotte. Mais, on constate tout de même des incidences liées à la houle cyclonique. Des submersions marines affectent donc les zones littorales, où la majeure partie des villes est localisée.

1.3.1.3. *La susceptibilité aux glissements de terrain*

D'origines très divers, les mouvements de terrain peuvent engendrer de nombreux dégâts. De manière direct avec des pertes humaines et économiques. Puis, de manière indirect avec notamment des entraves sur le réseau routier. Les DROM sont davantage exposés à ces risques géologiques gravitaires du fait des reliefs escarpés, d'une évolution morphologique amenant à des roches altérées et aux climats pluvieux des milieux tropicaux.

On retrouve sur Mayotte, deux types principaux de mouvements gravitaires. **Les glissements de terrain superficiels** d'une ampleur moyenne métrique et les chutes de blocs répondant tout deux à un déséquilibre des formations superficielles. Ces dernières sont principalement des altérites argileuses, essentiellement formées par l'altération des roches volcaniques basaltiques (Audru et al, 2003).

Les glissements sont principalement localisés sur les talus aux abords des routes et en arrière des habitations. Ils affectent les couches d'altérites peu stables et provoquent des coulées de boue lors de phénomènes orageux intenses (Audru et al, 2002).

Les chutes de blocs et les éboulements, moins présents à Mayotte, sont observées dans les zones phonolithiques et aux abords des coulées basaltiques (Audru et al, 2002).

Ces instabilités s'expliquent par la conjonction entre des paramètres intrinsèques au milieu et des

facteurs de déclenchement :

- un relief accidenté aux pentes fortes et des formations superficielles
- des conditions hydrauliques avec la présence de nappes souterraines
- une mauvaise pratique des sols, tels que le défrichement, qui accentue le ruissellement

Les conditions météorologiques intenses que connaît Mayotte **favorisent** le déclenchement des différents mouvements de terrain (Nagarajan et al, 2000). En effet, **la saturation des sols en eau** favorise la dé-cohésion des matériaux meubles. Selon le BRGM, la tempête FAME en janvier 2008, caractérisée par des précipitations importantes, aurait provoqué 94 instabilités sur le territoire.

Les séismes, par les ondes sismiques transmises peuvent aussi favoriser le déplacement d'une partie d'un versant. Notamment quand les formations superficielles sont saturées en eaux.

1.3.2. D'autres facteurs amenant à divers aléas

1.3.2.1. Une activité sismique de plus en plus redoutée

L'activité sismique de Mayotte est qualifiée de modérée. Les données historiques sur les séismes mettent en évidence une activité présente, avec notamment le séisme de 1993, de magnitude 5,2 sur l'échelle de Richter.

L'origine sismique de Mayotte résulte de son positionnement au près d'une zone volcanique importante et de la déformation distensive de l'Afrique de l'Est (Opperman A., 2010).

Récemment, les scientifiques ont découvert la genèse d'un volcan à 50 km à l'Est de l'île. Cette découverte répond aux différentes séquences sismiques que connaît Mayotte depuis mai 2018. Un phénomène nouveau se différencie des secousses antérieures. En effet, le phénomène se caractérise par de multiples séismes entrecoupés par des périodes d'accalmies. Les scientifiques recensent des dizaines de micro-séismes par jour. En revanche, la population ne ressent les séismes que d'une magnitude supérieure à 4. On recense donc depuis le 10 mai 2018, date à laquelle le premier séisme a été détecté, plus d'une centaine de séismes perceptibles par l'Homme (Figure 1-8).

A ce jour, aucun dégât majeur n'a été déclaré. Cependant, l'origine volcanique amène à des recherches poussées afin de connaître l'évolution possible de cette zone. L'équipe du BRGM de Mayotte et différents chercheurs internationaux avec leurs appareils de mesures sont donc en recherche active depuis cette année.

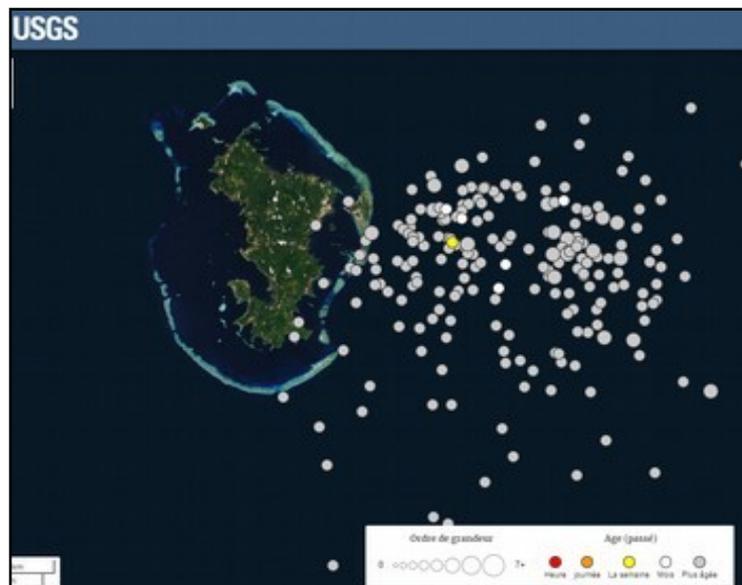


Figure 1-8: Cartographie des épicentres ayant une magnitude supérieure à 4, du 10 mai 2018 au 24 juin 2019 (USGS, consultée en juin 2019).

1.3.2.2. Une menace réelle : le tsunami

Relativement protégé, le territoire de Mayotte n'est pas à l'abri de conséquences indirects d'un phénomène naturel lointain. Le tsunami du 26 décembre 2004 à l'Est de l'océan Indien, sur les côtes indonésiennes a provoqué des surcotes marines de 4,5 m sur la partie Nord de l'île, se trouvant à plus de 6000 kilomètres (Lavigne F., 2012).

L'activité sismique avec les zones de subductions du Makran au Pakistan et celle de Sumatra en Indonésie est donc une des causes d'un déclenchement d'un tsunami sur Mayotte. L'énergie libérée engendre un déplacement vertical de la colonne d'eau avec des amplitudes de vagues plus ou moins grandes selon la rugosité du fond.

A une échelle plus locale, deux événements pourraient déclencher un Tsunami. Soit, un glissement de terrain sous-marin avec un décrochement du récif de l'archipel comorien. Soit, un glissement de terrain d'une partie du volcan Karthala de Grande Comores. Les vagues générées impacteraient rapidement l'archipel présent par un temps de propagation extrêmement court (Audru et al, 2010).

1.4. Précision sur le secteur pris en compte pour l'analyse de la vulnérabilité

Le travail de terrain a été fait essentiellement dans le secteur Nord-Est de l'île, à Mamoudzou. Plus précisément, on s'est attardé sur les deux villages concomitants de Passamainty et Tsoundzou 1. Ils présentent des **caractéristiques révélateurs de la situation globale de Mayotte**.

Mamoudzou, d'une superficie de 42 km², est composée de 7 villages littoraux et d'un village à l'intérieur des terres. Elle se trouve au Nord-Est de l'île, coincée entre le littoral fortement urbanisé et le massif du Mont Mtsapéré, culminant à 572 mètres. Le Mont Combani délimite la partie Sud de la ville. Entre Tsoundzou, au Sud, et Kawéni, l'agglomération est rythmée par une succession de vallées étroites où s'encaissent des cours d'eau, se déversant dans les différentes mangroves.

Le volcanisme récent est marqué par le cratère de Kavani et la caldeira effondrée de Kawéni où se distinguent la plus vaste mangrove. Ces modelés sont caractérisés par des pentes relativement fortes. La figure suivante met en avant les principaux traits morphologiques de ce secteur à travers une représentation en 3D (Figure 1-9).

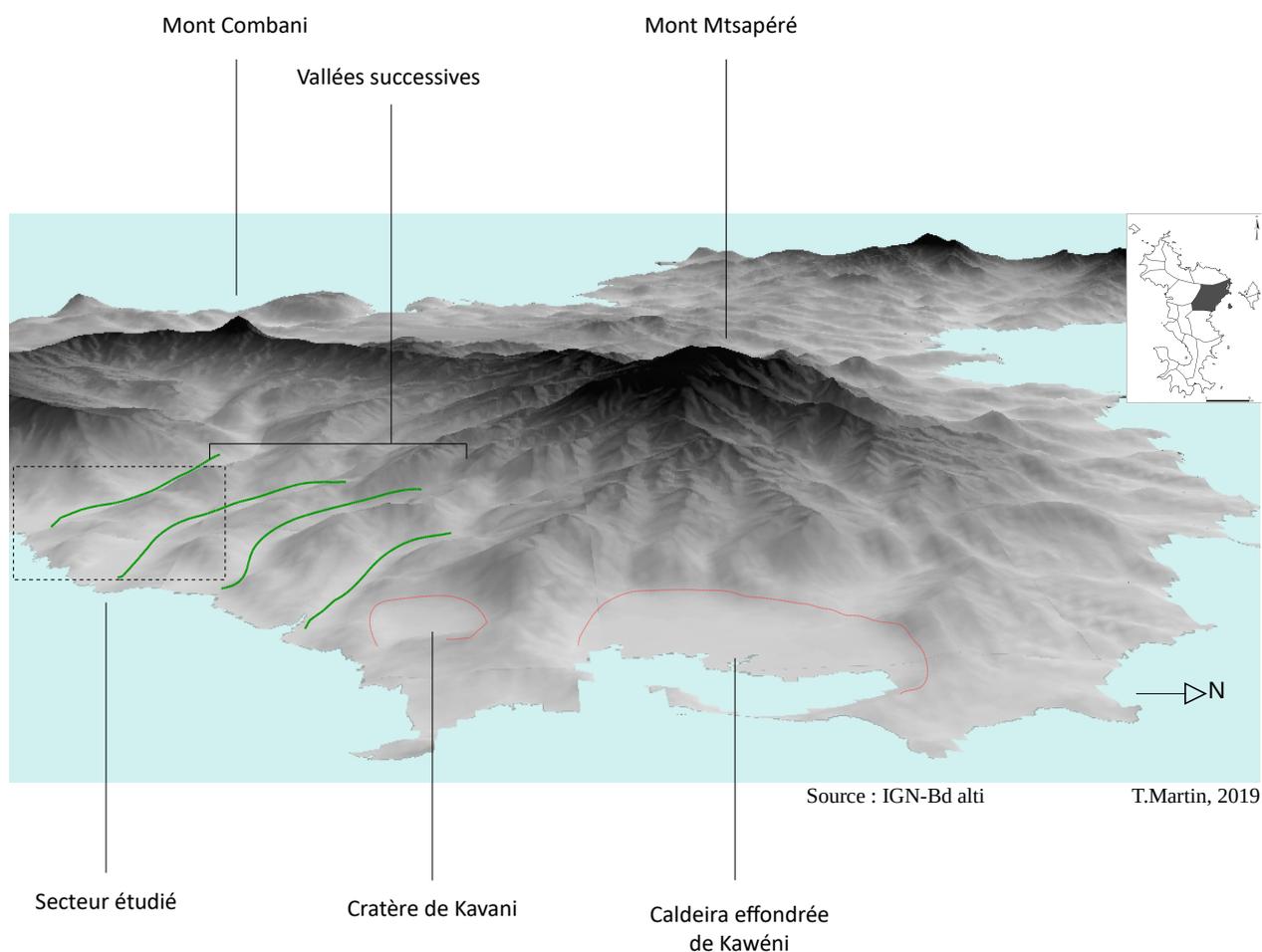


Figure 1-9: Les principaux traits morphologiques du secteur de Mamoudzou

- *Passamainty : Une plaine littorale séparée par la Gouloué*

Passamainty se situe au Nord de Tsoundzou 1, sur la rive droite de la Gouloué. Le village a connu un développement plus important, en raison de l'absence de relief important. En effet, **une plaine littorale** sur la rive droite du cours d'eau a permis au village de s'étendre vers les terres, et devenir une entrée pour traverser l'île (Figure 1-10).

La Gouloué, est une des rivières les plus importantes de l'île en termes de débits. Elle concentre aujourd'hui **un enjeu principal** au vu de la pression anthropique, tant au point de vue des habitations présentes, que de la pollution qui y est développée.

- *Tsoundzou 1 : une cuvette aux fortes pentes*

Tsoundzou 1 se situe au Nord de Tsoundzou 2, sur la rive gauche de la Kwalé et au bord du littoral, séparé par une mangrove en régression (Figure 1-10). Le village se développe sur le côté Ouest de la Route Nationale 2. Le site est caractérisé par **une cuvette aux pentes raides**. Les versants les plus abruptes se trouvent au Sud, où les pentes dépassent **les 100 %** à certains endroits. Sur ce secteur, l'habitat précaire s'y est fortement développé.

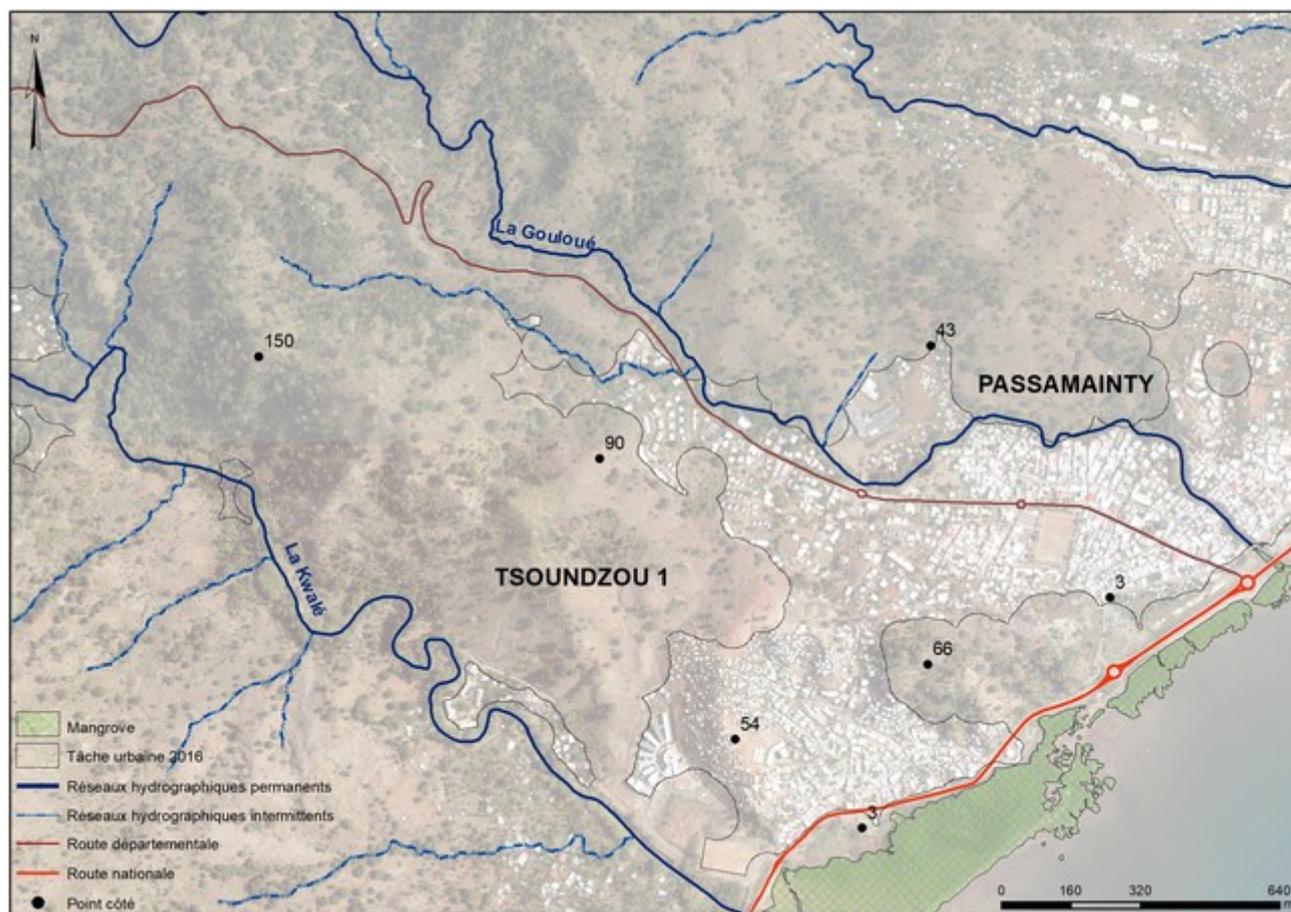


Figure 1-10: Présentation du secteur d'étude

De par les caractéristiques décrites au-dessus, le secteur étudié a été sujet à divers phénomènes. A Mayotte, le **retour d'expérience** est peu présent, engendrant une mauvaise connaissance des risques antérieurs, notamment avant les années 1990 (Leone, 2014).

Plusieurs **sources de données** sont tout de même disponibles. La **BdMvt** gérée par le BRGM recense les différentes formes de mouvements de terrain (Figure 1-11).

