

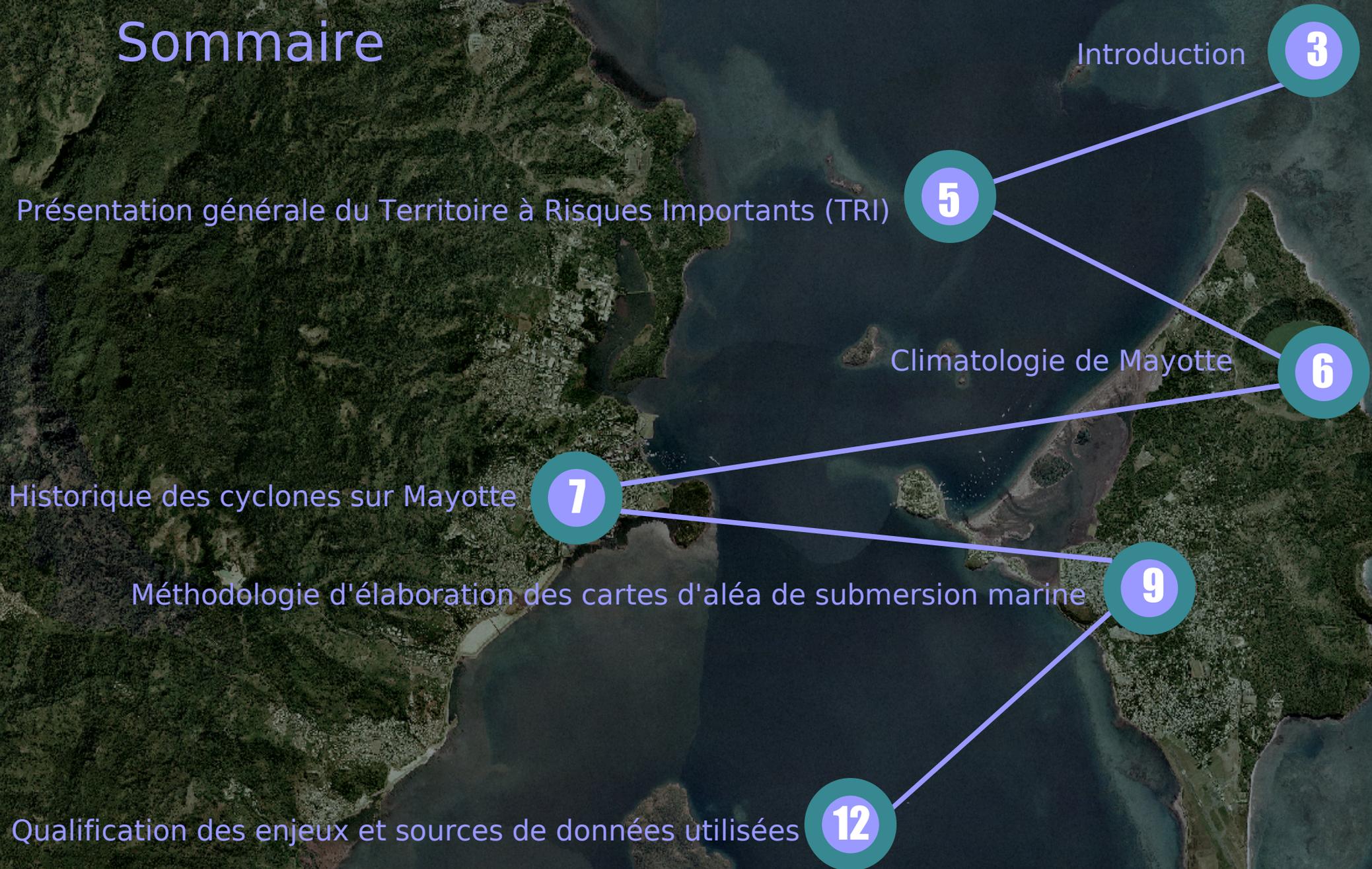


Inondation par submersion cyclonique sur Mayotte :

Rapport explicatif de la cartographie du Risque inondation sur le territoire à Risque important



Sommaire



Introduction

La directive européenne du 27 octobre 2007, relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, a été transposée en droit français par l'article 221 de la LENE (loi portant engagement national pour l'environnement) du 12 juillet 2010 et par le décret n°2011-227 du 2 mars 2011, qui modifie le code de l'environnement.

La mise en œuvre de cette directive inondation comporte les étapes suivantes réalisées pour chaque district sous l'autorité du Préfet coordonnateur de bassin :

- 1) Évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) : achevée en décembre 2011
- 2) Identification des Territoires à Risque Important d'inondation (TRI) : achevée à l'automne 2012.
- 3) Élaboration pour trois niveaux d'inondation (événements fréquent, moyen, extrême) des cartes des surfaces inondables, de synthèse et de risque d'inondation dans les TRI pour le 22 décembre 2013.
- 4) Élaboration des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) : pour le 22 décembre 2015.

Le PGRI définira pour chaque TRI les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations sur les enjeux humains, économiques, environnementaux et patrimoniaux ainsi que les mesures à mettre en œuvre pour les atteindre.

