9

LES RISQUES ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Sources principales : BRGM, SAU, LDG, Météo France

9 LES RISQUES ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

La prévention des risques est une compétence du Territoire, tandis que les problèmes de sécurité civile sont de la compétence de l'Etat.

Les risques naturels constituent les principaux facteurs de risques pour les populations de Polynésie française, les risques technologiques étant très limités.

L'ensemble du territoire polynésien est exposé, à des degrés divers, à des aléas naturels tels que les mouvements de terrain, les inondations, la houle et les marées de tempête liées aux cyclones ainsi qu'aux tsunamis (raz de marée). L'aléa sismique est à priori négligeable et ne fait pas l'objet d'une prise en compte réglementaire. Ces événements ont, par le passé et jusqu'à récemment, été à l'origine de nombreux dommages. Depuis 1996, ils ont provoqué la mort de 24 personnes et plus de 25 milliards de francs de dégâts, dont 6 milliards, suite au passage du cyclone Oli sur Tubuai en particulier en 2010.

La législation des PPR (plans de prévention des risques) émane de ce constat et d'une volonté de renforcement de la prévention des risques naturels prévisibles. L'ensemble des communes de Polynésie dispose d'un PPR, mais un seul est applicable.

LES RISQUES NATURELS

En raison de sa situation géographique, du contexte climatique et géologique et de la morphologie des îles polynésiennes, toute la Polynésie française est concernée par les risques générés par les phénomènes naturels. Plus de la moitié de la population a déjà été confrontée à un phénomène naturel dangereux. Les 5 risques naturels présents en Polynésie sont : **les mouvements de terrain** (glissement, éboulement), **les inondations** (crue de rivière), **la submersion marine** (forte houle), **les cyclones** et **les tsunamis.**

Les principaux événements ayant affecté la Polynésie entre 1996 et 2013

	DATE	
Cyclones	2010	OLI
	2005	MEENA
	2001	RITA
	2000	KIM
	1998	BART
		ALAN
		URSULA
		VELI
		WES
	1997	PAM
		MARTIN
Tsunamis	2011	Marquises (Hiva Oa) après séisme du Japon
	2010	Marquises (Hiva Oa) après séisme au Chili
	1999	Marquises (Fatu Hiva) après éboulement d'une falaise
	1996	Marquises après séisme au Pérou
Mouvements de terrain	2013	Chute de blocs à Tahiti et Huahine
	2012	Huahine-Raiatea coulée de boue
	2011	Chute de blocs et coulée de boue à Tahiti - 1 victime
	2010	Chute de blocs à Tubuai et Tahiti
	2009	Chute de blocs à Tahiti
	2006	Eboulement/coulée de boue à Moorea et chute de blocs à Tahiti
	2003	2 écroulements vallée de la Punaruu
	2000	Glissement dans la vallée de la Tipaerui
	1999	Eboulement à Fatu Hiva
	1998	Coulées de boues à Raiatea
	De 1987 à 1999	6 glissements de terrain importants
Inondations	2013	Marquises (Hiva Oa) et Huahine
	2010	Tubuai et Tahiti
	2005	Marquises
	2004	Marquises (Nuku Hiva)
	1998	Raiatea, Tahaa, Huahine, Tahiti, crues dues au cyclone

Bien que peu marquées, les variations saisonnières mettent en évidence une saison chaude et pluvieuse de novembre à avril et une saison plus fraîche et relativement sèche de mai à octobre. La température annuelle moyenne varie entre 27°C aux Marquises et 21°C à Rapa au sud des Australes. Les pluies fortes et brutales, fréquentes pendant l'été austral et le relief très escarpé des îles volcaniques entraînent les débordements de rivières et les inondations. La structure géologique des îles hautes et la forte altérabilité des formations géologiques, favorisent les mouvements de terrain. Les atolls, généralement de faibles altitudes, sont très sensibles aux fluctuations du niveau de la mer et aux surcotes marines.