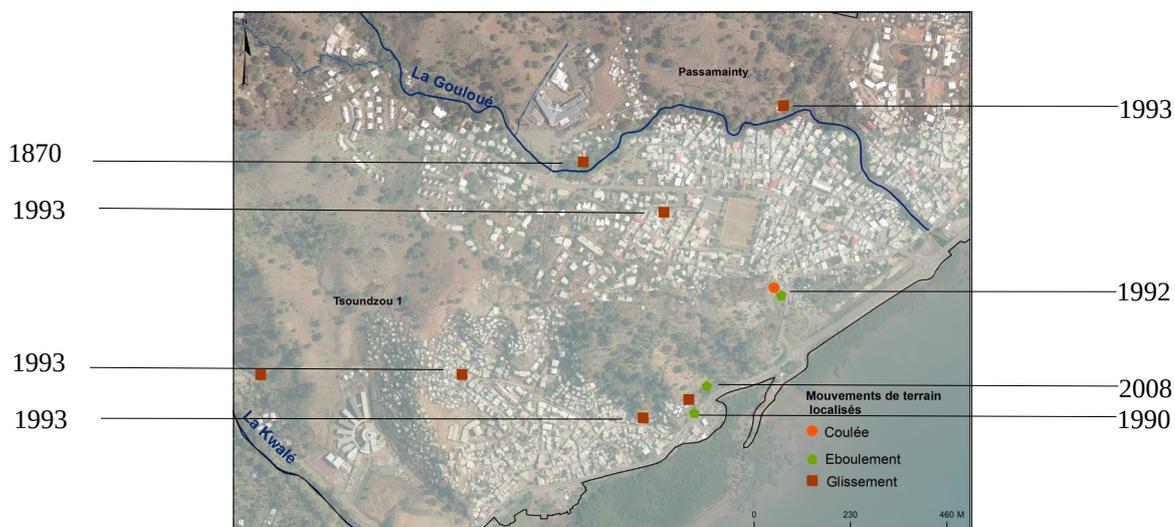


Figure 1-11: Localisation des mouvements de terrains répertoriés sur le secteur étudié (d'après BdMvt)

Le **Dossier Départemental sur les risques majeurs (DDRM)** de Mayotte recense aussi les **événements historiques** à l'échelle des communes. Les informations recueillies résultent d'un long travail de **retranscription de témoignages** par le géographe mahorais Said Hachim, lors de sa maîtrise à Montpellier. La Figure 1-12 met donc en avant la récurrence des inondations sur le secteur de Passamainty. De plus, les témoignages mettent en avant les liens de causalité entre les différents aléas.

Les médias viennent aussi en aide à la mémoire des risques à travers des articles sur les événements passés. Les deux photographies du Journal de Mayotte relate les conséquences de la saison des pluies qui s'abat tous les ans sur l'île.



Figure 1-12: (A). Glissement de terrain à Passamainty suite aux fortes pluies de la nuit du 15 au 16 janvier 2018 (B). Inondation de la Route Nationale à Tsoundzou 1 suite à un épisode orageux en octobre 2013 (Clichés : Le Journal de Mayotte)

Villages	Événements	Date	Observations/ Témoignages
Tsoundzou 1	Cyclone	1829	Des cabanes de pêcheurs ont été détruites par la houle engendrée par le cyclone de cette même année.
Passamainty	MVT	1830	Éboulement de la colline. La population longeait la côte pour rejoindre Passamainty. Un éleveur de zébus a trouvé la mort.
Passamainty	MVT	1870	La rivière a été détournée par un mouvement de terrain de grande ampleur.
Passamainty	Inondation	1870	Inondation provoquée par l'encombrement du cours d'eau. A cette époque il n'existait pas d'habitations. Les champs furent inondés pendant plusieurs jours.
Passamainty	Inondation	1870	Inondation rapide a détruit le petit village. Une digue en terre a été érigée un mois après
Passamainty	Inondation	1874	Quatre ans après la construction de la digue, les eaux d'un torrent ont traversé la digue. Le site se dépeuplait peu à peu.
Passamainty	Inondation	1893	Un poste avancé de la ville a été inondé et abandonné car inutilisable.
Passamainty	Inondation	1953	Une dépression sur Anjouan a provoqué d'importantes pluies à Mayotte. Le village a été inondé jusqu'à 300 m du lit mineur de la rivière.
Passamainty	Inondation	1960	Les bâtiments ont été inondés, le niveau de l'eau a atteint 1m. Conjugaison de hautes marées et d'orages.
Passamainty	Cyclone	1984	L'hôpital a été évacué à cause de la violence de la houle.
Passamainty	MVT	1992	Coulée de boue et éboulement issues du col et ayant détruit une case en contrebas.
Passamainty	MVT	1993	Un bébé a été blessé par la destruction d'une maison.
Passamainty	MVT	1993	Zone affectée par un MVT au nord du village, en rive gauche de la rivière. Le phénomène s'étend sur plus de 500 m et menace d'obstruer la rivière.
Passamainty	Séisme	1993	Fissures sur des maisons.
Tsoundzou 1	Séisme-MVT	1993	Des cases endommagées par les MVT induits par le séisme. Les terrains ont glissé lors de la saison des pluies.
Passamainty	MVT	1998	Une coulée de boue assez rapide détruit un banga.
Passamainty	Inondation	2002	Le niveau de l'eau dépassa 1m.
Tsoundzou 1	MVT	2003	Véhicules ensevelis.

Figure 1-13: Événements historiques recensés sur les villages de Tsoundzou 1 et Passamainty (Opperman, 2010)

1.5. Conclusion de la partie 1

L'île de Mayotte est caractérisée par un milieu insulaire aux formations géologiques produites par de longues phases volcaniques et à un climat tropical humide amenant à une morphologie favorable aux déclenchements de risques naturels.

Ce premier chapitre a mis en évidence les principales caractéristiques physiques de l'île et le caractère multi-aléas qui y règne. Touchée par la majorité des aléas connus, peu de catastrophes majeures n'ont encore frappé l'île. Relativement protégée par des barrières naturelles, la majeure partie des aléas ne vient entraver que des enjeux structurels.

Aujourd'hui, les vulnérabilités ont fortement évoluées. Les cyclones, principaux risques ayant causés des dommages sur l'île, seraient aujourd'hui une menace pour le territoire. Le chapitre suivant fait donc part des vulnérabilités présentes à Mayotte.

Mamoudzou, le secteur le plus peuplé de l'île, est ainsi la zone la plus vulnérable face aux risques naturels. Tsoundzou 1 et Passamainty viendront en appui pour examiner les vulnérabilités du territoire de Mayotte.

2. Analyse de la vulnérabilité : exemples appliqués sur deux villages du sud de l'aire urbaine de Mamoudzou

Les aléas, fortement corrélés à la saison des pluies, affectent ce territoire où la pression démographique, aux abords des côtes est forte. De plus, **les caractéristiques socio-économiques** aux contacts **d'un dysfonctionnement général** en terme d'aménagement, de développement et de gouvernement amène à **une forte vulnérabilité** sur ce dernier département français.

Cette partie appelle donc à se focaliser sur **le lien qu'il y a entre vulnérabilité et catastrophe** (Dauphiné, 2004). Les différents événements passés sont perçus comme les conséquences des fragilités de ce territoire.

Ainsi, la seconde partie s'intéressera en premier lieu à l'intérêt de la vulnérabilité au sein de la discipline des risques naturels. Ce qui me permettra ensuite de détailler les principaux facteurs de vulnérabilités altérant ma zone d'étude.

2.1. Apports théoriques de la vulnérabilité

2.1.1. Éléments de définitions

L'approche du risque par la vulnérabilité est relativement récente par rapport à l'approche faite par l'aléa. Les années soixante, soixante-dix montrent un tournant dans l'analyse des catastrophes en s'intéressant davantage aux caractéristiques vulnérables des sociétés.

Les conséquences d'une catastrophe étaient vues à travers le phénomène naturel et son intensité. Les différentes recherches s'intéressaient aux processus de développement des divers aléas et étaient centrées sur une géographie essentiellement physique. Ce qui permettait par la suite, des interventions techniques aux différentes zones de contacts avec l'aléa (barrage, digue, filet..). Face aux **limites** de ces solutions techniques, on s'intéresse dorénavant **aux caractéristiques internes des populations** jouant un rôle dans les conséquences d'une catastrophe (Veyret & Reghezza, 2006).

Deux approches principales de la vulnérabilité sont identifiables. **Une approche quantitative** qui s'intéresse à la mesure de l'endommagement face à une catastrophe (Reghezza, 2006). Elle vise à calculer par **l'intermédiaire d'indices**, les pertes occasionnées de chaque enjeu face à un aléa (Leone, 2004).

Ensuite, se développe une vulnérabilité à **la démarche qualitative**. Elle cherche **les causes** des endommagements potentiels. C'est à travers **des facteurs de vulnérabilité** (D'Ercole et al, 1994) et aux **interrelations** présents entre ces derniers que cette démarche perdure (Ruffat, 2017).

La vulnérabilité peut donc être défini comme «la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique. » (D'Ercole, 1994). En suivant l'analyse d'Irasema Alcantara-Ay (2002), cet endommagement sera fonction **des différentes faiblesses sociales, économiques, culturelles et politiques** retrouvées au sein d'un pays ou d'un groupe de personnes. Selon **la capacité d'adaptation** des sociétés , la vulnérabilité est un élément mobile dans le temps (Reghezza, 2016).

2.1.2. L'approche adoptée dans ma recherche et ses limites

L'approche de la vulnérabilité qui est faite dans ce mémoire suit le travail de Pauline Texier, ayant écrit un mémoire sur les vulnérabilités et les réductions des risques liées à l'eau en Indonésie. Appelée le « paradigme radical » (Texier, 2009 ; Gaillard, 2007), c'est une méthode mettant en avant **les causes des vulnérabilités**.

A travers l'île de Mayotte et de ses caractéristiques naturelles, il est intéressant d'y dégager **les principales sources de vulnérabilités** (Figure 2-1).

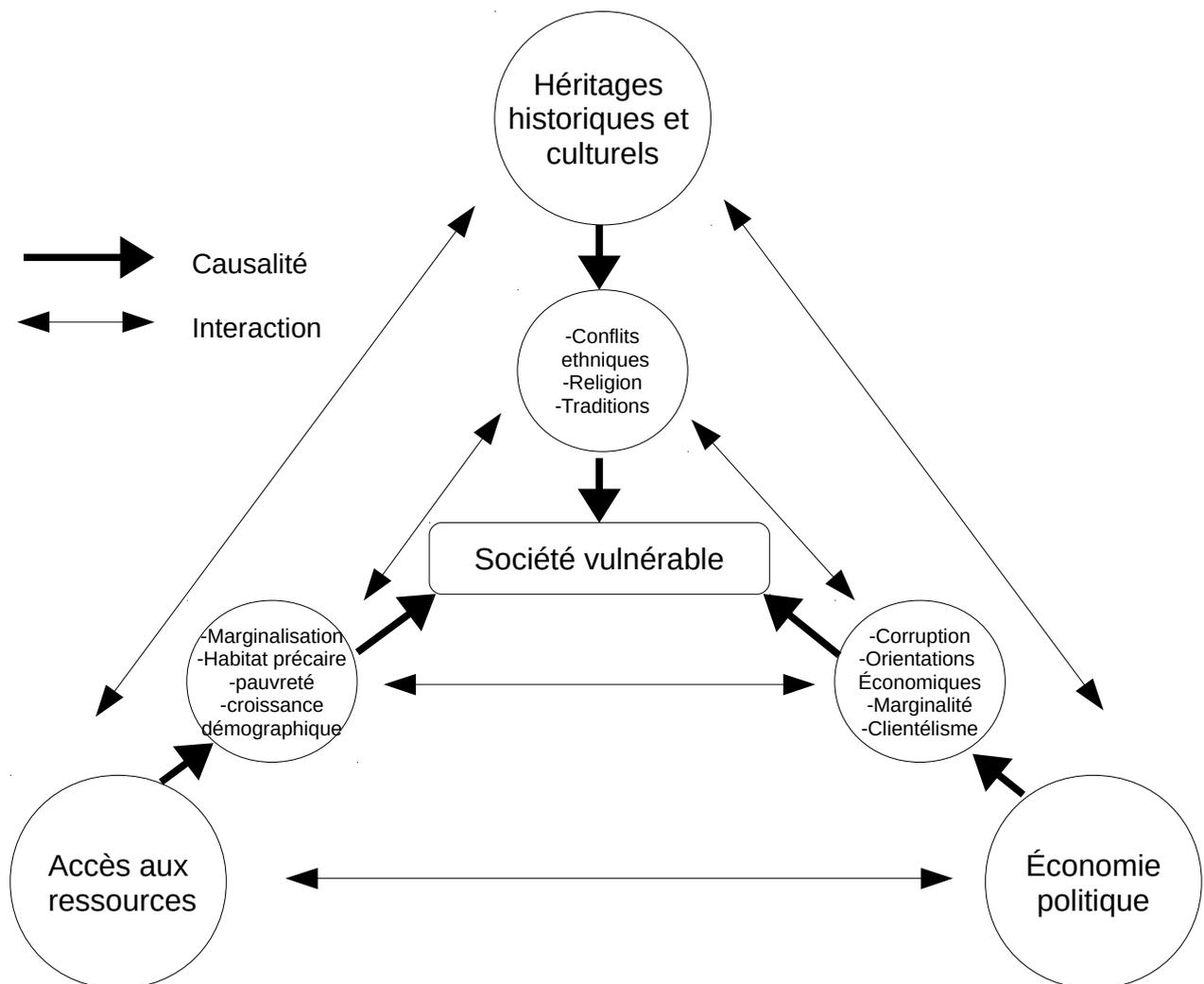


Figure 2-1: Organisation schématique de l'approche adoptée de la vulnérabilité (d'après Gaillard, 2007)

L'approche du risque par la vulnérabilité, est intéressante par les aspects nouveaux qu'elle met en avant, mais présente tout de même quelques limites. De par les différentes approches possibles de la vulnérabilité, sa définition tend à se transformer dans le temps. Il est donc important

d'apporter l'approche **la plus représentative** du terrain d'étude et de continuer les recherches sur la vulnérabilité afin d'opter vers **une méthodologie universelle**. En 2005, Pigeon écrit « si les définitions du risque tournent autour du binôme aléa-vulnérabilité, **elles évoluent et varient d'un chercheur à un autre (...)** d'où **une profusion de définitions** qui tendent à refléter les terrains comme les parcours de chaque chercheur » (Pigeon, 2005).

Cette approche a du mal à prendre toutes les composantes mises en jeu dans le risque. Sans échapper au phénomène naturel engendrant un risque, il faut analyser l'ensemble des causes affectant le risque et repérer les liens entre ces différents facteurs.

2.2. La pauvreté : vecteur des vulnérabilités

Les vulnérabilités présentes à Mayotte, sont **étroitement liées à la pauvreté de la population**. De par le manque de moyens, de connaissance et d'une **marginalisation sociale et géographique**, les populations pauvres se voient davantage vulnérables aux risques naturels (Hallegatte & al, 2017).

L'étude n'évalue donc pas l'ensemble de la vulnérabilité mais **l'influence de certains facteurs** prédominants comme **la croissance urbaine, les paramètres socio-économiques, les conditions de l'habitat et l'exposition de certaines zones d'habitats**.

2.2.1. Une croissance urbaine importante

On s'intéresse dans cette sous-partie à la croissance urbaine de Mayotte. Depuis la fin des années 1990, l'île connaît **un accroissement de sa population** qui s'exprime à travers **une extension des zones urbaines**. Cette évolution est en partie **l'objet d'un flux migratoire** important, qui donne lieu à **une urbanisation non contrôlée** au développement de **bidonvilles**.

2.2.1.1. Méthodologie appliquée

L'évolution de l'urbanisation a été faite par **analyse diachronique**. Une technique qui permet de se rendre compte **des évolutions et des dynamiques passées**. Les cartographies de l'étalement urbain ont été faites à six périodes différentes. Pour ce faire, nous avons à disposition différents documents permettant de visualiser l'évolution urbaine. Ainsi, nous avons utilisé les **orthophotographies** de 2003, 2008, 2012 et 2016 mises à disposition par l'IGN. Puis, les **photographies aériennes** plus anciennes de 1989 et 1997 transmises par la même organisation (Figure 2-2). Les clichés plus anciens ne permettaient pas une interprétation correcte.

Document	Date	Échelle	Résolution	Source
Orthophotographie	2016		0,20*0,20	IGN
	2012		0,50*0,50	IGN
	2008		0,50*0,50	IGN
	2003		0,50*0,50	IGN
Photographie aérienne	1997	1:25 000	1*1	IGN
	1989	1:25 000	1*1	IGN

Figure 2-2: Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse diachronique de l'étalement urbain des villages de Passamainty et Tsoundzou 1

Après avoir récupéré les différentes données décrites à l'instant, il convient de les ajouter à **un Système d'Information Géographique (SIG)**. Un outil polyvalent, qui permet de visualiser et d'analyser tout objet géographique à travers des requêtes, répondant à toutes sortes de problématiques. Dans notre cas, c'est le logiciel Arcgis 5.0 qui nous a servi à analyser l'évolution de l'urbanisation.

Une première étape consiste à **géoréférencer** les images aériennes monochromes à l'aide de **points de contrôle** par rapport à une orthophotographie en couleur. La faible urbanisation en 1989 et les transformations majeurs de l'espace au cours du temps, rendent difficiles le repérage de secteurs identiques entre les différentes dates. Quelques carrefours routiers et quelques bâtiments déjà existants en 1989 ont permis un géoréférencement viable pour l'analyse de l'étalement urbain.