Pour Mayotte, décision a été prise de ne retenir qu'un seul TRI pour l'ensemble de l'île en considérant que l'ensemble des communes est concerné par un aléa d'inondation par débordement de cours d'eau et/ou par submersion cyclonique et en mettant l'accent sur certaines zones ayant un enjeu fort (zones d'activités, zones à forte urbanisation...).

La présente étude concerne la troisième étape de la directive inondation sur le TRI de Mayotte.

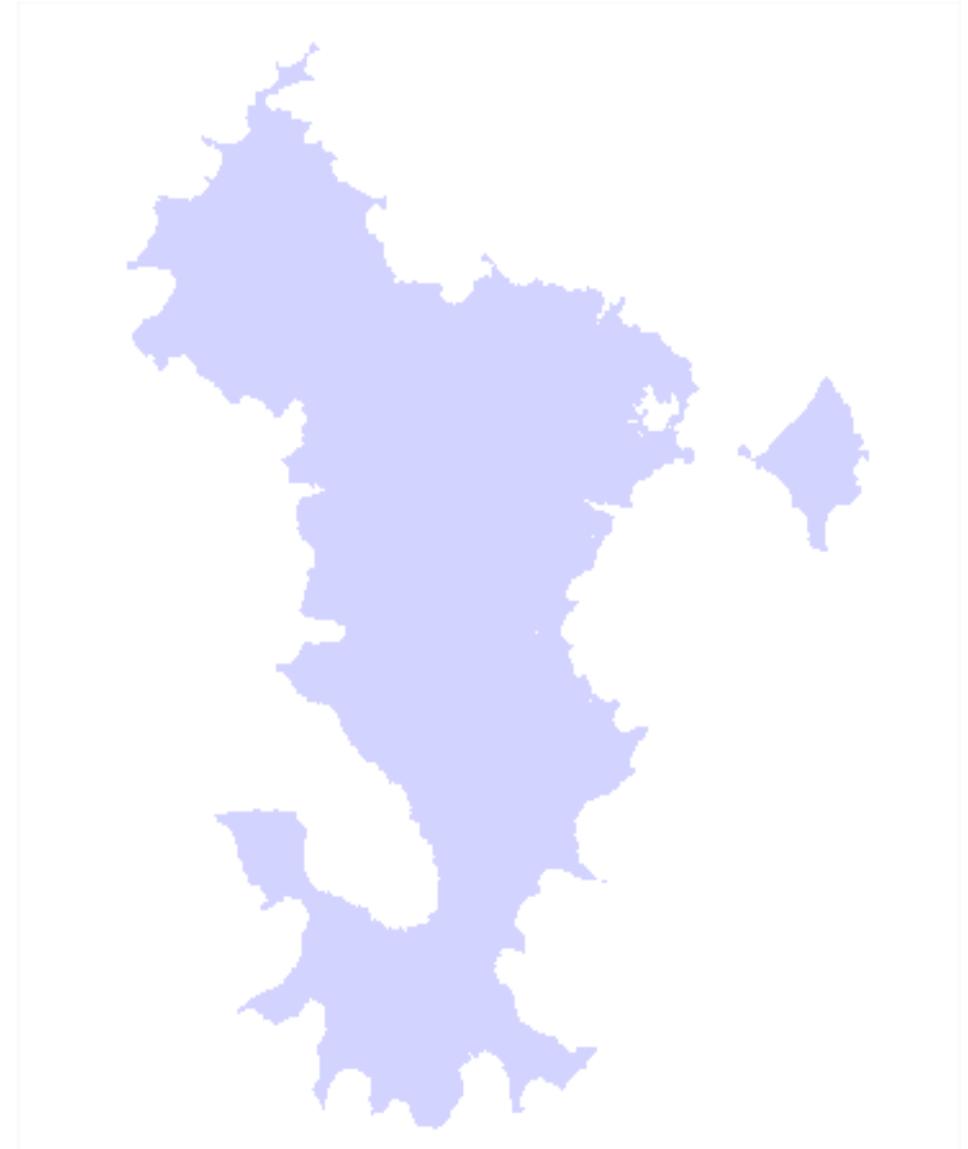
Celle-ci a pour objectif l'élaboration de cartographies des surfaces inondables, de synthèse des aléas et des risques pour le littoral mahorais exposé au phénomène de submersion marine.

Afin d'éclairer les choix à faire et partager les priorités, la connaissance des inondations sur les TRI doit être approfondie, en réalisant une cartographie des risques pour trois scénarios basés sur :