La forte croissance démographique des dernières décennies a contraint la population, essentiellement des îles du Vent et des îles Sous-le-Vent, à occuper des zones plus sensibles aux risques naturels : pentes raides, zones de réception de chutes de blocs, lits majeurs des rivières. Aidée par une mécanisation toujours plus puissante des moyens de terrassement. Cette urbanisation, souvent « sauvage », conduit à la multiplication de ces aménagements et à des interventions en zones sensibles : constructions et routes en montagne, sur des pentes de plus en plus fortes…

Des phénomènes météorologiques exceptionnels, tels que le cyclone Alan en 1998 ou Oli en 2010, ont mis en évidence les conséquences dangereuses de ces pratiques dans un milieu fragile.

LES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE

Prévention des tsunamis

Responsable du centre polynésien de prévention des tsunamis, le laboratoire de Géophysique (LDG), antenne du CEA, surveille l'activité sismique de la Polynésie française et du Pacifique et détecte les tsunamis.

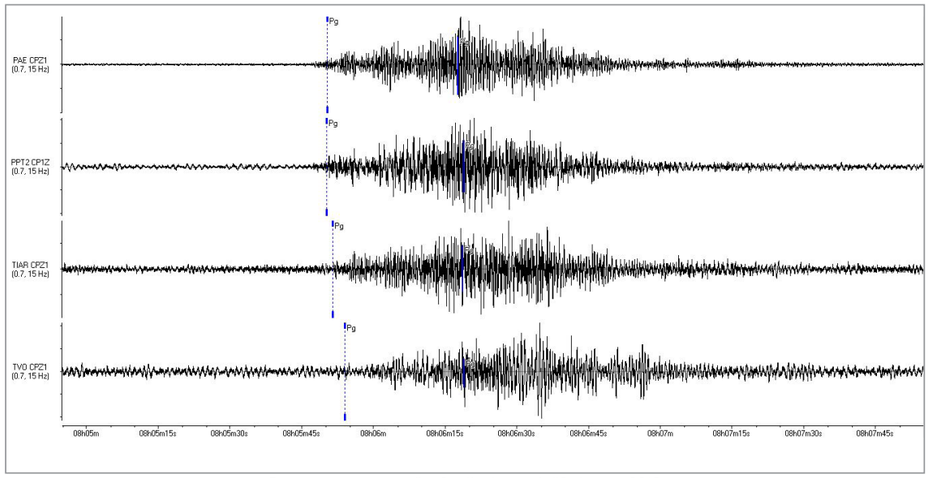
Dans le cadre de l'alerte et de la prévention des séismes, le Réseau Géophysique Polynésien (RGP) comprend actuellement une douzaine de stations sismiques, réparties sur les archipels de Polynésie française (Tahiti, Tubuai, Gambier, Rangiroa…). Le signal de période courte (origine locale) ou longue (pourtour du Pacifique) enregistré à Tahiti, est traité en temps réel pour localiser tout tremblement de terre qui pourrait donner naissance à des tsunamis et pour déclencher au besoin une alerte. Pour la mesure des tsunamis et donner la fin de l'alerte, un marégraphe a été installé à Hiva Oa, aux Marquises, parce qu'elles sont les îles les plus exposées. D'autre part, après un événement de ce type, le personnel du LDG se rend sur place pour mesurer les hauteurs d'eau atteintes ainsi que les distances de pénétration à terre afin d'affiner leurs modèles numériques et de vérifier leurs prévisions.

Depuis quelques années, les travaux du LDG se concentrent sur certaines zones pour affiner les modèles de prédiction, comme la piste de l'aéroport de Faa'a à Tahiti en 2012. La simulation d'anciens tsunamis ou de tsunamis possibles a permis la mise en place d'une chaîne d'alerte à l'aviation civile.
Pour les années à venir, le LDG travaille sur l'augmentation du nombre de zones avec des prévisions de l'aléa tsunami (prévision de la hauteur d'eau dans différentes vallées). La cartographie précise de Tahiti et des Marquises fera l'objet du prochain contrat de projet 2015-2017.

Les sismographes enregistrent également les chutes de grandes masses rocheuses de quelques centaines à quelques milliers de mètres cubes, sur Tahiti, Moorea, Nuku Hiva, Tubuai et les Gambier.

Suivi des risques

Depuis juillet 2002 et pendant 10 ans, le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM), établissement public de l'Etat, fut présent sur le Territoire pour réaliser les programmes ARAI (Aléas et Risques naturels, Information et Aménagement) relatif à la prévention des risques naturels. Ces programmes, gérés par le Service de l'Urbanisme



Enregistrement sismique d'un fort éboulement de l'Orohena en 2012.
Source : Laboratoire de Géophysique de Pamatai.