Ensuite, il convient de **digitaliser** l'ensemble du bâti à chaque date. Les orthophotographies (2016, 2012, 2008 et 2003) ont été vectorisées par le groupe d'étudiant en Licence SIGDAT de l'université de Caen Normandie (Halidi & al, 2019). Un schéma récapitulatif sur la méthodologie adoptée a été réalisé. (Figure 2-3).

Afin d'étudier plus en détails la dynamique urbaine à Mayotte, **une prise de vue plus régulière** du territoire serait intéressante. D'autant plus, que dans une région où **les dynamiques migratoires sont importantes**, les extensions et les densifications sont rapides.

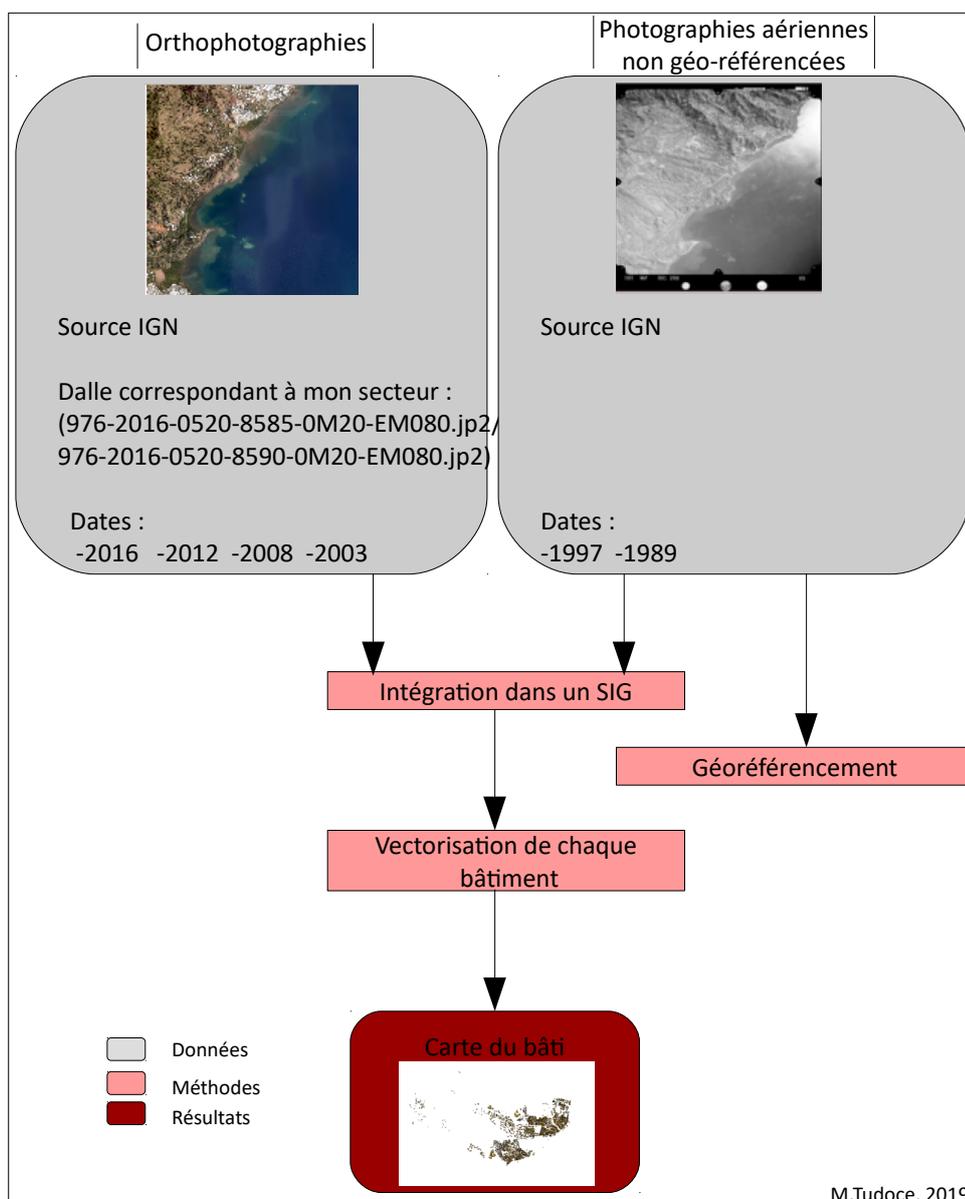


Figure 2-3: Schéma méthodologique pour l'étude cartographique de l'évolution du bâti

2.2.1.2. Evolution de l'étalement urbain

L'étalement urbain de Mayotte est en **pleine croissance depuis la fin du 20^e siècle**. Initialement occupé par des petits villages de pêcheurs, le littoral est aujourd'hui **saturé**, contraint d'envahir l'arrière-pays aux **paysages escarpés**. Selon le dernier recensement de Mayotte en 2017, la population serait égale à 256 518, **une augmentation multipliée par deux en 20 ans**. Mamoudzou, devient le chef-lieu en 1977 et est aujourd'hui **le centre attractif de l'île**. On y retrouve l'ensemble des activités du pays et les principaux centres d'intérêts économiques (Ninon, 2007). De ce fait, Mamoudzou connaît **une évolution démographique importante** et est aujourd'hui la seule agglomération urbaine de l'île. Entre 2012 et 2017, le taux de variation annuel moyen était de **4,5 %**

(Figure 2-4). Mayotte est donc le département qui connaît **la plus forte croissance démographique**. La Guyane, que l'on compare souvent avec Mayotte pour ses problématiques sociales, possédait un taux de variation de 2,4 % par an entre 2009 et 2014 (Genay & Merceron, 2017).

	Population municipale* (habitants)					Taux de variation annuel moyen (%)
	1997	2002	2007	2012	2017	2012-2017
Mamoudzou	32774	45485	53022	57 281	71 437	4,5
Mamoudzou	5666	6533	6186	5 839	6 131	1,0
Mtsapéré	6979	10495	11283	12 812	15 880	4,4
Kawéni	6206	9604	11562	13 276	17 060	5,1
Passamainty	5173	6008	7086	7 026	8 430	3,7
Tsoundzou I	2093	3058	3398	4 464	5 570	4,5
Vahibé	2135	3236	3736	4 072	6 067	8,3
Tsoundzou II	574	1063	1671	2 301	2 559	2,1
Cavani	3948	5488	8100	7 491	9 740	5,4
Mayotte	131368	160265	186452	212 645	256 518	3,8

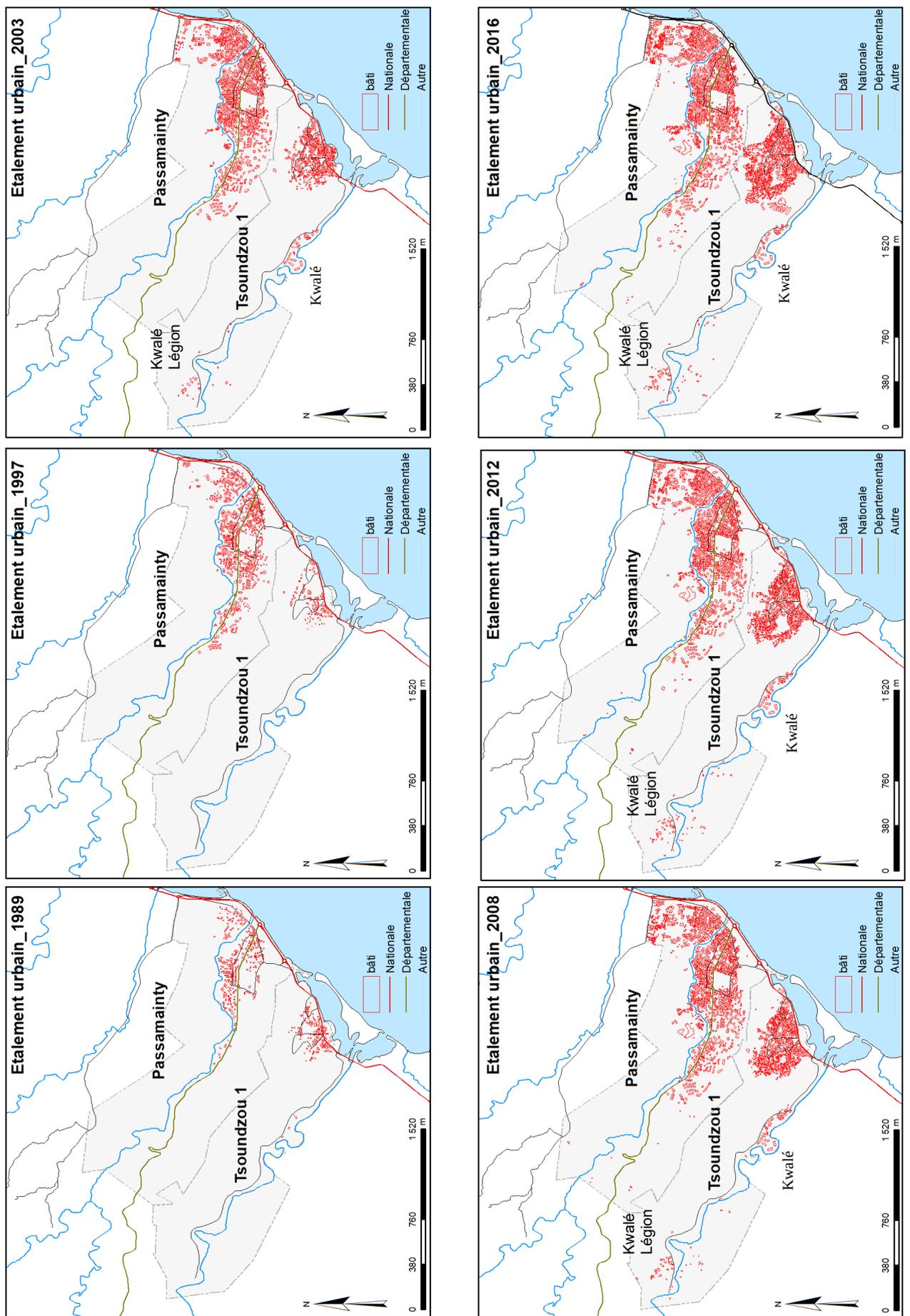
Figure 2-4: Evolution de la population des villages de Mamoudzou entre 1997 et 2017 (INSEE)

La figure 2-5 met en avant l'évolution du bâti sur les communes de Tsoundzou 1 et Passamainty, au sud de l'aire urbaine de Mamoudzou. Les surfaces bâties sont **en constante progression** tout au long de la période d'étude. La distribution de l'habitat se fait de manière groupée et s'étend vers les terres. En dehors de cette concentration autour des « centres historiques », peu d'espaces bâtis se sont établis, mis à part les petits hameaux de la Kwalé et Kwalé Légion au bord de la rivière portant le même nom.

En 1989, un petit noyau villageois était présent à proximité de la route littorale principale (RN aujourd'hui) à Tsoundzou 1 et de par et d'autres de la route départementale à Passamainty.

A partir de 1997, une extension du bâti se crée. L'absence de relief sur la rive droite de la Gouloué a permis un développement plus rapide et plus important pour Passamainty. C'est ainsi que la Société Immobilière de Mayotte (SIM) a pu développer un parc de logement au long de la route départementale qui traverse l'île. Alors que Tsoundzou 1, marqué par des pentes fortes, laisse peu de place à un développement. Ainsi, **une augmentation de plus de 10 hectares** s'est opérée en **5 ans**, entre 1997 et 2003. Après, la croissance urbaine progresse plus lentement afin d'arriver à une surface bâtie de 33 ha. Aujourd'hui l'étalement est tel, que les deux villages se rejoignent par le versant Nord de Tsoundzou 1.

On note tout de même une régression dans une zone Ouest de Tsoundzou 1 entre 2008 et 2012. La zone a connu une démolition importante d'une partie du bâti, qui était insalubre et informelle pour la construction d'une seconde école.



M.Tudoce, 2019 Sources : Projet tutoré Licence SIGDAT (F.Letondeur, A.Halidi, A.Poncet)/ IGN (remonter le temps)

Figure 2-5: Mise en évidence de l'évolution du bâti des communes de Passamainty et Tsoundzou 1 entre 1989 et 2016 par analyse diachronique.

La croissance démographique de Mayotte est liée à un taux de natalité élevé, du à un haut niveau de fécondité. L'indice de fécondité varie entre 3,5 pour les mahoraises à 5 enfants par femme en moyenne pour les nationalités Comoriennes. De ce fait, Mayotte détient la maternité au nombre de naissances la plus élevée en France.

Au delà d'un solde naturel élevé, c'est avant tout la pression migratoire importante qui a provoqué cet étalement urbain. La sous-partie suivante met donc en avant la cause migratoire dans la vulnérabilité du territoire de Mayotte.

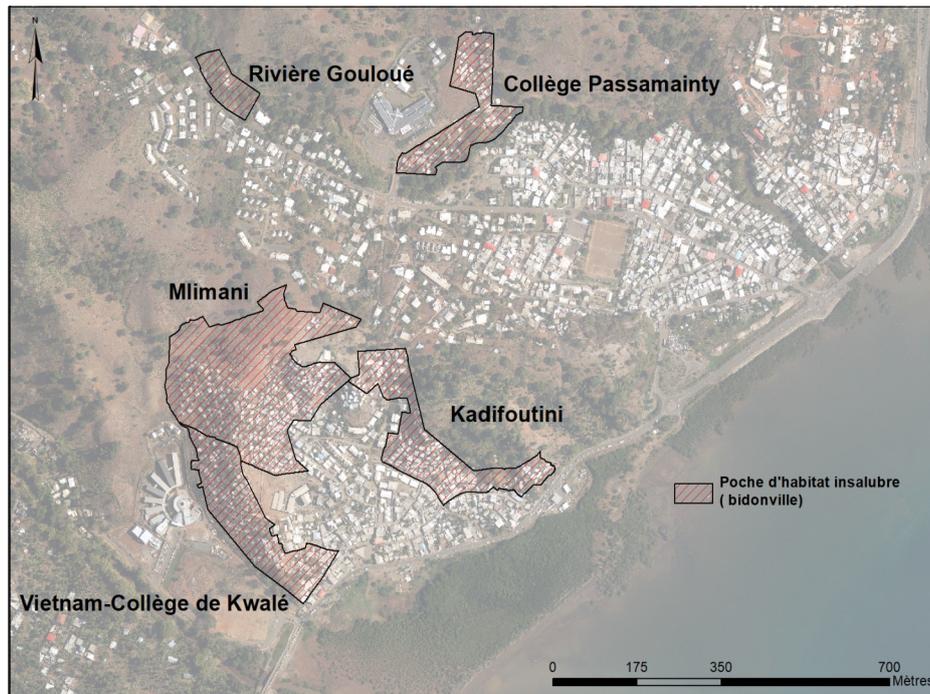
L'île détient donc la **densité de population la plus élevée**, derrière les départements de l'île de France, avec 690 habitants au km² en 2017.

2.2.1.3. Le phénomène migratoire

L'étalement urbain important de la capitale de Mayotte, est l'objet d'un flux migratoire important. L'entrée dans la France, a provoqué un eldorado dans cette région pauvre. L'Union des Comores par exemple est parmi les pays les plus pauvres, si l'on en croit leur rang mondial vis à vis du Produit Intérieur Brut (PIB) et de l'Indice de Développement humain (IDH). Selon le Fonds Monétaire Internationale, en 2017 les Comores étaient à la 182^e place sur 192 pour le PIB par habitant et à la 203^e place sur 228 pour l'IDH. Ces populations migrent donc vers un système plus démocrate où les conditions de vies sont normalement meilleurs (Barbey, 2009).

Selon les études de l'INSEE, **48 % de la population** serait de nationalité étrangère en 2017. Principalement des Comoriens, à 95 %, d'autres nationalités sont aussi présentes, des Malgaches à 4 % et une fine part de pays divers d'Afrique de l'Est. Une nouvelle dynamique migratoire se forme avec l'arrivée de 18 sri-lankais sur l'île de Mayotte en mai 2019.

Cette arrivée massive de migrants a donc désorganisé l'urbanisation de l'île. Le parc de logement trop faible et la pauvreté de la population arrivante contribue à l'extension des villes, et principalement du pôle urbain de Mamoudzou, par un habitat précaire formant des « bidonvilles » (Figure 2-6).