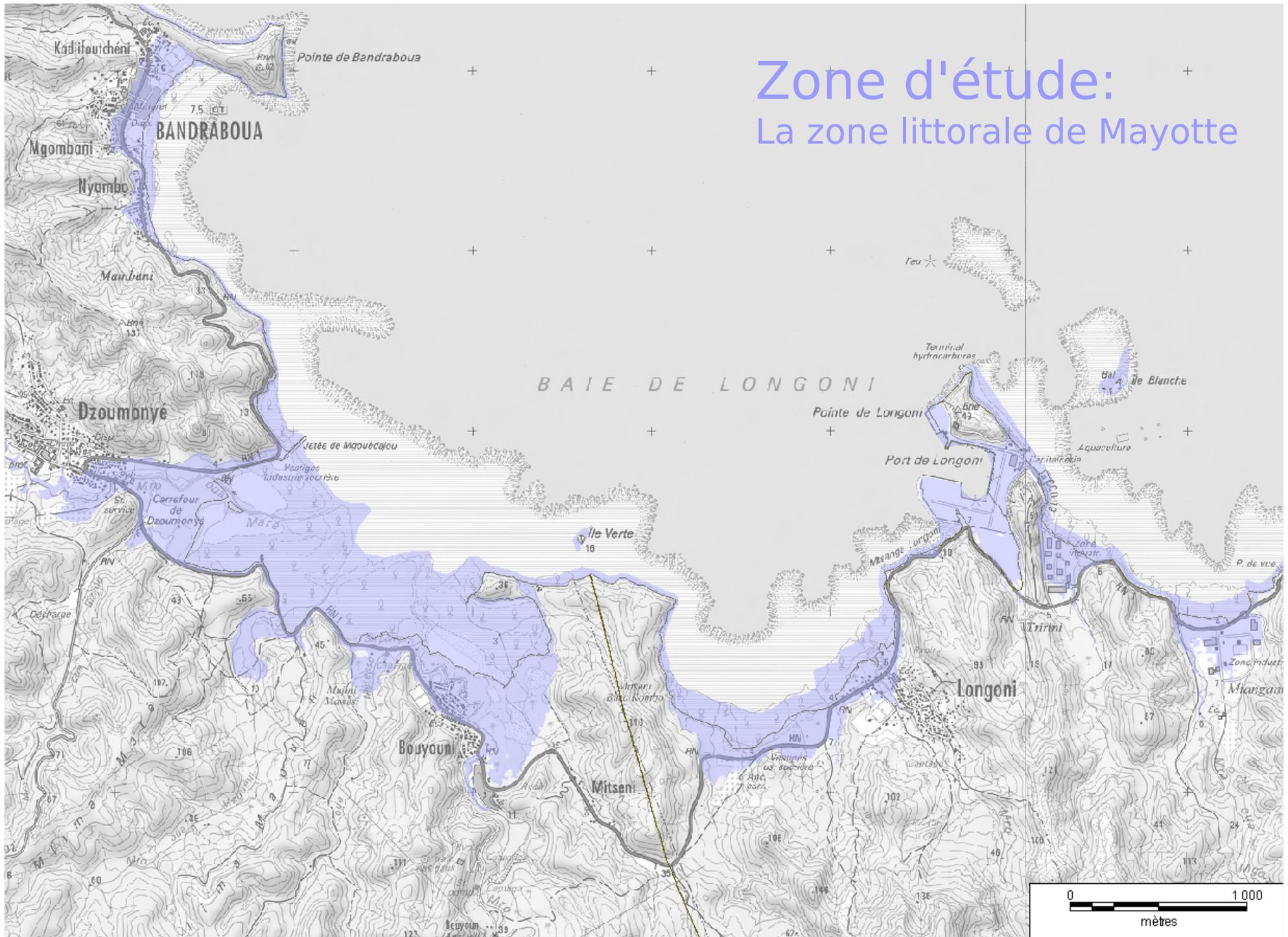
- les événements fréquents ;
- les événements moyens ;
- les événements exceptionnels.

C'est l'objet des cartographies présentées dans ce rapport .

Le TRI de Mayotte



Zone d'étude: La zone littorale de Mayotte



Présentation générale du territoire à Risques importants (TRI)

Topographie et occupation du sol

D'une superficie totale de 375 km², le territoire de Mayotte est composé de deux îles principales, Grande Terre (365 km²) et Petite Terre (10 km²), et d'une vingtaine d'îlots, séparés de la haute mer par un récif corallien de 160 km de long, isolant un lagon de 1 100 km².

Mayotte, la plus « ancienne » des îles qui composent géographiquement l'archipel des Comores, est d'origine volcanique. Elle présente une altitude moins élevée que les autres îles, en raison de l'action prolongée de l'érosion et de l'enfoncement du plateau. Cependant, le relief est très marqué et environ 63 % de la surface de Grande Terre se caractérisent par des pentes supérieures à 15 %.

Les rares espaces plats, propices à l'installation des hommes, sont contenus dans la mince bande littorale de l'île. Les plaines côtières principales sont la plaine de Dembeni, la plaine de Chirongui et la plaine de Mamoudzou-Kaweni. De plus, un grand plateau, entaillé de vallées parfois profondes, offre des terrains plats, depuis Combani jusqu'à Ouangani.

Ainsi, l'exiguïté de Mayotte offre peu de sols disponibles pour les activités humaines et constitue un facteur déterminant de l'occupation et de l'organisation du territoire.

C'est sur le quart nord-est de l'île que l'action humaine est la plus visible. La faible disponibilité de surfaces plates a poussé l'habitat à se développer sur des pentes de plus en plus fortes, et même, depuis peu, sur des crêtes jusque-là épargnées. Ces extensions sont caractérisées soit par de l'habitat précaire, soit par des opérations immobilières.