(SAU), visent à définir les zones à risques de la Polynésie française en étudiant les phénomènes naturels susceptibles d'affecter le territoire. La finalité principale en a été l'élaboration des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR).

Le SAU utilise les PPR pour l'attribution des permis de construire. Ses agents se déplacent - à l'image de ceux du LDG - lorsque des événements se produisent (glissements de terrain, chutes de blocs, inondations…) afin d'en mesurer l'impact et de les cartographier pour faire évoluer les cartes de PPR.

LES PROGRAMMES ARAI

ARAI 1, 2002-2006 : étude des aléas naturels et élaboration des plans de prévention des risques, subdivisée en 12 actions élémentaires.
ARAI 2, 2008-2010 : précisions de la cartographie des aléas à travers 8 actions thématiques (réglementation, base de données, zonages aléa mouvement de terrain, appui à maîtrise d'ouvrage pour l'aléa inondation, érodabilité du mamu…)
ARAI 3, 2010-2012 : optimiser la gestion du risque de submersion marine (tsunamis, surcotes et houles cycloniques, ouvrages et aménagements côtiers).

Source BRGM

LES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol et du sous-sol. Il est fonction de la nature et de la structure des couches géologiques. Il peut résulter d'un ou plusieurs facteurs déclenchant comme la sollicitation sismique, l'action de l'eau (modification des caractéristiques mécaniques des terrains après saturation en eau lors de fortes pluies, érosion liée aux écoulements) ; l'action de l'homme (terrassements, déforestation, extractions, rejets d'eau non contrôlés...) ; l'altération naturelle des terrains. Les formations volcaniques de Polynésie s'altèrent pour devenir des altérites (appelées mamu) qui se déstabilisent dès qu'elles sont saturées d'eau. Les phénomènes sont rapides et peuvent parcourir de grandes distances.

Chaque année, les îles hautes de Polynésie sont affectées à des degrés divers par un certain nombre de mouvements de terrain (glissements, éboulements, écroulements, chutes de blocs, coulée de boue…) qui occasionnent parfois des dégâts matériels et plus rarement des pertes humaines. Au cours des 20 dernières années, on dénombre des glissements aux conséquences désastreuses sur les îles de Tahiti, Moorea, Huahine, Raiatea ou Tahaa, ayant coûté la vie à plusieurs personnes et provoqué de très nombreux dégâts matériels.

Si ces mouvements de terrain font partie de l'évolution normale des îles hautes, les interventions humaines agissent souvent en facteur aggravant ou déclencheur de ces phénomènes. Deux facteurs contribuent à aggraver les conséquences des phénomènes de glissements de terrain et augmentent considérablement leurs probabilités d'occurrence :

- la modification de la morphologie généralement par terrassement. Cette cause fortement aggravante et devenue prépondérante à l'échelle de la Polynésie ;
- la modification des régimes d'écoulement des eaux, qui crée dans le sol des pressions qui déstabilisent les versants. Les origines de ces modifications sont multiples : imperméabilisation des surfaces (routes, parkings…), modifications des modes de cultures et des espèces végétales, surpression ou manque d'entretien des réseaux de drainage (superficiel ou profond), feux de forêts.

Par ailleurs, le remplacement d'espèces végétales endémiques, adaptées aux conditions pluviométriques et morphologiques locales, par des espèces

Copyright : H. Bopp

LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les glissements de terrain : déplacement d'une masse de terrain meuble ou rocheux le long d'une surface de rupture. Suivant la pente et la forme du terrain, on distingue les glissements plans et les glissements circulaires. Dans de nombreux cas, les glissements affectent des remblais mis en place dans des zones en pente, pour l'édification de routes et de bâtiments divers. Ils sont fréquents à l'intérieur des îles hautes aux reliefs escarpés et se produisent en général lors de fortes précipitations. Ces événements sont susceptibles de créer des embâcles représentant une menace pour les aménagements et les habitations situées en aval.