Surface bâtie en mètres carrés :

2016 : 21 000 m²

2012 : 14 500 m²

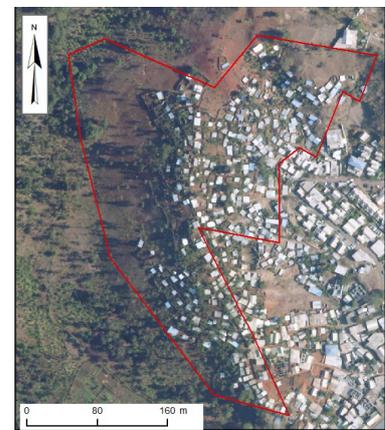
2008 : 11 700 m²

2003 : 1100 m²

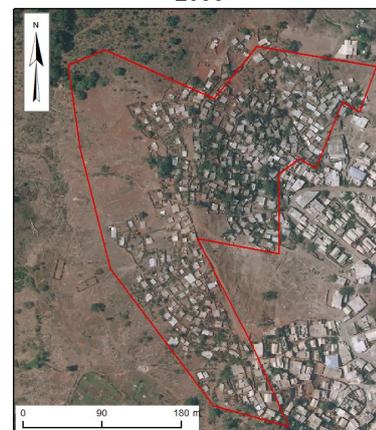
 Quartier bidonville de Mlimani et Vietnam (2016)



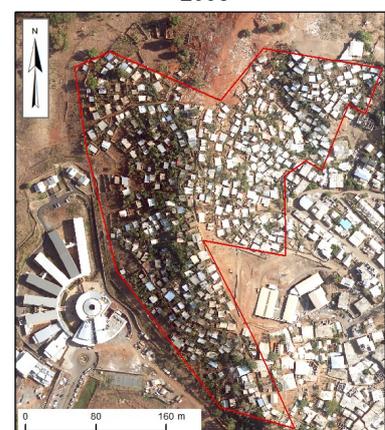
2003



2008



2012



2016

Figure 2-6: Carte avec les différentes poches d'habitat insalubre sur le secteur étudié et analyse diachronique de l'évolution du bidonville de Mlimani/Vietnam sur le versant de la commune de Tsoundzou 1 entre 2003 et 2016 à partir des images aériennes de l'IGN orthorectifiées

2.2.2. Impacts socio-économiques de la croissance urbaine

Les particularités migratoires de Mayotte ont profondément impacté les conditions socio-économiques de l'île. Selon l'INSEE, en 2014, **84 % de la population vivrait sous le seuil de pauvreté** contre 16 % en métropole (part de la population vivant avec moins de 959 euros par mois en 2014).

La raison principale de la pauvreté à Mayotte est le **fort taux de chômage** et la difficulté de trouver un emploi. La non attractivité de l'île ne permet pas de succomber à une population en âge de travailler. Mayotte est le département **le plus jeune de France**, les moins de 25 ans représentent 60 % de la population selon une étude de l'INSEE publiée en 2012. De plus, les trois quarts de la population de 15 ans ou plus n'ont pas de diplôme.

L'économie de Mayotte, initialement basée sur l'agriculture et la pêche, est aujourd'hui trop peu importante pour subvenir à la population. Les exportations sont faibles et l'île est donc sous une forte dépendance de l'extérieur. L'industrie étant peu développée, le secteur public à travers l'administration et l'éducation est la principale source de travail.

Ainsi, le taux de chômage avoisine les **35%** en 2018, alors qu'il est inférieur à 10 % en France métropolitaine et est de 20 % en Guyane.

Les salaires sont donc pour une majorité des ménages très faibles, ce qui témoignent du niveau de vie très précaire des mahorais. Le revenu annuel serait en moyenne inférieur à 10 000 euros par foyer, alors qu'il est d'environ 25 000 euros en France métropolitaine. Ces revenus sont à contraster avec ceux qui gagnent des salaires équivalents voir plus qu'en métropole et ceux qui ne disposent d'aucun salaire fixe, et se maintiennent grâce à un fort taux d'emplois informels.

2.2.3. La mauvaise qualité du bâti

Le bâti est un des facteurs principaux de vulnérabilité des populations. L'habitat précaire, de par ses fondations et des matériaux utilisés, **aggrave les conséquences** lors d'un événement naturel. Nombre d'événements sont révélateurs de cette situation, aux Philippines en 2013, à Haïti en 2010, à Mayotte en 2018.

2.2.3.1. *Evolution des modes d'habitat*

Mayotte a connu **une mutation importante** et rapide de son territoire, amenant à une nouvelle **organisation spatiale**, par une évolution des modes d'habiter et des différents aménagements développés.

L'habitat traditionnel Mahorais a perduré jusque dans les années 1970. Il était basé sur une harmonie avec la nature en utilisant essentiellement des matériaux présents sur l'île (bambous, raphia, terres, feuille de cocotier...). Selon la tradition, l'espace de vie était composé du « shanza », l'enclos qui délimite les différents espaces, et du « nyumba », la case principale de vie (Figure 2-7). Le « **banga** », terme utilisé à défaut aujourd'hui désigne la case d'une pièce unique, construite par les jeunes adolescents contraint par la tradition de quitter le cocon familial.

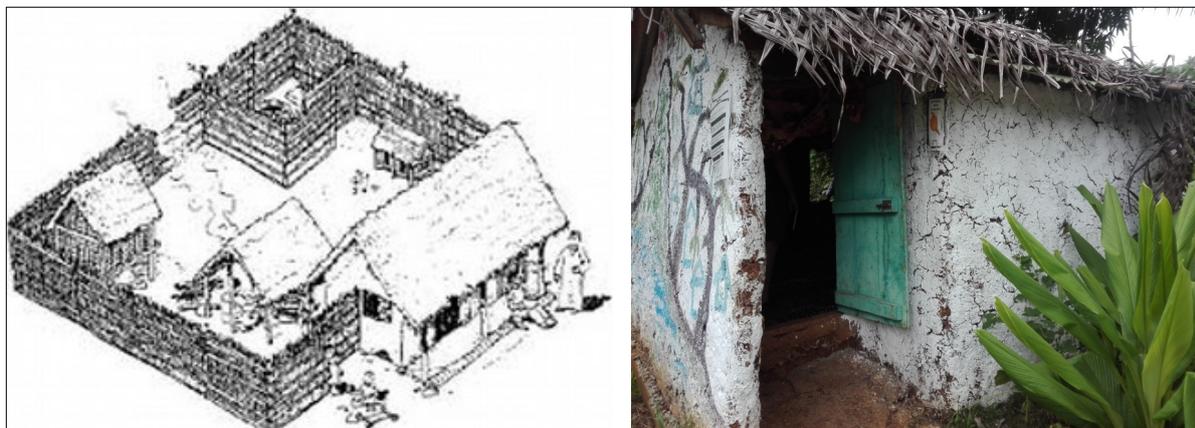


Figure 2-7: L'habitat traditionnel mahorais, le nyumba-shanza (A : Lallanne, 2016) et le banga à usage touristique aujourd'hui (B : M.Tudoce, 2019)

Le constat indéniable de la vétusté du bâti amène à **une évolution du parc de logement** à Mayotte à travers la **Société Immobilière de Mayotte (SIM)**. Un projet participatif innovant conciliant un développement de logements dignes et à la fois peu chère face à des revenus très bas, voir inexistants.

La SIM, présente encore aujourd'hui, a été un moteur pour Mayotte où les **premières formes d'urbanismes** se sont créées.

Cette dynamique de développement se poursuit avec la transformation de Mayotte en Collectivité territoriale d'Outre-mer en 1976. On assiste à une transformation des modes d'organisation, en allant vers un standard métropolitain. Une évolution du cadre administratif et éducatif se crée. Mayotte passe de 26 écoles en 1976 à 189 en 2005, répondant à une demande forte liée au contexte démographique.

La SIM, en complément de sa mission d'habitat social développe des logements destinés aux fonctionnaires métropolitains répondant à un confort plus élevé que les cases traditionnelles.

Dans une même évolution, on voit apparaître de nouveaux logements contemporains, qui se veut être aujourd'hui l'habitat traditionnel. Principalement les locaux, mahorais, s'amènent à bâtir leur propre habitations. D'un côté, les cases SIM se voient s'agrandir. De l'autre, des constructions plus modernes par une entre-aide familiale (la « musada ») voient le jour.

Puis, l'immigration importante corrélée à une pauvreté forte amène à un **développement important des habitations insalubres**. Du bâti souvent informel, caractérisé par des matériaux de récupération, souvent en tôle, et à la consolidation légère.

A ce jour, nous avons donc une organisation du territoire qui a changée, aux regards des différentes **mutations institutionnelles** que Mayotte a connu. L'exiguïté du territoire et le relief escarpé amène à une proximité entre les différentes formes d'habitats. Une **typologie des différents habitats** à Mayotte a été faite suite aux retours de terrain et au travail en amont de Florent Drouet (Figure 2-8), (Drouet, 2011).

Traditionnel	Nom attribué	Critères d'identification (description/ matériaux)	Localisation	Photographie
Individuel	Nyumba-Shanza	Auto-construit, Structure en torchis, terre, bois, raphias, feuille, Bâti de petite dimension, léger et peu résistant	Habitat quasi-disparu, Initialement, habitat local dans les villages et dispersé dans les terres	
	Habitat précaire/ informel	Auto-construit, Structure en tôle et/ou de récupération, Plein-pied, Bâti de petite dimension, léger et peu résistant	Marge des villages : flanc de colline/ bord des ravines = Quartiers « bidonvilles », Dispersé dans l'habitat formel	
	Habitat social	Structure brique de terre, béton, pierre, bois, Toit tôle consolidé, Façade de couleur vive, 2 pièces minimum,	A l'intérieur des villages, dissimulé dans les différentes rues.	
	Habitat SIM	Locatif au confort plus élevé (métropolitain)	Structure parpaing, béton, pierre, bois, Pilotis, Superficie équivalente à la métropole, Architecture sophistiquée	Périphérie des villages, Groupé, en lotissement
Collectif	Case en béton	Auto-construit de plein pied, Structure béton peu renforcée, Toit béton/ tôle plat, Piliers porteurs en béton décorés, Balustrade en ciment moulé, Bâti de taille moyenne et de faible résistance	A l'intérieur des villages, dissimulé dans les différentes rues, Présence plus forte dans les villages hors Mamoudzou	
	Habitat de « standing »	Auto-construit de 1 ou 2 étages minimum, Structure béton renforcée, Toit béton plat, Balustrade en ciment moulé, Piliers porteurs en béton décorés, Façade colorée et enrichie de formes, Bâti en construction permanente	A l'intérieur des villages, dissimulé dans les différentes rues, Présence plus forte dans les villages hors Mamoudzou	
Collectif	Appartements collectifs	Structure parpaing, béton Toit béton plat, 1 ou 2 étages minimum Bâti de grande taille et de bonne résistance	Terrain nouveau, Groupé dans certains quartiers (exemple : Les Hauts Vallons), Centre urbain	

Figure 2-8: Typologie des différents habitats à Mayotte

2.2.3.2. Diagnostic de l'habitat précaire actuel

Selon les dernières études de l'INSEE en 2017, l'habitat précaire représenterait **39 % des habitations**. Pour leur étude, il caractérise un habitat précaire comme un habitat constitué majoritairement de matériaux de récupération (tôle, bois, pneus..). Essentiellement informelles, ces habitations se regroupent, formant des zones de bidonvilles importantes aux périphéries des villes. Avec plus de six logements sur dix dépourvus du confort sanitaire de base (eau, baignoire ou douche, toilettes), l'habitat précaire est le type de bâti qui est le plus touché. L'INSEE déclare que **62 % de ces logements n'ont pas l'accès à l'eau courante**.

En prenant le secteur étudié, on constate une forte disparité entre les deux villages, traduisant la **plus forte proportion d'habitat précaire sur Tsoundzou 1, 65 %** contre **26 %** à Passamainty (Figure 2-9). Ainsi, Tsoundzou 1 présente une part de logements **sans accès à l'eau égale à 70 %**, contre **49 %** à Passamainty (diagnostic PILHI).

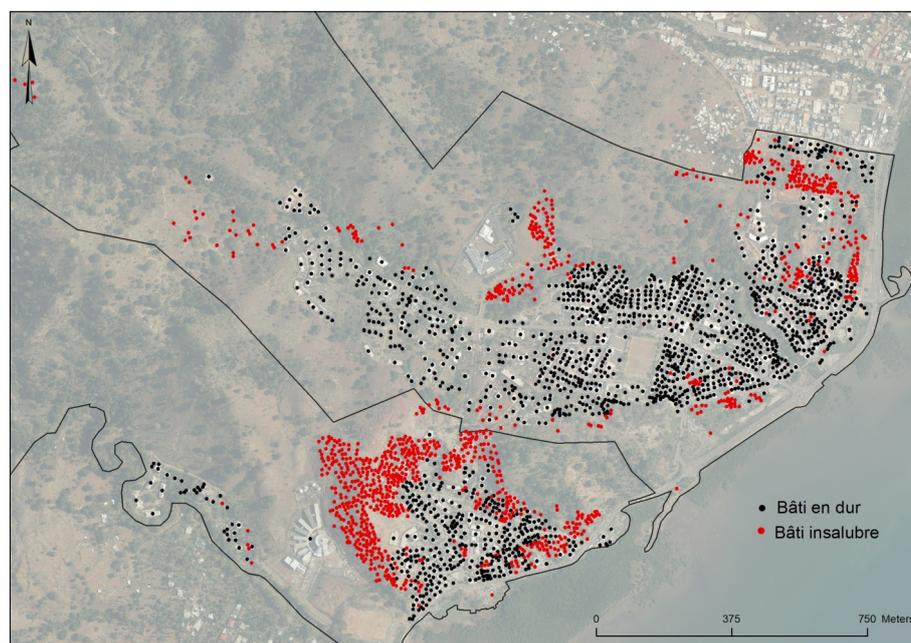


Figure 2-9: Représentation du type de bâti (en dur ou insalubre) sur Tsoundzou 1 et Passamainty établie par photo-interprétation (d'après Halidi & al, 2019)

En plus de l'état du bâti dégradé, les habitations insalubres se trouvent exposés aux aléas naturels. Ce qui suit, tend à montrer l'exposition du bâti aux aléas inondations, mouvements de terrain et de submersions marines.

2.2.4. Une exposition accrue des quartiers insalubres

La **pression foncière** que connaît Mayotte, à travers un manque d'espace et à une demande de logements de plus en plus importante avec la croissance démographique, contribue à une **augmentation de l'urbanisation dans les zones exposées aux aléas naturels**. Les populations pauvres, démunies de la majeure partie du confort de base sont ceux les plus exposés. En effet, les quartiers insalubres sont majoritairement **marginalisés sur des espaces à risques** où aucunes viabilisations n'ont été faites (Leone, 2014).

En croisant les différents zonages d'aléas effectués par le BRGM et la « couche bâti » où l'identification entre habitat en dur et habitat insalubre a été faite, on peut visualiser l'exposition du bâti (Halidi et al, 2019), (Figure 2-10).

Les zonages des aléas inondations, mouvements de terrain et submersions marines suivent une méthodologie commune à toutes les collectivités de Mayotte. L'aléa mouvement de terrain prend en compte la lithologie, la pente et les caractéristiques propres à chaque zone (hydrologie, végétation..). La grille méthodologique d'aide à la qualification de l'aléa mouvement de terrain est présentée en annexe.

L'aléa inondation est basé sur une analyse hydrogéomorphologique, prenant en compte la structure de l'espace (lit mineur, érosion, terrasses alluviales..). Pour le ruissellement urbain, le zonage prend en compte la pente du terrain et la hauteur d'eau.

L'aléa submersion marine tient compte de la marée maximale, de la surcote cyclonique et de la hauteur des vagues. L'aléa fort, susceptible de se produire souvent, correspond donc à un niveau d'eau de plus d' 1,10 m par rapport à une forte marée et l'aléa moyen correspond à un niveau d'eau de plus de 3,50m (DEAL).