Aléas naturels

L'île est particulièrement contrainte par les phénomènes naturels propres aux îles volcaniques en régions tropicales. Depuis le début des années 2000, l'Etat, avec l'aide du BRGM, a identifié les aléas naturels suivants :

- glissements de terrains,
- chutes de blocs,
- inondations par débordement de ravines et de cours d'eau,
- inondations par le ruissellement urbain et la stagnation des eaux dans les points bas,
- inondations par la submersion marine consécutive au passage d'un cyclone,
- effets directs d'un cyclone (vent et pluies),
- effets d'un séisme.

En terme de surface, environ 90 % de l'île est concernée par un aléa (hors sismique qui, lui, couvre la totalité de l'île), dont près de 50 % de niveau fort.

Considérant les surfaces urbanisées, environ 10 % la population serait directement concernée par un aléa de niveau fort, tout type d'aléa confondu.

Cette situation contraint fortement l'urbanisation et l'occupation du sol. Précisons sur ce point que la présente évaluation ne vise qu'à étudier le risque inondation (débordement de cours d'eau, ruissellement et submersion marine). En conséquence, n'est pas abordée dans ce document la problématique mouvement de terrain, pourtant très présente sur l'île.

Climatologie à Mayotte

Mayotte est soumise à un climat de type tropical chaud, humide et maritime, caractérisé par des faibles variations de températures journalières et annuelles et des précipitations importantes (plus de 1500 mm par an en moyenne sur l'île).

Les deux principaux régimes de vents intéressants l'île sont le vent de mousson (chaud et humide, de nord à nord-ouest en été austral) et l'alizé engendré par l'anticyclone des Mascareignes (frais et sec, de sud-est en hiver austral).

En liaison avec ces 2 régimes de vents, deux principales saisons caractérisent l'année, l'une chaude et pluvieuse, l'autre plus fraîche et sèche ; elles sont séparées par deux intersaisons plus brèves.

- **Saison chaude et pluvieuse : été austral ou "kashkasini" de décembre à mars**

Les températures maximales avoisinent régulièrement 32°C et les minimales 21°C pendant la nuit. L'humidité s'élève à 85% et dépasse 95% pendant la nuit. Une vaste zone dépressionnaire qui correspond en latitude à l'équateur thermique, s'étend du centre de l'Afrique à Madagascar et sur l'océan Indien.

Au nord de cette zone dépressionnaire souffle le vent de nord appelé "Kashkasi". L'air qui parvient alors sur l'archipel a traversé l'équateur ; il est chaud et humide et bien que généralement calme, souffle parfois avec violence. C'est la Mousson.

Au sud, l'alizé, qui a soufflé sur les Comores tout l'hiver et vient des régions tempérées de l'hémisphère sud, n'intéresse plus l'archipel. La rencontre entre ces masses d'air différentes se traduit par une zone de convergence : la ZCIT (zone de convergence inter-tropicale). Cette zone apparaît le plus souvent comme une bande de 300 à 400 Km de large, orientée Ouest/Est, et qui se déplace lentement vers le nord ou vers le sud entre les deux tropiques, en suivant les oscillations de l'équateur thermique. Elle est souvent accompagnée de pluies, d'orages, de rafales de vent. Des dépressions tropicales qui peuvent atteindre le stade de cyclone tropical ("Daruba") peuvent se former au sud de cette ZCIT. Ces systèmes se déplacent ensuite de l'ouest vers le sud-ouest. Leur trajectoire et leur intensité sont sujets à de brusques variations, qui rendent les prévisions difficiles. Certaines de ces perturbations passent près de l'archipel des Comores, mais ne l'intéressent directement que rarement.

Les années 1984 et 1985 donnent avec le cyclone KAMISY et la dépression tropicale FELIKSA, deux exemples différents de comportement de perturbations ayant affecté directement Mayotte. La première caractérisée par la violence des vents observés au sol (148 Km/h) et la seconde par la forte intensité des pluies (plus de 200 mm en 24 h).

- **Saison froide et sèche : l'hiver austral ou "kussini", de juin à septembre**

La ZCIT est au Nord de l'équateur, elle disparaît sur l'océan Indien par suite de l'appel d'air de sud-ouest provoqué par le réchauffement du continent asiatique (Mousson). Les anticyclones (zones de haute pression atmosphérique) passent au sud des Comores (25° à 30° de latitude sud) et se dirigent très lentement vers l'Est. Ils forment en cette saison une bande plus importante, souvent continue. L'air froid de l'hémisphère Sud se déplace dans les basses couches vers l'équateur, par impulsions qui empruntent souvent le canal de Mozambique, et parviennent parfois assez active sur les Comores. C'est le "Kusi". Les vents sont en cette saison très réguliers. Lors de cette saison, les températures minimales peuvent descendre jusqu'à 10°C à l'intérieur de l'île. Il n'est pas rare de voir plusieurs mois sans pluie ; c'est la sécheresse.

Historique des cyclones à Mayotte

Les influences tropicales et maritimes du climat exposent l'île de Mayotte à des risques cycloniques non négligeables lors de l'été austral (novembre à avril). Au cours de cette période, une vaste zone dépressionnaire s'étend du centre de l'Afrique à Madagascar et se déplace lentement vers le Nord ou vers le Sud entre les deux tropiques.