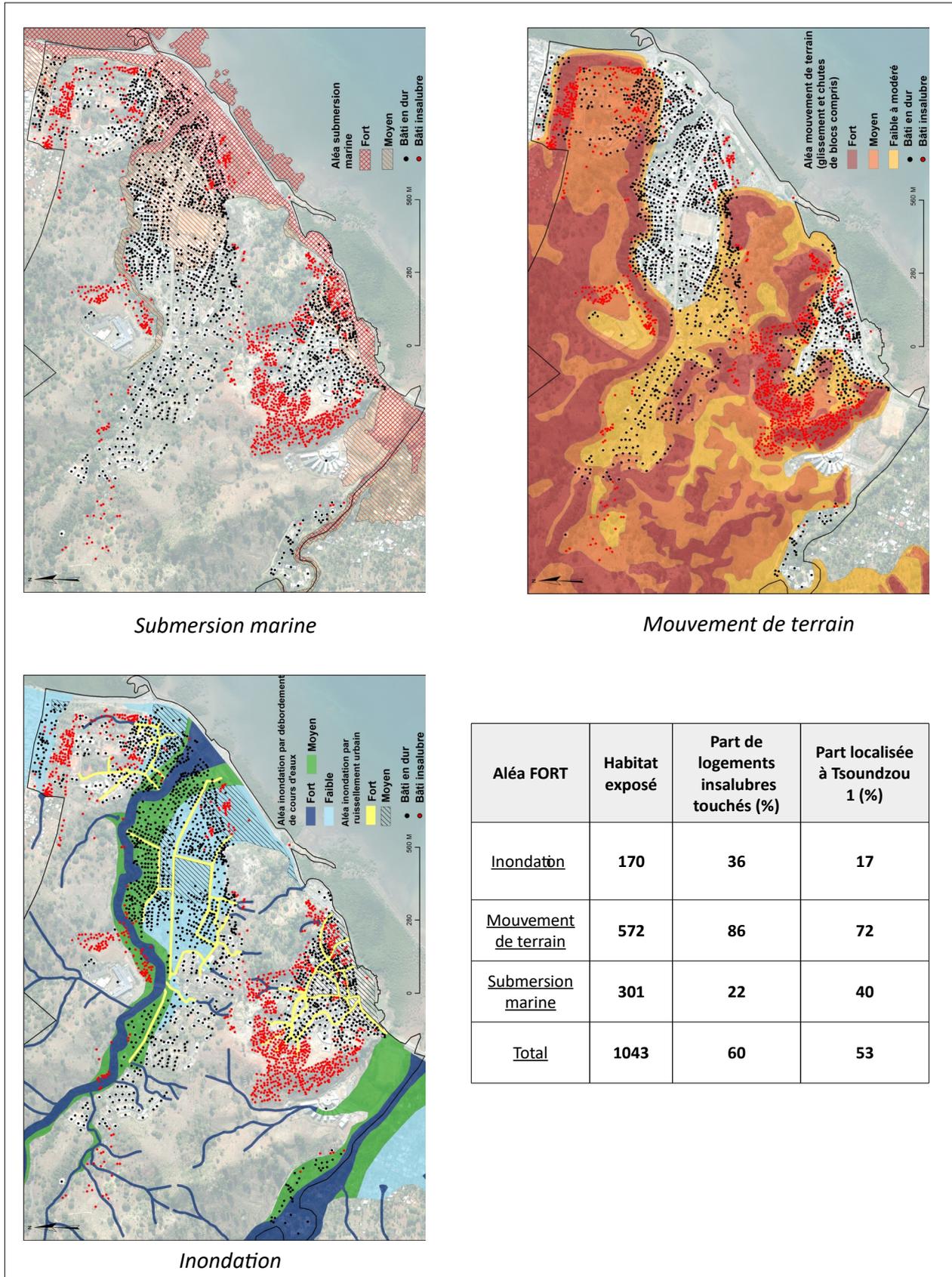
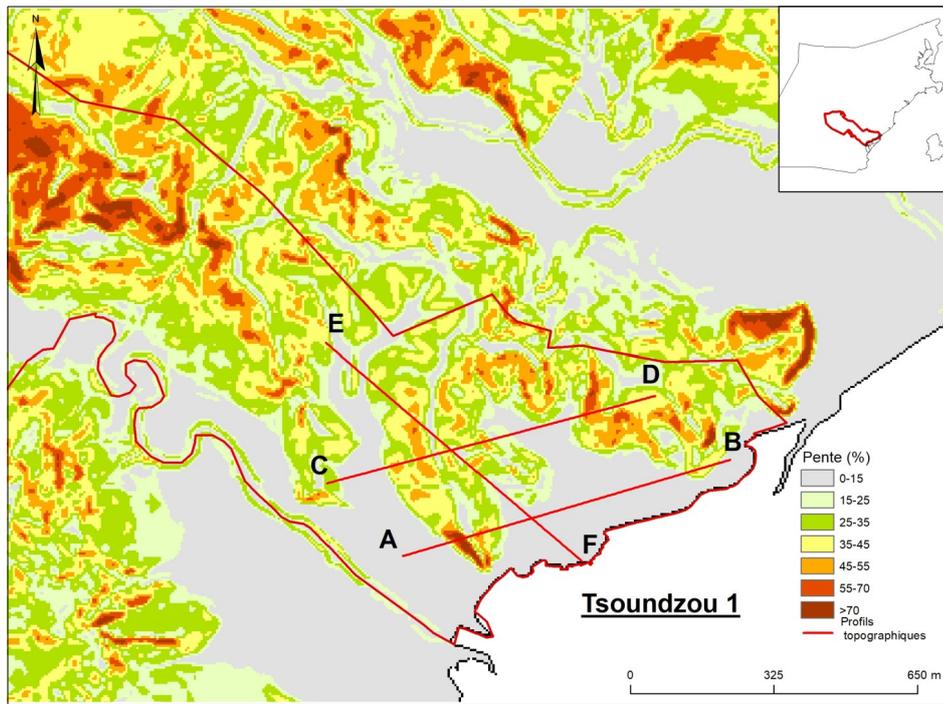


Figure 2-10: Exposition du bâti aux différents aléas naturels sur Tsoundzou 1 et Passamainty : Analyse cartographique et quantitative

Le secteur présente donc une part de logements insalubres exposée aux aléas forts inondations, mouvements de terrain et submersion marine égale à **60 %**. Principalement impactée par les **mouvements de terrain**, à 86 %, la majeure partie de l'habitat exposé se localise à Tsoundzou 1 avec 72 %.

Passamainty, avantagé par son relief et par des logements insalubres moins présents, est donc touché exclusivement par l'aléa inondation. Les espaces les plus menacés par ces phénomènes sont les deux zones d'habitat précaire en amont du village, à proximité direct avec les berges de la rivière (*Partie 1 ; Figure 1-7*). En aval, de nombreux logements sont aussi touchés par ce phénomène, accentué lors de tempêtes tropicales avec les submersions marines.

Tsoundzou 1 est quand à lui exposé exclusivement aux aléas de mouvements de terrain où se **concentrent les populations les plus pauvres**. Les hauteurs du village sont aujourd'hui occupées par une majeure partie de l'habitat précaire, sur des terrains en forte pente. La moyenne des pentes est **supérieure à 30 %** (Figure 2-11). La partie du versant la plus au Sud possède des pentes supérieures à 70 % (Figure 2-12, profil A-B).



M.Tudoce, 2019

Source : IGN/ Bd alti

Figure 2-11: Représentation des pentes au niveau de Tsoundzou 1

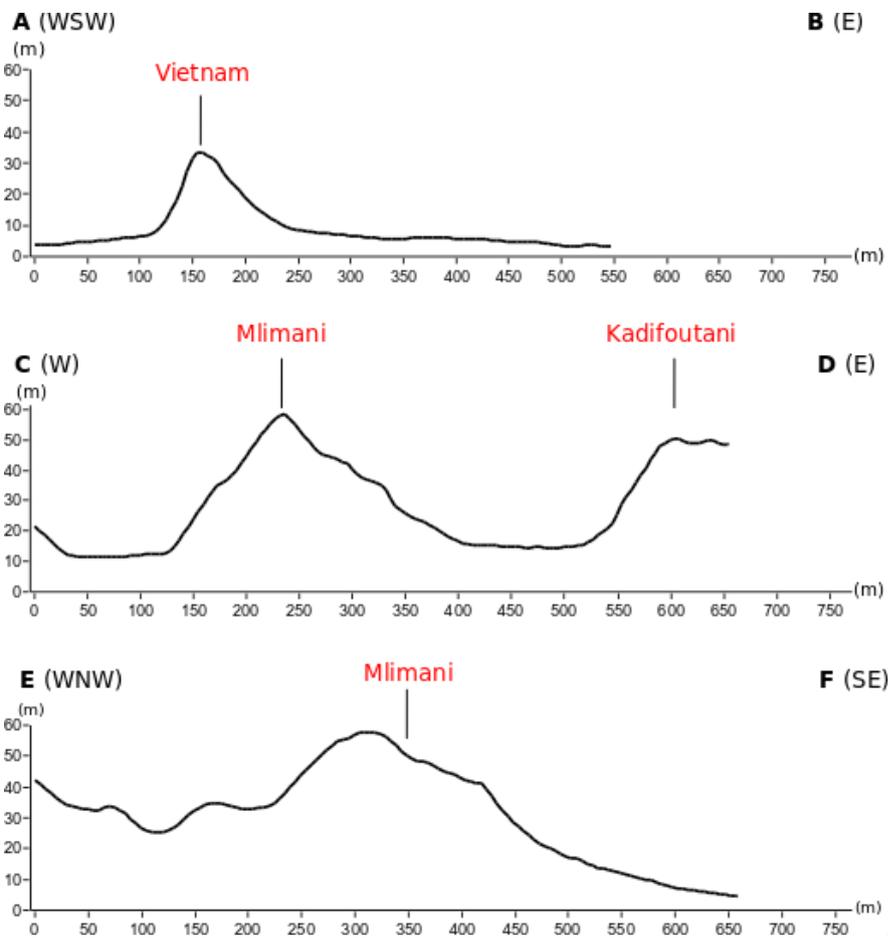


Figure 2-12: Profils topographiques du village de Tsoundzou 1 et localisation des quartiers insalubres (localisation des profils sur la Figure 2-11)

2.3. Conclusion et discussion de la partie 2

Le travail de terrain, au contact de données variées (INSEE, BRGM, IGN..) ont permis de mettre en évidence l'importance des facteurs de vulnérabilité dans l'analyse du risque. A travers les deux villages de Tsoundzou 1 et Passamainty, nous avons pu voir l'impact de la pauvreté sur la vulnérabilité, face aux différents aléas.

Cette vulnérabilité sociale, liée essentiellement à des facteurs sociaux et économique résultent d'un dysfonctionnement général où les politiques sociales, économiques, migratoires et de protection ont du mal à s'appliquer (Partie 3).

- Point sur les données de l'INSEE utilisées

Les données chiffrées utilisées dans la partie 2 sont majoritairement issues de l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), à travers l'antenne basée à Mamoudzou. Cet organisme se charge de toutes la production, l'analyse et la publication des statistiques officielles en France. Des résultats réalistes pour la France métropolitaine mais qui semblent **réfutables** pour le dernier département français. Encore une fois, les méthodologies adoptées, notamment pour le recensement de la population, **ne sont pas adaptées au contexte local**. Déjà révélateur de nombreux problèmes sur l'île, les résultats sont **sous-estimés**. Il semble compliqué de parvenir à recenser toutes les personnes présentes dans les zones de bidonvilles (Damon J, 2017 ; Math & Duflo, 2019). Les flux migratoires permanents et la réticence de certaines personnes à répondre au recenseur, notamment dans les quartiers précaires, complexifient l'estimation (Gerbeaud & al, .2015). Selon Dominique Etévenaux, intervenant à l'INSEE Mayotte, entre le début et la fin du recensement une centaine de logements se seraient implantés (Lamberti, 2017).

Le dernier Rapport de l'Assemblée nationale met en évidence la réalité de cette estimation, « certains estiment la population de Mayotte à 350 000, voire 400 000 habitants »¹ Plusieurs pistes amènent à ces conclusions. Une étude se réfère à la consommation de riz, qui serait donc trop haute par rapport au dernier recensement. Une autre se réfère tout simplement au croisement entre les ratios de l'INSEE et un travail de digitalisation du bâti par photo-interprétation. En effet, il est à constater que la donnée disponible, la « BD TOPO bâti » n'a pas été actualisée depuis 2011.

¹ Rapport d'information n°1592 déposé par la commission des lois constitutionnelles, de la législation et de l'administration générale de la république le 22 janvier 2019 en conclusion d'une mission à Mayotte par Y.Braun-Pivet (dir), P.Gosselin et S.Mazars.

3. La gestion du risque à Mayotte : un défi majeur pour les quartiers insalubres

La gestion du risque est intimement liée au niveau de développement d'un pays, par lequel il développera et maîtrisera des moyens de gestion plus ou moins efficaces à la réduction d'une éventuelle catastrophe (Veyret-Mekdjian, 2001).

Les DROM (Martinique, Guadeloupe, Réunion, Guyane et Mayotte) représentent environ 3 % de la population française (INSEE). Localisés dans des zones où la fréquence et l'intensité des aléas sont supérieures à celles présentes en métropole, les politiques de gestion des risques naturels sont capitales.

Les conséquences du cyclone IRMA en septembre 2017, impactant grièvement les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin ont permis d'établir **une certaine défaillance dans la gestion du risque** des territoires ultra-marins, notamment par le retard dans la prévention, à travers des documents stratégiques encore trop peu élaborés.

A Mayotte, le drame du 10 janvier 2018 emportant une famille sous un glissement de terrain, révèle également cet état de fait. L'entrée récente en tant que département français, **l'évolution rapide de la démographie et les caractéristiques socio-économiques du territoire mahorais** ont soumis l'île à des pressions foncières importantes, laissant place à **une gestion imparfaite**.

Le but de cette partie est de mettre en avant la vulnérabilité du territoire, à travers **les facteurs fonctionnels, institutionnels et politico-administratifs** (D'Ercole et al, 1994). Ainsi, les différentes politiques de réduction des risques sont décrites et les soucis d'organisation et de planification sont étudiés.

Ce dernier point s'appuie sur une recherche bibliographique centrée sur les différents documents stratégiques faisant référence à la gestion des risques naturels. Ce qui m'a permis d'évaluer l'état d'avancement de la gestion du risque à Mayotte et de le comparer aux autres départements.

De plus, on prendra en compte les échanges eu avec les acteurs du risque, rencontrés pendant la phase de terrain. Les entretiens ont suivi une trame semi-directive à libre. En s'intéressant en premier lieu à mes études et à mon sujet de mémoire, je les ai guidés vers les différentes missions de leur organisme. Ainsi, ils ont pu m'éclaircir sur les spécificités de la gestion du risque sur l'île.

3.1. Les acteurs de la gestion du risque : une fragilité constatée

La gestion du risque nécessite **une collaboration entre divers acteurs** aux compétences variées. Mais l'hétérogénéité de ces acteurs impose des conflits dans l'élaboration des projets (Veyret, 2004). La représentation du territoire selon l'approche adoptée, amène à des stratégies de gestion différentes (Hardy et Sierra, 2005). En revanche, cela apporte une diversité dans le mode de transmission de l'information aux populations (Institutions privées/ publics ; Etat ; Associations) permettant de cerner une majorité de personnes, et ainsi, améliorer la politique de prévention.

De manière globale, **l'État est l'acteur principal** de la gestion du risque naturel. A travers les différents ministères et leurs compétences respectives, il déploie les politiques en faveur de l'amélioration de la maîtrise des risques. A l'échelle du département, la Préfecture est l'établissement administratif qui met en œuvre les différentes politiques de l'État. Pour la prévention et la sécurité civile, c'est **le Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles (SIDPC)** qui est présent. Il est en lien étroit avec les différents services déconcentrés de l'État, et plus précisément avec **la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL)**.

Présente depuis 2011 sur le territoire, la DEAL est née de la fusion entre la Direction de l'Équipement (DE) et de services chargés de l'environnement par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF). Sous l'autorité du préfet, la DEAL est un service déconcentré

de l'État ayant pour missions l'élaboration et la coordination des différentes politiques du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) et du Ministère de la Cohésion des Territoires (MCT). De manière non exhaustive, elle prends en charge toutes les problématiques liées aux politiques environnementales, au développement et à l'aménagement urbain, à la préservation des milieux naturels, à la protection des biens et des personnes faces aux risques naturels et industriels.

L'organisme est divisé en plusieurs services, dont un qui a pour principale mission, la gestion des risques naturels : **le Service Environnement et Prévention des Risques (SEPR)**. Le Service Développement Durable des Territoires (SDDT) intervient plus localement sur toutes les mesures de Résorption de l'Habitat Insalubre (RHI).

Soumis à **un effectif réduit et à un « turn-over » régulier** des chefs de services et/ou d'unités, les objectifs de la DEAL en terme de gestion des risques peinent à s'accomplir. C'est ainsi que l'audit de 2015 qui fait part d'une évaluation de la politique nationale de prévention des risques naturels et technologiques à Mayotte, met en avant des recommandations visant à améliorer la maîtrise des différents risques (Buisson & al, 2015).

Ainsi, ils sont contraints de faire appel à d'autres organismes pour la réalisation de projets. Notamment pour tous les projets liés aux aléas naturels et à la caractérisation des différents dangers, la DEAL se lie au **Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM)** implanté en 2001. C'est un organisme public français, orienté vers la recherche scientifique à l'appui des politiques publiques. Leurs travaux engagés en 2004, constituent la base principale de la prévention des risques naturels à Mayotte. Ils ont explicité, à travers des atlas, l'ensemble des aléas naturels présents sur l'île. Aujourd'hui, le BRGM participe à **l'élaboration des différents documents réglementaires** qui tendent d'émerger. Notamment à travers leurs compétences en analyse physiques, ils ont délimité les zonages des aléas pour les PPRN pilotés par la DEAL.

Au contact de ses deux organismes principaux, d'autres acteurs, principalement des bureaux d'études (*Hydretudes Océan Indien, M'zé Conseil*) viennent se greffer aux différents projets. **La multiplicité des acteurs** rend leur élaboration plus longue et plus compliquée. Dans ce sens, le retard observé dans l'approbation des PPRN à Mayotte est dû à **une réévaluation du zonage des aléas**. En effet, Grégoire Dectot, ingénieur risques naturels au BRGM nous fait part lors de l'entretien eu en mars dernier, d'un souci méthodologique dans la cartographie entre les deux organismes responsables du projet (BRGM et Hydretudes). C'est ainsi, qu'une méthodologie commune a été créée afin d'harmoniser la cartographie au sein des communes.

Initialement long à mettre en place, le **manque de personnel qualifié** à l'intérieur des communes ralentit la mise en place des projets. « Ce manque d'ingénierie est fortement préjudiciable à la mise en œuvre rapide et efficace des projets nécessaires dans les territoires » (Arnell, 2018).