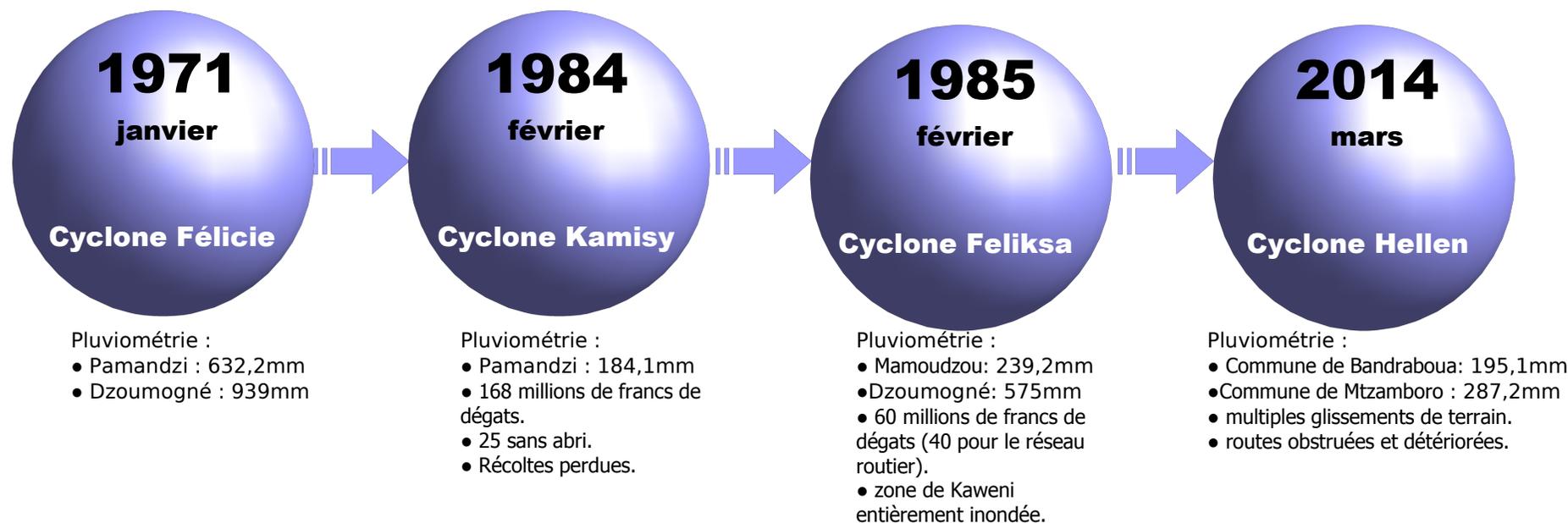
Des perturbations ou tourbillons violents, qui prendront, suivant leur intensité, le nom de dépressions tropicales ou de cyclones (« Daruba ») peuvent se former et toucher Mayotte. Les années 1984 et 1985 donnent avec le cyclone KAMISY et la dépression tropicale FELIKSA, deux exemples différents de comportement de perturbations ayant affecté directement l'île. La première caractérisée par la violence des vents observés au sol (148 km/h) et la seconde plutôt par la forte intensité des pluies (plus de 200 mm en 24 h). Au total, entre 1976 et 2002, Mayotte a été touchée par quatre cyclones et une dizaine de dépressions tropicales.

L'ensemble de l'île est concerné par ce risque majeur.

L'évolution du climat à l'échelle planétaire laisse de plus présager une augmentation de ces phénomènes extrêmes sous les climats tropicaux.

L'incidence des phénomènes météorologiques exceptionnels (cyclones, tempêtes tropicales) peut être très forte, notamment sur les zones littorales : action destructive de la houle et du vent, surcote marine (surélévation du niveau moyen du plan d'eau lors des tempêtes liée à la chute de la pression atmosphérique accompagnée de vents violents et de fortes houles), importants apports terrigènes de sédiments (envasement du lagon).

Selon le dossier des risques majeurs (Préfecture, 2004), dans les conditions extrêmes de cyclones tels que ceux de La Réunion, une surcote maximale de 3,6 m près du littoral est modélisée à laquelle se superpose une houle de 0,9 m ; cela augmenterait la hauteur de la marée du moment de 4,5 m. A noter que la dépression tropicale Feliksa (13-18 février 1985) qui sert d'événement de référence à Mayotte reste bien en deçà de ces estimations de surcote.



Historique des cyclones à Mayotte :

Cyclone Feliksa en février 1985 :



Cyclone Kamisy en février 1984 :



Qualification des scenarii d'inondation (1/3)

- **Principales caractéristiques des phénomènes**

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone littorale par la mer dans des conditions météorologiques défavorables. La submersion peut avoir lieu soit par débordement, lorsque le niveau marin est supérieur au terrain naturel ou au-delà de la crête des ouvrages, soit par franchissement de paquets de mer, et/ou par rupture du système de protection, lorsque les terrains à l'arrière sont sous le niveau marin. On peut aussi noter des inondations du littoral par remontée de nappe lorsque le niveau marin reste fort plusieurs jours.

- **Études et méthodes mobilisées**

La méthode choisie pour la cartographie est identique à celle retenue sur beaucoup de TRI, par exemple ceux de la façade méditerranéenne, à savoir la superposition d'un niveau marin statique à la topographie. Cette méthode permet d'appréhender de façon simple les zones soumises à la submersion marine.