L'exiguïté de l'île et le manque d'attractivité mettent en péril le développement d'organismes sur l'île pour gérer les problèmes urbains. C'est dans ce cas, des agents extérieurs (Réunion, Métropole) qui gèrent les projets, ayant parfois **aucune connaissance des problématiques locales**.

La compréhension de certaines procédures peut aussi peiner pour certains élus. L'évolution institutionnelle de Mayotte, a provoqué **un décalage avec la culture de base**. Le développement des administrations publiques s'est fait trop rapidement, sans que le personnel ait pu être formé. De nombreux problèmes persistent donc et notamment dans **la prise de conscience d'une politique de gestion des risques**. Il est difficile pour certains politiques de comprendre **l'utilité de mettre en place des actions préventives**. Une **sensibilisation des élus** serait une solution afin d'avoir **une meilleure prise de conscience** des politiques de gestion des risques. Dans ce sens, la DEAL prévoit davantage de **réunions publiques** et de **concertation** auprès des collectivités.

Un problème technique peut aussi être la cause de cette fragilité. Les acteurs font face à **des**

moyens limités, notamment dans **la prévision** des aléas. Un **manque d'équipements** est constaté altérant la mise en sécurité des personnes. Mayotte est le seul territoire ultra-marin avec Wallis-et-Fatuna à ne pas être équipés de radars, permettant de détecter d'éventuels dépressions tropicales. L'île reste donc sous la surveillance de l'agence Météo France de la Réunion.

Pour finir, Mayotte est dans un contexte particulier où la mise en place des procédures est compliquée voir inutile. Malgré des **réglementations** qui doivent être respectées, la question des personnes en situation irrégulière se pose. Étant déjà en clandestinité sur le territoire français, ils ne risquent à vraie dire pas de condamnation pour habiter sur des zones réglementées. La politique de prévention face aux risques doit alors se développer aux côtés de **solutions migratoires**.

3.2. La prévention : un outil pour réduire la vulnérabilité du territoire

La réduction de la vulnérabilité consiste à limiter les dommages occasionnés. De plus en plus, on parle de **mitigation** qui se définit par « la mise en œuvre de mesures destinées à réduire les dommages associés à des risques naturels ou générés par les activités humaines » (Géorisques). La mise en place de mesures permet d'**augmenter la résilience** des personnes exposées à un aléa naturel. Agissant sur l'aléa, la vulnérabilité et l'exposition, la prévention passe par une combinaison d'actions : **planification, information, réglementation et protection** (Reghezza-Zitt, 2016).

3.2.1. La prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire

L'aménagement du territoire, par un urbanisme contrôlé est l'élément central pour lutter contre les risques. Les outils cartographiques, tels que les cartes des zonages réglementaires et des aléas, permettent de renseigner les élus et les populations des réglementations à tenir face aux risques présents (Dauphiné, 2013).

Une **connaissance** des différents aléas sur Mayotte existe, malgré un **manque d'information quantitatif** en hydrologie et sur les nouveaux phénomènes sismiques en cours. Il en demeure pas moins que **les politiques d'aménagement** intégrant le risque sont **quasi-inexistantes**. En effet, la prévention passant par une planification de l'aménagement est un moyen de limiter les conséquences face à un risque.

La loi du 2 février 1995 vient renforcer la politique de prévention des risques naturels avec une reconfiguration des différents documents administratifs en un document, le **Plan de Prévention des Risques Naturels** (PPRN). Toujours actuel, il « établit un zonage en fonction du niveau de risque et définissent des règles de constructibilité et d'occupation des sols. » (Reghezza-Zitt, 2016). C'est le document le plus important à l'échelle d'une commune pour limiter le niveau de risque, dès lors que celui-ci est approuvé. On entend par là qu'il soit annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) et **serve d'utilité publique**.

L'ensemble des communes mahoraises est aujourd'hui soumis à une prescription de PPRN multirisques, prenant les risques inondations, mouvements de terrain et sismiques (Figure 3-1). Néanmoins, seulement six de ces PPRN ont été approuvés par le Préfet (Acoua, Bandraboua, Dzaoudzi, Koungou, M'tsamboro et Pamandzi). Alors que celui de Mamoudzou a été prescrit en 2009, il n'est toujours pas approuvé. Cela résulte d'un **manque de concertation entre les organismes** créant les documents (BRGM, DEAL, Collectivités) et d'une réévaluation des zonages du fait d'une trop grande restriction pour la commune.

Villes	Phase PPRN
Mamoudzou	PPR1
Koungou	PPR1
Sada	PPR1
Pamandzi	PPR1
Dzaoudzi	PPR1
Dembéni	PPR2
M'tsamboro	PPR2
Bandraboua	PPR2
Acoua	PPR2
Chiconi	PPR2
Bandrélé	PPR3
Chirongui	PPR3
Bouéni	PPR3
Ouangani	PPR3
M'tsamgamoudji	PPR3
Tsingoni	PPR3



Figure 3-1: Phase de prescription des PPR et état d'avancement en 2019 (source :DEAL Mayotte)

En effet, les limites éventuelles qui sont prescrites peuvent **entraver le développement des villes** (Veyret, 2004). A Mayotte, l'espace est déjà restreint par l'étroitesse de l'île et l'extension urbaine qui s'est développée. Il est donc difficile pour les élus de laisser des espaces non constructibles. David Barraud, chargé de missions risques naturels et sensibilisation à la DEAL de Mayotte et Grégoire Dectot, m'ont tous deux, lors d'entretiens eu en mars 2019, évoqués que la méthodologie employée pour les zonages a été **adaptée au contexte local**. Pour la qualification de l'aléa mouvement de terrain par exemple, les éléments pris en compte (pente, escarpement, hydrologie..) ne respectent pas les mêmes normes que ceux appliquées en métropole. Une grille spécifique à Mayotte a été réalisée (Annexe 1).

3.2.2. L'information préventive de la population

L'information aux risques est un **droit dicté** par la loi de 1987 imposant que « les citoyens ont un droit à l'information sur les risques qu'ils encourent en certains points du territoire et sur les mesures de sauvegarde pour s'en protéger ». De ce fait, l'État doit produire des documents à valeurs informatives sur les risques encourus sur le territoire et les diffuser à l'ensemble de la population. Ainsi, la population a connaissance des dangers exposés, des mesures à prendre afin de réduire sa vulnérabilité, les gestes à produire lors d'un aléa et les personnes à contacter si besoin.

En tant que département français, Mayotte se base sur les mêmes documents préventifs que la métropole. Ainsi, l'île est dotée de son **Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM)** élaboré sous la présidence du Préfet en 2004 et réactualisé en 2010 par le personnel du BRGM (Oppermann, 2010). Il recense et décrit l'ensemble des risques naturels et technologiques à l'échelle du département, afin d'informer et de protéger les populations locales.

Ce document vient en appui aux maires pour établir à l'échelle de la commune le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM). Il a une visée plus pédagogique et est mis à disposition des citoyens afin d'y établir les consignes de sécurité à adopter avant, pendant et après un événement naturel. Mayotte a délégué l'élaboration des 17 DICRIM au BRGM en collaboration direct avec les collectivités en 2008. En revanche, **la transmission** du document aux populations par l'intermédiaire des élus n'est pas encore établie sur toutes les communes (Buisson, 2015). Selon le rapport de la DEAL sur la Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGRI), seulement trois DICRIM seraient validés en 2018 (Koungou, M'tsamboro et Dzaoudzi-Labattoir).

Dans une mesure similaire, le maire doit établir un **Plan Communal de Sauvegarde (PCS)** qui met en avant toute l'organisation de la gestion du risque afin de limiter les éventuels dégâts. Il vient en appui au dispositif d'Organisation de la Réponse de Sécurité Civile (ORSEC) qui planifie les moyens disponibles en cas de gestion de crise (pompiers, SAMU, forces de l'ordre...). **Obligatoire** dès lors que les PPRN sont approuvés, seulement six seraient donc établis. Néanmoins, les rapports sur l'analyse de la gestion des risques naturels à Mayotte divergent sur le nombre de PCS présents. Ceci prouve le manque de concertation entre les élus et les rapporteurs des différents documents.

Plus que des documents réglementaires, il convient d'informer la population par des moyens plus pédagogiques, pour toucher un public plus large. Dans ce sens, divers outils ont été mis en place par les **organismes publics et les associations**. Afin de toucher les plus jeunes, une bande dessinée a été créée pour la sensibilisation aux risques cycloniques (Figure 3-2 A). Avec la collaboration de la DEAL, de l'association des Naturalistes de Mayotte et la commune de Mamoudzou, une pièce de théâtre a

été réalisée sur le thème du risque inondation (Figure 3-2 B). Les réalisations ont lieu tous les étés à travers l'île depuis 2017.



Figure 3-2: Exemples de documents informatifs sur la sensibilisation aux risques naturels, un livret à visée pédagogique sur le cycle cyclonique (A) et un flyer pour un spectacle de théâtre sur les risques inondations (B) (Sources : DEAL Mayotte)

A travers ces documents, **la transmission de l'information** tend à se développer, mais doit encore s'enrichir, notamment en s'adaptant au contexte local. La forte présence de la religion musulmane renvoie souvent les causes des catastrophes à la volonté de Dieu. Il est donc important de divulguer de l'information afin de réduire l'aspect fataliste et adopter des solutions simples pour limiter la vulnérabilité.

Le projet de recherche *PREPARTOI*, qui étudie le risque tsunami à la Réunion et à Mayotte, met en avant la possibilité d'utiliser les mosquées comme moyen d'alerte (Lavigne & Sahal, 2012). En effet, le nombre important de mosquée à Mayotte et l'intérêt qu'elle renvoie à la population permettrait d'avertir efficacement la population. En revanche, la portée sonore en fonction des conditions géographiques (vent, pluie, relief) et de la qualité de l'appareil ne permettrait pas d'avertir l'ensemble des personnes. C'est un projet discuté au sein de la préfecture mais qui n'est pas encore intégré au dispositif de gestion du risque.

3.2.3. Une politique de l'habitat

Les particularités géo-politiques des DROM, véhiculées par une immigration importante impactent l'état du logement sur ces territoires. Le rapport d'information au nom de la commission des finances datant de 2006 établit une proportion de logements classés insalubres de 7,92 % en métropole et de 26,23 % en outre-mer en 1998 (Torre, 2006). De plus, cet habitat insalubre est souvent informel, à 80-90 % (Letchimy, 2011).

Le terme insalubrité peut être défini comme l'« Etat d'un logement, d'un ensemble de logements ou d'un quartier qui est malsain et donc nuisible pour la santé » (Choay et Merlin, 2015).

Mayotte est le département à la plus forte proportion, avec 50 % de logements insalubres recensés selon ce même rapport du ministère de l'outre-mer. L'étude plus récente de l'INSEE, recense 37 % de maisons individuelles en tôles, en 2013.

Cette situation du logement en outre-mer amène à de nombreux plans, afin d'améliorer les conditions de vies des populations locales. C'est le cas du dernier « Plan Logement outre-mer 2019-2022 » qui s'intéresse notamment à **la résorption de l'habitat indigne** et à un développement de logements sociaux. Pour les deux départements soumis à une forte pression démographique amenant à un développement de plus en plus dense de l'habitat spontané, le gouvernement propose **des plans spécifiques**, adaptés aux caractéristiques de ces territoires. Dans ce sens, une des recommandations prévoient de mettre en place des opérations « d'auto-construction ou auto-réhabilitation » des zones d'habitat insalubre et la création d'hébergement temporaire facilitant les opérations de résorption de ces espaces (Conclusions de la conférence logement en outre-mer, 2019).

La politique de lutte contre l'habitat indigne est donc un des objectifs des Plans Logements outre-mer (2015/2020 ; 2019/2020). La loi du 23 juin 2011 vient accentuer les dispositifs de lutte. Appelé « **loi Letchimy** », de par l'auteur de cette loi, elle vient accélérer et reconfigurer les processus de **Résorption de l'Habitat Indigne (RHI)**¹. Les missions de RHI étaient principalement préventives et ne constituaient pas une éradication totale de l'insalubrité des populations (Figure 3-3). Les projets étaient mal conçus et l'intégralité du problème n'était pas pris en cause. Ce qui amenés principalement à des aménagements ponctuels sans réel politique de lutte contre l'habitat indigne. Un manque d'efficacité était donc constaté (Motte, 2002).

¹ **Loi n°2011-725** du 23 juin 2011 relative aux quartiers d'habitat informel et à la lutte contre l'habitat indigne dans les départements et régions d'outre-mer (J.O. 23 juin 2011).

De nouveaux objectifs, plus opérationnels sont donc attendus avec la mise en place du **Plan Communal de Lutte contre l'Habitat Indigne (PCLHI)**, rendu obligatoire avec la loi d'actualisation du droit des outre-mer² et explicité à travers **l'instruction du 31 mars 2014** relative au traitement de l'habitat indigne dans les DROM.



(A) Absence de RHI dans le bidonville de Mlimani à Tsoundzou 1. Présence de pneus pour faire des marches et stabiliser le terrain, réseau en eau potable non enterré et probablement clandestin.
(B) Présence de RHI dans le village de Nyambadao à Bandrélé. Création d'une évacuation d'eau et aménagement d'une voie pour piétons.

Figure 3-3: Comparaison entre un quartier sans procédure de RHI (A :M.Tudoce, 2019) et une avec RHI (B : Schmit, 2012)

Ainsi, la Communauté d'agglomération Dembéli-Mamoudzou (CADEMA) née en 2016, élabore son Plan Intercommunal de Lutte Contre l'Habitat Indigne (PILHI). Il définit pour une durée de six ans les actions et les opérations à mener. L'identification de l'habitat insalubre à l'échelle de la commune constituera la Phase 1. Elle met en avant les caractéristiques de chaque quartier, selon la précarité et la régularité ou non du bâti. Ce qui permet par la suite d'établir des plans d'actions prioritaires (Phase 2), pour ensuite proposer les opérations à mener (Phase 3).

Malgré la « Loi Letchimy », la situation des quartiers insalubres reste fortement **précaire**. Peu de rénovation du bâti ont été faites et les démolitions, qui seraient dans certains quartiers plus que préférable en vision des risques encourus, restent très marginales. C'est dans ce sens que certains collectifs locaux se sont lancés dans ce que l'on appelle des « décasages ». Des actions d'expulsions illégales, de personnes en situation irrégulière, dirigées par des Mahorais exacerbés par la situation migratoire de l'île (Hachimi Alaoui & al, 2019).

² Loi n°2015-1268 du 14 octobre 2015 relative à l'actualisation du droit des outre-mer (J.O. 15 octobre 2015)

Cela est dû aux **problèmes de relogement et d'indemnisation** des personnes en situation irrégulière sur le territoire et qui occupent un logement sans permis de construire ni titre de propriété (Girard, 2014). Même si la loi de 2011 apporte des solutions pour l'indemnisation et l'arrêt n°18.073 du 12 septembre 2012 appui sur le relogement obligatoire des personnes délogées quelque soit son statut, un manque de logement social se fait ressentir. En effet, la transition entre l'offre de la SIM jusqu'en 2005 et la nouvelle politique de logement engagée par l'État, n'a pas pu succomber à la forte demande. La demande de logements était trop importante et la population relativement pauvre, ne pouvait souscrire à des logements. Puis, la politique d'aides sociales était non cohérente avec la situation (Girard, 2014).

3.2.4. Interventions et aménagements pour protéger les territoires

Les interventions humaines ont été les premières solutions apportées pour limiter l'exposition des personnes face au risque. Aujourd'hui, on limite l'usage de ces protections matérielles offrant « l'illusion d'une situation d'abri qui masque la situation d'exposition et encourage l'occupation de zones à risques. » (Reghezza-zitt, 2016).

L'urbanisation rapide de Mayotte et la densification importante dans les centres urbains, notamment dans le Nord-Est de l'île ont accentué le risque. En effet, les mauvaises pratiques et le non-respect des plans d'aménagement par la forte présence d'habitats spontanés sont venus bousculer le développement urbain. Ainsi, l'île se voit démunie en aménagements publics visant à réduire les effets des aléas, comme les réseaux d'assainissements, de caniveaux, de buses, de normes de construction envers les terrains en pente...

Certaines interventions ont donc eu lieu, mais restent minimes vis-à-vis des enjeux présents. Les mesures prises concernent essentiellement les aléas hydrologiques et mouvements de terrain. En effet, l'État à travers divers études (BRGM, DEAL) a ainsi mis en place des **protections matérielles**. Afin de lutter contre les éboulements de terrain, des **gabions** ont été installés (Figure 3-4). Présents principalement sur les grands axes de Mayotte (Routes nationales), ce sont des cages en fil de fer tressés remplies de pierres. Ainsi, cette technique de génie civile constitue **une structure adaptée** de soutènement des routes. Afin d'éviter divers phénomènes de mouvement de terrain, le recours au **pneusol** est aussi utilisé.



Figure 3-4: Interventions face aux phénomènes de mouvements de terrain, gabion sur la RN1 au Nord de Mamoudzou (A) et mur de pneus à l'entrée Nord de Tsoundzou 1 (B) (Clichés : M.Tudoce, 2019)

De manière plus préventive, un **programme de lutte contre l'érosion des sols et l'envasement du lagon à Mayotte** (LESELAM) a été créé en 2015 afin de remédier aux problèmes d'érosion des sols à Mayotte. Pour ce faire, une **campagne de sensibilisation** a été faite auprès des agriculteurs principalement. Puis une campagne de reboisement a été lancée, principalement au niveau des padzas pour limiter l'érosion des sols.

Le sous-équipement en ouvrage de protection résulte d'un **manque de financements**.

L'île de Mayotte est principalement financée par les crédits du fonds de prévention des risques naturels majeurs, dits « **Fonds Barnier** », les crédits budgétaires du programme 181 et du Fonds Européens de Développement Régional (FEDER).

Les « Fonds Barnier » est applicable pour financer la prévention et la protection contre les risques naturels. Il vient donc en appui à toutes sortes de projets : planification, informations préventives, expropriations, étude de travaux, protections...

Ce dispositif est en revanche difficilement mobilisable sur Mayotte. **Le manque de moyens humains et qualifiés** se heurte à porter des projets concrets, pouvant mobiliser un financement.

De plus, ils ne sont qu'une aide aux collectivités.

Il convient donc de **reconfigurer la mobilisation à ces fonds** afin de réduire la vulnérabilité des territoires. Le rapport d'information fait en 2018 au nom de la délégation sénatoriale aux outre-mer met en avant un recours plus important aux aides extérieurs et notamment à l'Agence Française de Développement (AFD) afin de finaliser les projets et « des conditions d'éligibilité assouplies » (Arnell, 2018).

Ainsi, des **mesures personnelles** se mettent en place, notamment dans les quartiers insalubres et illégaux où les mesures de financement sont plus difficile à mobiliser. David Barraud, m'a évoqué lors de l'entretien qu'il était **compliqué de mobiliser des fonds** pour des travaux de réduction de la vulnérabilité. De une, ce sont pour certains quartiers des zones d'habitations illégales, sans droit ni titre de propriété. De deux, la loi préconise que la contribution du « fonds Barnier » ne peut **excéder 10 % de la valeur du bien**. En sachant que les zones à risques sont habitées par des logements insalubres, aucuns projets ne peuvent être réalisés.

Il en demeure donc des aménagements personnels visant à réduire de manière ponctuelle le niveau de risque. On recense une utilisation récurrente de la technique pneusol, mais qui est moins élaborée que celles faites par les collectivités (Figure 3-5).

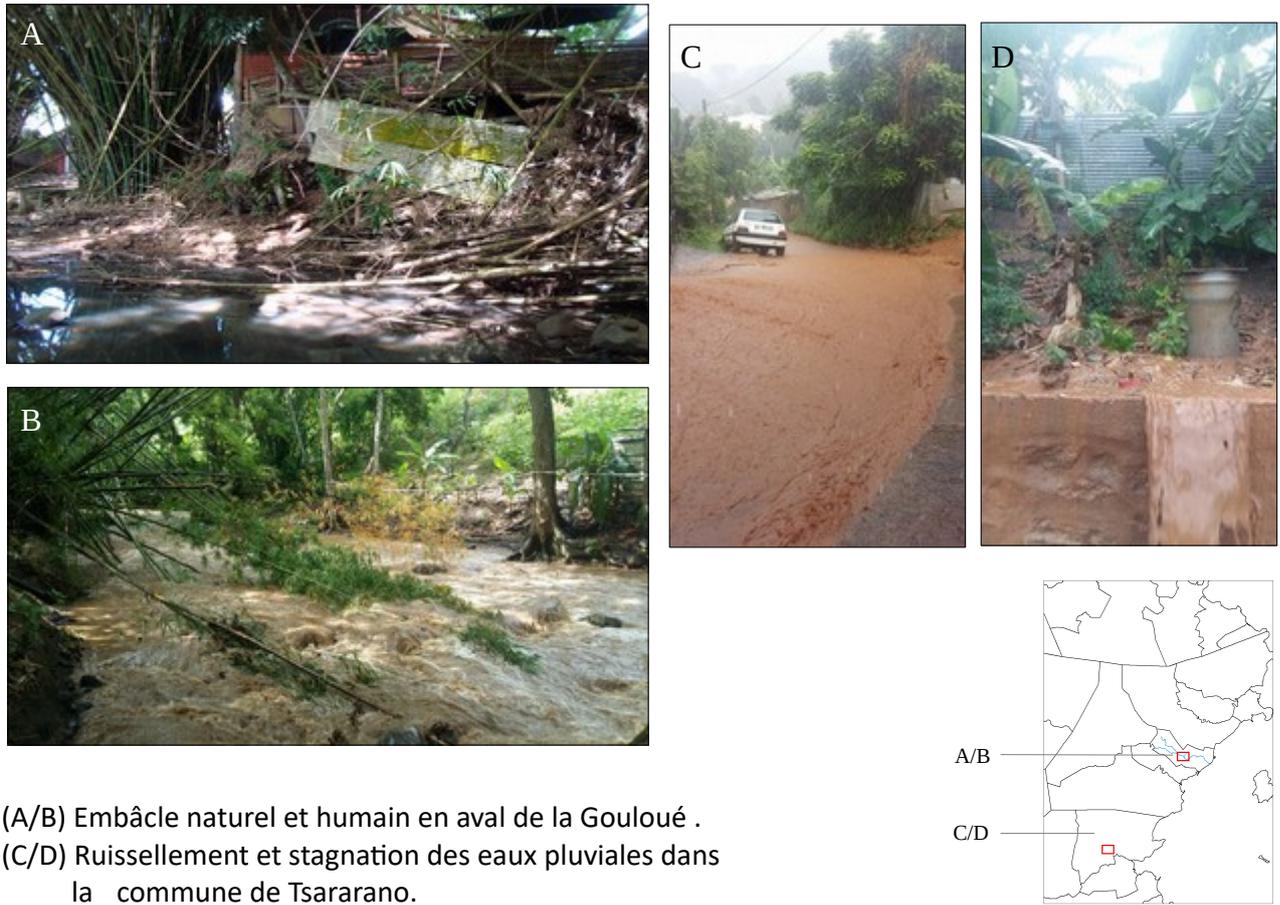


Figure 3-5: Utilisation de pneus en guise de soutènement dans le bidonville de Mlinami à Tsoundzou 1 (Clichés : M. Tudoce, 2019)

Des préconisations sont donc relevées à travers les différents documents stratégiques. Les Contrats de plan Etat-région de Mayotte (CPER), les Schémas Directeurs d'Aménagements et de Gestion des Eaux (SDAGE) et le Plan d'Actions pour le Développement urbain Durable à Mayotte (PADD) convergent dans le même sens en voulant remédier à une meilleure gestion des risques, notamment en terme de gestion de la ressource en eau pluviale.

Si l'on s'en tient aux inondations, **une amélioration des écoulements par un entretien des ravines et des aménagements aux niveaux des rivières principales** est préconisée. En effet, l'état actuel des cours d'eaux amènent à de nombreux phénomènes d'**embâcles** perturbant l'écoulement (Figure3-6 A et B). C'est ainsi que Mayotte développe sa Cellule de Veille Hydrologique (CVH), afin d'anticiper les inondations.

L'absence de réseau pluviale retient aussi toute l'attention des aménageurs. L'extension urbaine, rapide et spontanée dans les marges des villes a engendré **un retard dans les aménagements de réseaux d'eaux pluviales** (fossés bétonnés, caniveaux). Ainsi, une **stagnation** et un **ruissellement important** sont présents dans les zones urbaines (Figure3-6 C et D). Les phénomènes dépressionnaires de janvier 2019 ont causé la mort d'un enfant après avoir chuté dans un caniveau inondé. Ceci résume bien le retard des aménagements publics.



(A/B) Embâcle naturel et humain en aval de la Gouloué .
 (C/D) Ruissellement et stagnation des eaux pluviales dans
 la commune de Tsararano.

Figure 3-6: Conséquences de la mauvaise gestion des risques inondations à Mayotte suite à un phénomène dépressionnaire (Clichés : M.Tudoce, 2019)

3.4. Conclusion et perspectives d'évolution de la gestion du risque

La bonne gestion du risque à Mayotte est entravée par des difficultés organisationnelles. La récente départementalisation n'est pas encore parvenue à développer un système de réduction des vulnérabilités. Le cadre politique est encore fortement marqué par la culture locale et reste impuissant face à la situation.

L'inadaptation des stratégies adoptées, à travers une équipe réduite et de certains politiques non qualifiés et sensibilisés, ralentie la mise en place de documents stratégiques et d'interventions rapides sur les secteurs prioritaires. Par ailleurs, les difficultés adjacentes mettent en péril l'avancée de ces projets. En effet, l'immigration importante vient rompre avec la majorité des planifications adoptées par les communes.

A l'échelle locale, l'amélioration de la maîtrise des risques naturels passera donc par une meilleure coordination des acteurs et par un développement d'alternatives de prévention, adaptées au contexte et à la culture mahoraise.

Au regard de la situation, une mobilisation extérieure s'effectue, au travers de projets de recherche, afin d'aider les acteurs locaux dans les décisions et les actions à développer. C'est ainsi, que le projet *SIGMA*, liant deux organismes, la Gendarmerie et la Recherche, vient apporter une nouvelle grille de lecture basée sur un SIG. Basé sur des données géographiques et mises à jour, notamment par une prise de vue aérienne plus récurrente, le projet vise à accompagner les acteurs locaux dans leurs interventions à travers une meilleure compréhension du territoire (dynamique migratoire, estimation de la population, organisation des bidonvilles).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le travail de recherche présenté dans ce mémoire porte sur l'étude des principaux facteurs de vulnérabilité face aux risques naturels à Mayotte. Au delà de ce constat, l'objectif était de montrer la vulnérabilité généralisée du territoire, au travers de nombreux dérèglements, d'ordres sociaux, économiques, politiques et environnementaux.

La caractérisation du milieu physique de l'île, à travers les paramètres géologiques, hydrologiques et climatiques a permis de faire un état des lieux des aléas naturels. Nombreux sur l'île, ils ne sont cependant pas d'une extrême intensité, comparés aux autres DROM. Le risque est donc à prendre dans une autre cause que le seul impact de phénomènes naturels.

En effet, l'étude a montré que les causes des différents drames générés étaient davantage liés à des processus internes aux territoires. La pauvreté est ainsi mis en avant, comme le facteur déterminant des différents dégâts occasionnés.

Une certaine politique de gestion des risques est appliquée, au même titre que les autres départements français. En revanche, elle concentre de nombreux soucis d'ordres techniques et organisationnels.

Dans le contexte actuel où les changements climatiques devraient accentués les phénomènes naturels, le territoire de Mayotte apparaît très fragile. L'actualité sismique et le risque de tsunami, la hausse du niveau de la mer, les phénomènes dépressionnaires qui devraient s'accroître, conjugués à un flux migratoire qui ne semble pas se stopper, auront des effets renversants sur le territoire, et sur les populations les plus précaires.

Ce travail est donc l'aboutissement d'une recherche essentiellement qualitative permettant de révéler les problèmes de cette île où les recherches en sciences physiques et sociales sont relativement moins importantes que d'autres départements d'Outre-Mer. Ils seraient intéressant d'y amener une recherche davantage quantitative, au contact d'une méthodologie basée sur la vulnérabilité en prenant compte les spécificités du territoire mahorais.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alcantara-Ayala I.**, 2002, Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology*, 47, p. 107-124.
- Arnell G.**, 2018, *Risques naturels majeurs : urgence déclarée outre-mer*, Rapport d'information n°688 (2017-2018) fait au nom de la délégation sénatoriale aux outre-mer, 224 p.
- Audru J-C., Bitri A., Desprats J-F., Mathon C., Maurillon N., Sabourault P., Terrier-Sedan M., Sedan O.**, 2002, Projet « Risques naturels et érosion » à Mayotte : résultats d'année 1, *Rapport BRGM/RP-51738-FR*, 96 p.
- Audru J-C., Maton C., Desprats J-F., Sabourault P., Guillobez S.**, 2003, Formations superficielles et aléas naturels à Mayotte, *Revue officielle Géologues*, 137, 7 p.
- 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., Zomette N.**, 2004, Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. *Rapport BRGM/RP-53037-FR*, 83p.
- Audru J-C., Guennoc P., Thinon I., Abellard O.**, 2006, Bathymay : la structure sous-marine de Mayotte révélée par l'imagerie multifaisceaux. *Comptes Rendus Geosciences*, 338, p. 1240-1249.
- Audru J-C., bitri A., Desprats J-F., Dominique P., Eucher G., Hachim S., Jossot O., Mathon C., Nédellec J-L., Sabourault P., Sedan O., Stollsteiner P., Terrier-Sedan M.**, 2010, Major natural hazards in a tropical volcanic island : A review for Mayotte Island, Comoros archipelago, Indian Ocean, *Engineering Geology*, 114, 3-4, p 364-381.
- Banque Mondiale.**, 2008, *Gérer les risques naturels, réduire les risques liés au développement*, Association Internationale du Développement (IDA), 10 p.
- Barbey A.**, 2009, Les migrations comoriennes dans l'Ouest de l'Océan indien. *Hommes et migrations*, 1279, p. 154-164.
- Buisson B (coor.), Gautier M., Liger A.**, 2015, Audit de la mise en œuvre de la politique nationale de prévention des risques naturels et technologiques à Mayotte. Conseil général de l'environnement et du développement durable et Conseil Général de l'Economie, 68 p.
- Choay F., Merlin P.**, (dir.), 2015, *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, Presses universitaires de France, 839 p.
- Damon J.**, 2017, Un monde de bidonvilles. Migrations et urbanisme informel, Seuil, La république des idées. *Population*, 73 (2), p. 411-413.

- Dauphiné A.**, 2004, Réflexions préliminaires sur les vulnérabilités analytiques et synthétiques, in Veyret Y., Garry G. et Meschinot de Richmond N. (dir.). *Risques naturels et aménagement en Europe*. Armand Colin, Paris, p. 68-71.
- Dauphiné A., Provitolo D.**, 2013, La prévention des risques de catastrophe, in Dauphiné A., Provitolo D., *Risques et catastrophes*, Armand Colin, Paris, p. 284-337.
- D'Ercole R., Dollfus O., Thouret J-C., Aste J-P.**, 1994, les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie et modes d'analyse. *Revue de Géographie Alpine*, 82, 4, p. 87-96.
- D'Ercole R., Metzger P.**, 2005, Repenser le concept de risque pour une gestion préventive du territoire. *PANGEA*, 43/44, p. 19-35.
- Drouet F.**, 2011, *Evaluation de la vulnérabilité humaine et structurelle d'un territoire face au risque tsunami : l'île de Petite Terre (Mayotte)*, Mémoire de recherche, GCRG, Université Montpellier 3 Paul Valéry, 117 p.
- Gaillard J-C.**, 2007, De l'origine des catastrophes : phénomènes extrêmes ou âpreté du quotidien ? *Natures Sciences Sociétés*, 15, 1, pp. 44-47.
- Genay V., Merceron S.**, 2017, 256 500 habitants à Mayotte en 2017. La population augmente plus rapidement qu'avant, *INSEE Focus*, 105, 8 p.
- Gerbeau F., Grisot S., Motta C., Sobotova.**, 2015, Vu d'ailleurs : la fabrique populaire de la ville, *Revue Projet*, 348 (5), p 57-67.
- Girard V.**, 2014, Le logement social à Mayotte : l'action publique en tension dans le cinquième département d'outre-mer, *Revue française des affaires sociales*, p. 50-71.
- Graviou P.**, 2006, *Curiosités géologiques de Mayotte*. Editions BRGM/ BAOBAB, 96 p.
- Hachimi Alaoui M., Lemercier E., Palomares E., 2019**, Les « décasages », une vindicte populaire tolérée, *Plein droit*, 120, p. 20-23.
- Hallegate S., Vogt-Schilb A., Bangalore M., Rozenberg J.**, 2017, *Unbreakable : Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. Climate Change and Development Series. Washington, DC : World Bank, 201 p.
- Halidi A., Poncet A., Letondeur F.**, 2019 *L'habitat insalubre à Mayotte, évolution et constat d'une urbanisation sans urbanisme*, Projet tutoré, Licence SIGDAT, Université de Caen Normandie, 35 p.
- Hardy S., Sierra A.**, 2005, Territoire et acteurs des risques « naturels » en Amérique latine : les cas des villes de Managua (Nicaragua) et de Quito (Equator). *Bulletin de l'association de géographes français*, 82, p. 85-95.