Pour effectuer cette superposition et obtenir des classes de hauteur d'eau, le MNT sous forme de grille de pixels est classé en fonction des altitudes. Ensuite le raster classé et lissé est vectorisé. Les vecteurs sont aussi nettoyés de façon à ne plus avoir d'entités inférieures à 100 m².

Au niveau des fleuves côtiers, des zones inondables par submersion marine peuvent remonter vers l'amont de quelques kilomètres. Ces zones sont limitées aux berges des cours d'eau et n'ont volontairement pas été retirées de l'emprise submersion marine car elles renseignent sur l'influence de la condition aval (niveau marin) de ces cours d'eau.

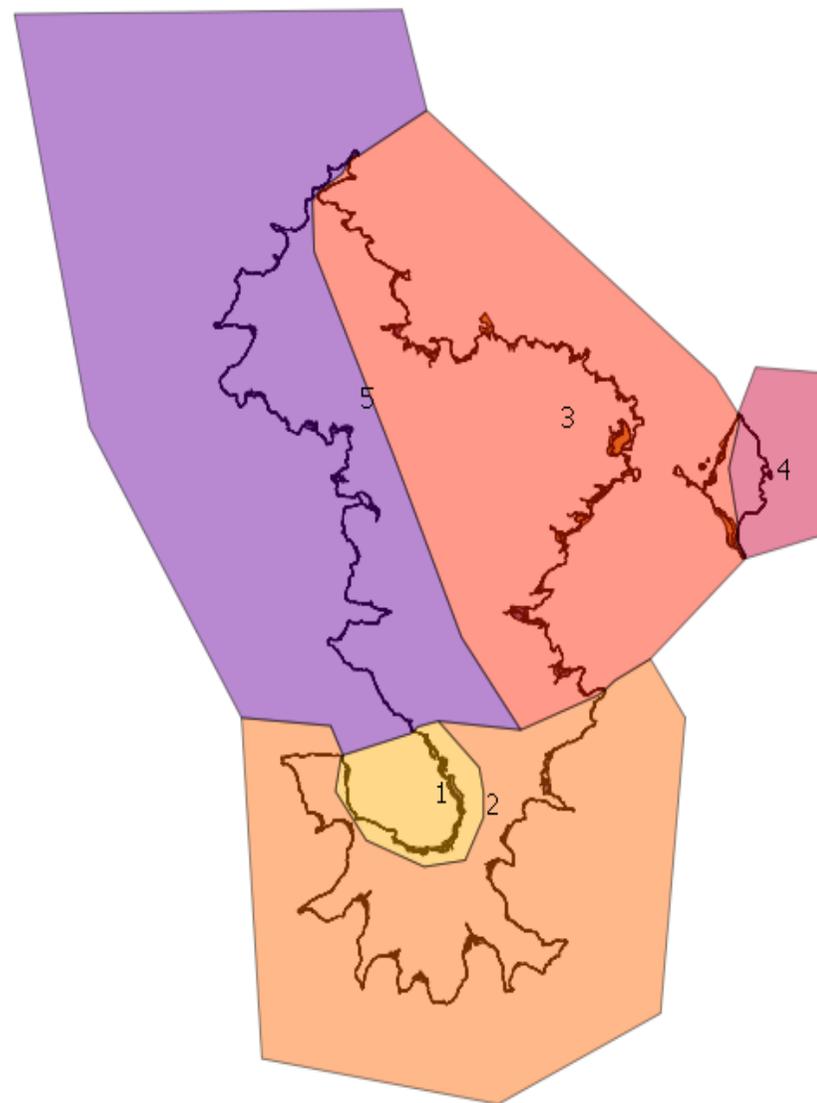
Le MNT utilisé pour ces traitements est le MNT de Mayotte levé par LIDAR en 2009.

- **Niveaux marins retenus**

Pour la définition des niveaux marins, nous avons considéré que le niveau des Plus Hautes Mer Astronomiques (coefficient 120) pouvait être retenu comme le niveau fréquent. Ce niveau PHMA est de 2,42 m NGM. Ce niveau est atteint presque chaque année en mer. Sa fréquence d'apparition à terre est par contre moindre. Ce niveau est retenu sur l'ensemble de l'île.

Pour les niveaux moyens et extrêmes, les données produites par le BRGM pour définir des cartes d'aléas forts et moyens sont exploitées. Mayotte a été séparée en secteurs homogènes en terme d'exposition (cf carte ci-après). Ils ont été déterminés à l'aide des valeurs obtenus à terre avec le cyclone Pseudo-Harry qui touche le littoral de façon maximale.

Ensuite pour chaque secteur le niveau moyen et extrême ont été estimés.



Qualification des scenarii d'inondation (2/3)

Le niveau moyen découle des niveaux à terre correspondant à la somme de la marée PHMA, les surcotes modélisées pour le cyclone Feliksa et le wave setup calculé à partir des houles cycloniques obtenues par Haugomat (2000). Ce wave set up est de 0,6 ou 0,9 m suivant le type de côtes.