- Jeanson M.**, 2009, *Morphodynamique du littoral de Mayotte. Des processus au réseau de surveillance*. Thèse de Doctorat, Université du littoral côte d'Opale, Dunkerque, 347 p.
- Jourdain T., Maurillon M., Mouron R.**, 2002, *Approche géologique et hydrogéologique des ensembles volcaniques de Grande-Terre*, rapport BRGM/RP-52193-FR, 111 p.
- Lalanne M.**, 2016, *Océan Indien, mayotte : patrimoine du 20^e siècle, une architecture mahoraise*, Direction des affaires culturelles, Les patrimoines cachés, Mamoudzou, 61 p.
- Lamberti O.**, 26/09/2017, *Mayotte relève le défi de recenser sa population dans les bidonvilles*, Ladepeche.
- Lavigne F.(dir), Sahal A., Coquet M., Wassmer P., Goett H., Leone F., Péroche., Lagahé E., Gherardi M., Vinet F., Hachim S., Drouet F., Quentel E., Loevenbruck A., Schindelé F., Hébert H., Anselme B., Durand P., Gaultier-Gaillard S., Pratlong F., Divialle F., Morin J.**, 2012, *Prévention et Recherche Pour l'Atténuation du Risque de Tsunami dans l'Océan Indien (Réunion-Mayotte) (PREPARTOI)*, Rapport final, Fondation MAIF, Université Paris 1, 257 p.
- Lavigne F., Sahal A. (coord.)**, 2012, PREPARTOI. Rapport final, Fondation MAIF, Université Paris 1. Chapitre 3 : La planification de la gestion de crise Tsunami, p. 189- 209.
- Leone F.**, 2004, Une approche quantitative de la cartographie des risques naturels : application expérimentale au patrimoine bâti de la Martinique (Antilles françaises), *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 10, 2, p.117-126.
- Leone F.**, 2014, *Atlas des risques naturels et des vulnérabilités territoriales de Mayotte*, Presses Universitaires de la Méditerranée, Géorisques, 170 p.
- Lévy J., Lussault M.**, 2003, Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. Belin, 1128 p.
- Math A., Duflo M.**, 2019, Fantômes et réalités démographiques, *Plein droit*, 120 (1), p. 16-19.
- Ministère des outre-mer., Ministère de la Cohésion Sociale et des Territoires.**, 2019, *Conclusions de la conférence logement en outre-mer. Dossier de Presse*. 12 p.
- Motte E.**, 2002, *Les opérations de Résorption de l'Habitat Insalubre à Mayotte*, Rapport de stage, DESS : Ville, Politiques de la Ville, Interventions Sociales, Université de Caen, 93 p.
- Nagarajan R., Roy A., Vinod Kumar., Mukherjee A., Khire M-V.**, 2000, Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58 (4), p 275-287.
- Ninon J.**, 2007, La dynamique urbaine à Mayotte : l'étalement et la périphérisation » des centres petits-terriens, *Les cahiers d'Outre-Mer*, 240, p. 305-318.
- Oppermann A., Jaouen T.**, 2010, Dossier Départemental des risques Majeurs (DDRM) de Mayotte. Rapport BRGM/RP-58626-FR, 147p.

- Pigeon P.**, 2005, *Géographie critique des risques*. Economica, Paris, 217p.
- Raunet M.**, 1992, *Ile de Mayotte (Archipel de Comores, Océan Indien) : les facteurs de l'érosion des terres et de l'envasement du lagon*. CIRAD, Montpellier, 91 p.
- Reghezza M.**, 2006, La vulnérabilité : un concept problématique in Leone F. et Vinet F. (dir.). *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques-Géorisques*. Publications de l'Université Paul-Valéry-Montpellier 3, 1, p. 35-40.
- Reghezza-Zitt M.**, 2016, *Des hommes et des risques. Menaces locales, menaces globales*. Documentation photographique, Les dossiers, n°8113, 64 p.
- Rufat S.**, 2017, Comment analyser la vulnérabilité aux inondations ? Approches quantitatives, qualitatives, francophones et anglophones. *Annales de Géographie*, n°715, p. 287-312.
- Schmit P.**, 2012, *Rénovation urbaine et habitat indigne dans les DOM*. Rapport du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable(CGEDD), 150 p.
- Texier P.**, 2009, *Vulnérabilité et réduction des risques liés à l'eau dans les quartiers informels de Jakarta. Réponses sociales, institutionnelles et non institutionnelles*. Thèse de Doctorant de Géographie, Université de Paris-Diderot (paris 7), 455p.
- Thouret J-C., d'Ercole R.**, 1996 Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. **Cahier des Sciences Humaines**, 32 (2), p. 407-422.
- Torre H.**, 2006, *Logement en outre-mer : passer du discours à la réalité*, Commission des Finances et du contrôle budgétaire et des comptes économiques de la Nation du Sénat, p 87.
- Veyret-Mekdjian Y.**, 2001, Géographie des risques naturels, *Documentation photographique-La Documentation Française*, 8023, 64 p.
- Veyret Y (dir.)**, 2003, *Les risques*, SEDES, Paris, 255 p.
- Veyret Y.**, 2004, *Géographies des risques naturels en France. De l'aléa à la gestion*, Paris, Hatier, 251 p.
- Veyret Y.**, 2004, Les départements d'outre-mer, des terres à hauts risques, in Veyret Y., *Géographie des risques naturels en France*, Hatier, Paris, p. 89-96.
- Veyret Y., Reghezza M.**, 2006, Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité. *Responsabilité et Environnement*, 43, p. 9-14.

LISTE DES ACRONYMES

- AFD** : Agence Française de Développement
- BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- CPER** : Contrats de plan Etat-région
- CVH** : Cellule de Veille Hydrologique
- DAF** : Direction de l'Agriculture et des Forêts
- DEAL** : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement
- DICRIM** : Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs
- DROM** : Département et Région d'Outres-Mer
- FEDER** : Fonds Européen de Développement Régional
- IDA** : Association Internationale du Développement
- IEDOM** : Institut d'Emission des Départements d'Outre-Mer
- INSEE** : Institut National de la Statistique et des Études Économiques
- PADD** : Plan d'Actions pour le Développement Durable à Mayotte
- PCLHI** : Plan Communal de Lutte contre l'Habitat Indigne
- PCS** : Plan Communal de Sauvegarde
- PILHI** : Plan Intercommunal de Lutte contre l'Habitat Indigne
- PLU** : Plan Local d'Urbanisme
- PPRN** : Plan de Prévention des Risques Naturels
- ORSEC** : Organisation de la Réponse de Sécurité Civile
- RHI** : Résorption de l'habitat insalubre
- SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- SIDPC** : Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles
- SIG** : Système d'Information Géographique
- TOM** : Territoire d'Outre-Mer

TABLE DES FIGURES

Figure 1-1: Éléments de localisation et présentation du territoire de Mayotte	8
Figure 1-2: Carte schématique des grands ensembles géologiques et des structures tectoniques supposées de Mayotte (d'après Jeanson, 2009).....	10
Figure 1-3: Quelques unités morphostructurales caractéristiques de l'île de Mayotte.....	11
Figure 1-4: Schéma général des circulations atmosphériques (modifié d'après Raunet, 1992).....	12
Figure 1-5: Hauteurs des précipitations à la station de Pamandzi, du 1 ^{er} au 31 avril 2019 (d'après Météo France, 2019)	13
Figure 1-6: A et B.Diagrammes ombrothermiques de deux stations de référence (normales 1981-2010 source Météo France Mayotte) ; C. Cartes des précipitations moyennes annuelles sur la période 1981-2010	14
Figure 1-7: Exemple de montée rapide des eaux. La rivière La Gouloué le 21 mars 2019 (A), et le 25 mars 2019 (B) suite à un épisode pluvieux d'environ 30 minutes (clichés : M.Tudoce, mars 2019)..	15
Figure 1-8: Cartographie des épïcêtres ayant une magnitude supérieure à 4, du 10 mai 2018 au 24 juin 2019 (USGS, consultée en juin 2019)	19
Figure 1-9: Les principaux traits morphologiques du secteur de Mamoudzou.....	20
Figure 1-10: Présentation du secteur d'étude.....	21
Figure 1-11: Localisation des mouvements de terrains répertoriés sur le secteur étudié (d'après BdMvt)	22
Figure 1-12: (A). Glissement de terrain à Passamainty suite aux fortes pluies de la nuit du 15 au 16 janvier 2018 (B). Inondation de la Route Nationale à Tsoundzou 1 suite à un épisode orageux en octobre 2013 (Clichés : Le Journal de Mayotte).....	22
Figure 1-13: Événement historiques recensés sur les villages de Tsoundzou 1 et Passamainty (Opperman, 2010).....	23
Figure 2-1: Organisation schématique de l'approche adoptée de la vulnérabilité (d'après Gaillard, 2007).....	27
Figure 2-2: Tableau récapitulatif des données utilisées pour l'analyse diachronique de l'étalement urbain des villages de Passamainty et Tsoundzou 1.....	29
Figure 2-3: Schéma méthodologique pour l'étude cartographique de l'évolution du bâti.....	30
Figure 2-4: Evolution de la population des villages de Mamoudzou entre 1997 et 2017 (INSEE)	31
Figure 2-5: Mise en évidence de l'évolution du bâti des communes de Passamainty et Tsoundzou 1 entre 1989 et 2016 par analyse diachronique.....	32
Figure 2-6: Carte avec les différentes poches d'habitat insalubre sur le secteur étudié et analyse diachronique de l'évolution du bidonville de Mlimani/Vietnam sur le versant de la commune de Tsoundzou 1 entre 2003 et 2016 à partir des images aériennes de l'IGN orthorectifiées.....	34
Figure 2-7: L'habitat traditionnel mahorais, le nyumba-shanza (A : Lallanne, 2016) et le banga à usage touristique aujourd'hui (B : M.Tudoce, 2019).....	36
Figure 2-8: Typologie des différents habitats à Mayotte.....	38
Figure 2-9: Représentation du type de bâti (en dur ou insalubre) sur Tsoundzou 1 et Passamainty établie par photo-interprétation (d'après Halidi & al, 2019).....	39
Figure 2-10: Exposition du bâti aux différents aléas naturels sur Tsoundzou 1 et Passamainty : Analyse cartographique et quantitative.....	41
Figure 2-11: Représentation des pentes au niveau de Tsoundzou 1.....	43
Figure 2-12: Profils topographiques du village de Tsoundzou 1 (localisation des profils sur la Figure 2-11).....	43

Figure 3-1: Phase de prescription des PPR et état d'avancement en 2019 (source :DEAL Mayotte)	50
Figure 3-2: Exemples de documents informatifs sur la sensibilisation aux risques naturels, un livret à visée pédagogique sur le cycle cyclonique (A) et un flyer pour un spectacle de théâtre sur les risques inondations (B) (Sources : DEAL Mayotte).....	52
Figure 3-3: Comparaison entre un quartier sans procédure de RHI (A :M.Tudoce, 2019) et une avec RHI (B : Schmit, 2012)	54
Figure 3-4: Interventions face aux phénomènes de mouvements de terrain, gabion sur la RN1 au Nord de Mamoudzou (A) et mur de pneus à l'entrée Nord de Tsoundzou 1 (B) (Clichés : M.Tudoce, 2019)	56
Figure 3-5: Utilisation de pneus en guise de soutènement dans le bidonville de Mlinami à Tsoundzou 1 (Clichés : M. Tudoce, 2019)	58
Figure 3-6: Conséquences de la mauvaise gestion des risques inondations à Mayotte suite à un phénomène dépressionnaire (Clichés : M.Tudoce, 2019)	59

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire.....	1
Remerciements.....	2
Résumés.....	3
Introduction générale.....	5
1. Mayotte : un territoire propice aux aléas naturels.....	7
1.1. Situation géographique.....	7
1.2. Un milieu physique difficile	9
1.2.1. Contexte géologique et géomorphologique : une évolution volcanique ancienne	9
1.2.2. Contexte climatique et hydrologique.....	12
1.2.2.1. Un climat tropical humide.....	12
1.2.2.2. Caractéristiques hydrologiques.....	15
1.3. Un territoire soumis à différents types d'aléas naturels.....	16
1.3.1. Aléas générés par la saison des pluies.....	16
1.3.1.1. Le risque inondation	16
1.3.1.2. Le risque cyclonique	17
1.3.1.3. La susceptibilité aux glissements de terrain.....	17
1.3.2. Aléas générés par des processus internes	18
1.3.2.1. Une activité sismique de plus en plus redoutée	18
1.3.2.2. Une menace réelle : le tsunami	19
1.4. Précision sur le secteur pris en compte pour l'analyse de la vulnérabilité.....	20
1.5. Conclusion de la partie 1.....	24

2. Analyse de la vulnérabilité : exemples appliqués sur deux villages du sud de l'aire urbaine de Mamoudzou	25
2.1. Apports théoriques de la vulnérabilité	26
2.1.1. Éléments de définitions	26
2.1.2. L'approche adoptée dans ma recherche et ses limites	27
2.2. La pauvreté : vecteur des vulnérabilités.....	28
2.2.1. Une croissance urbaine importante	28
2.2.1.1. Méthodologie appliquée.....	28
2.2.1.2. Evolution de l'étalement urbain	30
2.2.1.3. Le phénomène migratoire.....	33
2.2.2. Impacts socio-économiques de la croissance urbaine.....	35
2.2.3. La mauvaise qualité du bâti	35
2.2.3.1. Evolution des modes d'habitat	35
2.2.3.2. Diagnostic de l'habitat précaire actuel	39
2.2.4. Une exposition accrue des quartiers insalubres	40
2.3. Conclusion et discussion de la partie 2	44
3. La gestion du risque à Mayotte : un défi majeur pour les quartiers insalubres	45
3.1. Les acteurs de la gestion du risque : une fragilité constatée.....	46
3.2. La prévention : un outil pour réduire la vulnérabilité des territoires.....	49
3.2.1. La prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire	49
3.2.2. L'information réglementaire.....	51
3.2.3. Une politique de l'habitat.....	53
3.2.4. Interventions et aménagements afin de limiter le risque	56
3.3. Conclusion et perspectives d'évolution.....	60
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	61

<i>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	62
<i>LISTE DES ACRONYMES</i>	66
<i>TABLE DES FIGURES</i>	67
<i>TABLE DES MATIÈRES</i>	69
<i>ANNEXES</i>	72

ANNEXES

Facteurs	Pente	Hauteur d'escarpement admissible	Hydrologie proximité ravine, sources	Indices		Facteurs aggravants: érosion, végétation sur barre rocheuse, remobilisation de blocs	Aléa	Qualification aléa
				Bourrelet, mou- tonnement, arrachement, fissure... (*)	Niveau de fracturation, sous ca- vage, ou- verture des fractures, présence de blocs dans le ver- sant..			
1 – Matériaux remaniés Alluvions, Remblais médiocres Colluvions	< 10°		oui				Faible à modéré	Glissement
	10 à 20°	3 m	non	non	non	non	Faible à modéré	Glissement
	20 à 25°	3 m	oui / non	non	non	non	Moyen	Glissement
	> 25°		oui / non	oui / non	oui / non	Oui/non	Fort	Glissement
2 – Matériaux meubles Allotrite, altérites évoluées (matrice prépondérante), pyro- clastites et cinérites non indurées, brèches non indurées remblais de bonne qualité	10 à 20°	5 m	non	non	non		Faible à modéré	Glissement domi- nant
	20 à 30°	5 m	oui / non	non	non	non	Moyen (**)	Glissement
	> 30°		Oui/non	Oui/non	Oui/non	Oui/non	Fort	Glissement domi- nant
3 – Matériaux meubles Argilites: Kaolinites ou argiles d'altération	< 10°	3 m	oui	non	non		Faible à modéré	Glissement domi- nant
	10 à 20°	3 m	non	non	non	non	Moyen	Glissement domi- nant
	> 20°		Oui/non	Oui/non	Oui/non	Oui/non	Fort	Glissement domi- nant

	15 à 25°	5 m	Oui/non	non	Pas de blocs > 5 m ³	Oui/non	Faible à modéré	Phénomène mixte (selon observations terrain)
4 – Matériaux raides Altérites à roches majoritaires, pyroclastites ou autres brèches indurées	25 à 35 °	5 m	Oui/non	non	Oui/non	non	Moyen	Phénomène mixte (selon observations terrain)
	> 35°		Oui/non	Oui/non	Oui/non	Oui/non	Fort	Phénomène mixte (selon observations terrain)
	Blocs dans la pente - < 26°				Vol < 1 m ³	Oui/non	Moyen (**)	Chute de bloc
5 – Matériaux rocheux Basalte, phonolite, Téphrite, Néphéline	Bloc dans pente > 26 °				Vol > 1 m ³	non	Moyen si purge suffisante, fort si autre parade	Chute de bloc
	Barre rocheuse, falaises	> 5 m			Oui/non	Oui/non	Moyen (1) Fort (2) (***)	Chute de bloc

L'indication « non » dans une case signifie que ce facteur doit être absent pour que l'aléa soit qualifié selon la dernière colonne de la ligne, si le facteur est présent alors l'aléa est surclassé d'un niveau.

L'indication « oui » dans une case signifie que ce facteur doit être présent pour que l'aléa soit qualifié selon la dernière colonne de la ligne, si le facteur est absent alors l'aléa est déclassé d'un niveau.

L'indication « oui/non » dans une case signifie que ce facteur peut être présent ou absent ; il ne modifie pas le niveau d'aléa

(*) Toute zone présentant un glissement déclaré est qualifiée en aléa « Fort » quel que soit les autres critères

(**) La remobilisation de blocs dans un versant peut généralement être traitée par des ouvrages modestes et/ou des purges. Les exceptions sont à justifier.

Classe 5 : les distances de propagation sont évaluées selon la méthode des angles limites :

(1) angle de 26° depuis le haut de la zone de départ

(2) angle de 32° depuis le haut de la zone de départ

(3) (***) cette méthodologie des angles limites est valable uniquement pour les configurations propices (s'applique pour des barres rocheuses avec une pente en aval).