Les statistiques sur chaque secteur sont les suivantes :

Zone	Mediane	Moy	Min	Max	Quantile 75%
1	3.6	3.6	3.3	3.9	3.7
2	3.6	3.6	3.2	3.7	3.6
3	3.5	3.6	3.2	4.2	3.8
4	3.6	3.5	3.4	3.7	3.6
5	3.6	3.6	3.3	3.9	3.6

Le niveau extrême découle des niveaux à terre correspondant à la somme de la marée PHMA, les surcotes modélisées pour le cyclone Pseudo-Harry et le wave set up calculé à partir des houles cycloniques obtenues par Haugomat (2000). Ce wave set up est de 0,6 ou 0,9 m suivant le type de côtes.

Les statistiques sur chaque secteur sont les suivantes :

Zone	Mediane	Moy	Min	Max	Quantile 75%
1	5.9	6.0	5.4	6.5	6.2
2	5.3	5.2	4.5	5.6	5.4
3	6.1	6.1	5.4	6.9	6.3
4	4.8	4.8	4.3	5.6	5.3
5	5.1	5.1	4.2	5.8	5.3

Pour chaque secteur le niveau maximum est retenu, que ce soit pour l'événement moyen ou extrême.

Le niveau moyen avec prise en compte du changement climatique est pris égal au niveau moyen plus 60 cm.

- **Ouvrages pris en compte**

Aucun ouvrage de protection contre la submersion marine n'a été pris en compte.

- **Cartographie de l'événement fréquent**

L'événement fréquent correspond à l'événement historique, ou causant les premiers dommages, de période de retour comprise entre 10 et 30 ans. Le niveau retenu est de 2,42 m NGM. Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 - 0.5 m d'eau
- 0.5 - 1 m d'eau
- 1 - 2 m d'eau
- > 2 m d'eau.

Qualification des scenarii d'inondation (3/3)

- **Cartographie de l'événement moyen**

L'événement moyen correspond à l'événement historique de période de retour comprise entre 100 et 300 ans. Le niveau moyen varie de 3,9 m à 4,2 m NGM suivant les secteurs. Il faut noter qu'une crue des fleuves côtiers concomitante à l'événement marin est probable et inondera les zones les plus étendues (plaines aval) cartographiées pour l'événement marin moyen.

Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 - 0.5 m d'eau
- 0.5 - 1 m d'eau
- 1 -2 m d'eau
- > 2 m d'eau

- **Cartographie de l'événement moyen tenant compte du changement climatique**

Une augmentation de 60 cm est appliqué au niveau marin de l'événement moyen. Le niveau marin varie de 4,5 à 4,8 m NGM.

Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 - 0.5 m d'eau
- 0.5 - 1 m d'eau
- 1 -2 m d'eau
- > 2 m d'eau

- **Cartographie de l'événement extrême**

L'événement extrême correspond à l'événement historique de période de retour supérieure à 1000 ans. Le niveau extrême varie de 5,6 m à 6,9 m NGM suivant les secteurs.

Il faut noter qu'une crue des fleuves côtiers concomitante à l'événement marin est probable et inondera les zones les plus étendues (plaines aval) cartographiées pour l'événement marin extrême.

Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 - 0.5 m d'eau
- 0.5 - 1 m d'eau
- 1 -2 m d'eau
- > 2 m d'eau

Qualification des enjeux et sources de données Utilisées (1/2)

L'article R. 566-7 du Code de l'environnement demande de tenir compte a minima des enjeux suivants :

- Le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés ;
- Les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée ;
- Les installations ou activités visées à l'annexe I de la directive 2010/75/ UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), qui sont susceptibles de provoquer une pollution accidentelle en cas d'inondation, et les zones protégées potentiellement touchées visées à l'annexe IV, point 1 i, iii et v, de la directive 2000/60/ CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;
- Les installations relevant de l'arrêté ministériel prévu au b du 4° du II de l'article R. 512-8 ;
- Les établissements, les infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public.

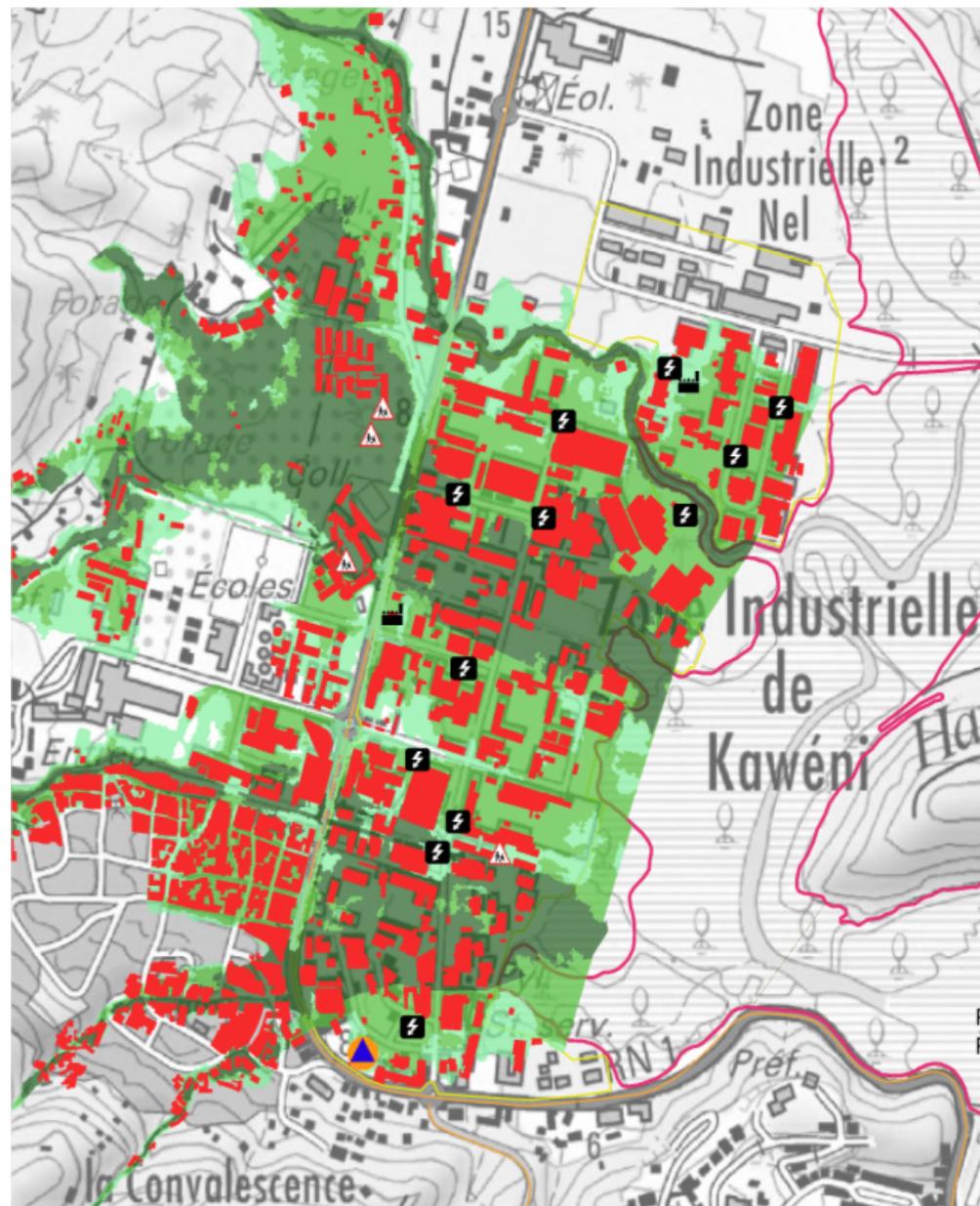
Conformément à cet article, il a été choisi de retenir les enjeux suivant pour la cartographie des risques du TRI :

1. Estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation de la population permanente présente dans les différentes surfaces inondables, au sein de chaque commune du TRI. Celle-ci a été établie à partir semi de point de l'EPRI qui utilise le bâti indifférencié de la bd TOPO et une donnée de population mahoraise infra-communale (la plus précise qui existe sur l'île) : la "population par village". Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.

2. Bâtiments dans la zone potentiellement touchée

Seuls les bâtiments dans la zone potentiellement touchée sont représentés dans les cartes de risque. Cette représentation est issue de la BDTopo de l'IGN. Ils tiennent compte de l'ensemble des bâtiments (habitations, bâtiments industriels, bâtis remarquables, ...).



Qualification des enjeux et sources de données Utilisées (2/2)

3. Types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit de surfaces décrivant un type d'activité économique inclus, au moins en partie, dans une des surfaces inondables. Cette information est issue de la BDTopo de l'IGN. Elle tient compte des zones d'activités commerciales et industrielles ainsi que des zones portuaires ou aéroportuaires.

4. Installations polluantes

Un type d'installation polluante est prise en compte : les IPPC.

Les IPPC sont les ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) les plus polluantes, définies par la directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), visées à l'annexe I de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles.

5. Patrimoine culturel

Il s'agit des lieux de cultes et des biens culturels, préservé, restauré, sauvegardé et accessible au public.

6. Établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public

Il s'agit des enjeux dans la zone potentiellement touchée dont la représentation est issue de la BDTopo de l'IGN. Ils ont été divisés en plusieurs catégories :

- les bâtiments utiles pour la gestion de crise (centres de décisions, centres de sécurité et de secours) référencés « établissements **utiles pour la gestion de crise** », sont concernés les casernes, les gendarmeries, les mairies, les postes de police, les préfectures, les installations d'eau potable ;
- les bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation, ils sont référencés dans : « **établissements pénitentiaires** », « **établissements d'enseignement** », « **établissements hospitaliers** » ;
- les réseaux et installations utiles pour la gestion de crise, ils sont référencés dans : « **aéroports** », « **routes, liaisons principales** » ;
- les établissements ou installations susceptibles d'aggraver la gestion de crise, ils sont référencés dans : « **transformateurs électriques** ».

ENJEUX

-  Transformateur électrique
-  Etablissement d'enseignement
-  Etablissement hospitalier
-  Etablissement utile à la gestion de crise
-  Aéroport
-  Etablissement pénitentiaire
-  Patrimoine culturel
-  Etablissement classé IPPC
-  Route liaison principale
-  Surface d'activité économique
-  Cimetières



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement

MAYOTTE

BARRET Patrice
Unité Risques Naturels
DEAL MAYOTTE
BP 109
97600 MAMOUDZOU
MAYOTTE