Les ruptures d'embâcles : un embâcle consiste en l'obstruction d'un cours d'eau par la formation d'une digue naturelle constituant ainsi une retenue d'eau en amont. La digue peut être constituée soit par des éléments solides (arbres et blocs) arrachés à l'amont et charriés par le cours d'eau, soit par obstruction du cours d'eau suite à un glissement de terrain. Les écoulements peuvent alors entraîner la rupture brutale de la digue et générer ainsi la propagation d'une onde de crue destructrice.

Les éboulements, chutes de blocs ou écroulements affectent les talus rocheux ou les falaises. Ce sont des phénomènes rapides mobilisant des éléments rocheux plus ou moins homogènes d'une pente abrupte. Les effondrements sont des désordres créés par la rupture du toit d'une cavité souterraine.

Les coulées de boue constituent le type de mouvement de terrain le plus liquide. Elles sont souvent provoquées par les pluies torrentielles et peuvent atteindre la vitesse de 90 km/h. Les crues peuvent charrier des volumes considérables de boue dense accompagnées de blocs (laves torrentielles). Elles ont un pouvoir destructeur plus important qu'une crue torrentielle de débit équivalent en raison essentiellement de la quantité de matériaux charriés ainsi que de la densité du fluide qui les transporte.

allochtones peut parfois contribuer à modifier les écoulements, les conditions hydriques ou la composante minéralogique des sols.

Le laboratoire de géophysique de Pamatai (LDG) détecte, grâce à son réseau de sismographes, les éboulements aériens de grande ampleur sur quelques îles. Selon les années, de 5 à plus de 40 événements sont ainsi enregistrés sur Tahiti. Les éboulements catalogués sont d'ampleur variée (de quelques centaines de m^3 au million de mGill Sans), mais le LDG ne peut pas pour l'instant quantifier précisément la masse rocheuse déplacée, à partir des enregistrements sismiques, ni la localiser très finement. Les agents du LDG préviennent l'entreprise Marama Nui responsable des usines hydroélectriques de Tahiti lorsqu'un éboulement est enregistré dans leur secteur afin qu'ils vérifient l'état des cours d'eau alimentant les installations. *Source : LDG 2014, Département Analyse et Surveillance de l'Environnement.*

Quelques événements

2011 : plusieurs chutes de blocs de taille importante se produisent à Tahiti, dans la vallée de Titioro ainsi qu'à Taina et Erima. Elles provoquent des dégâts matériels conséquents, 1 blessé et la mort d'une personne.

2012 : un glissement de terrain de milliers de mètres cube ensevelit une maison à Tahiti, un autre coupe la route de ceinture de la côte est sur une centaine de mètres. A Raiatea, un glissement de terrain provoque un éboulement et une coulée de boue suite à de fortes pluies, une route est emportée et plusieurs maisons détruites.

2013 : un bloc de plusieurs tonnes traverse une habitation à Tahiti après avoir dévalé la montagne, faisant des dégâts matériels.

LES INONDATIONS

Montées des eaux ou écoulements rapides dans des zones habituellement au sec, les inondations sont des phénomènes courants dans les îles hautes de Polynésie. Les événements les plus dévastateurs sont souvent associés à l'activité cyclonique. Plusieurs facteurs influencent le risque d'inondation : l'intensité des précipitations, le relief, l'occupation du sol (imperméabilisation des terrains), les surcotes marines.

Les reliefs escarpés du centre des îles hautes induisent des vitesses d'écoulement élevées. Par

Copyright : La Dépêche de Tahiti

Copyright : Tahiti infos

ailleurs, les plaines côtières, parfois larges, ne permettent pas une bonne évacuation des eaux. L'aménagement et l'urbanisation ont un impact majeur en modifiant les lits des cours d'eau, en aménageant les zones de divagation des rivières et en imperméabilisant les sols. L'imperméabilisation des terrains entraîne un accroissement des lames ruisselées mais surtout des vitesses de propagation des crues et une concentration plus rapide des écoulements.

Quatre types d'inondations sont susceptibles d'affecter les îles : les inondations dites « pluviales », « fluviales », les crues torrentielles et les ruptures d'embâcles.

Les inondations pluviales affectent les zones de dépression topographique et les zones planes (ou à pente très faible) où l'évacuation des eaux ne se fait que très lentement ; les plaines urbanisées sont également affectées lorsque l'état et la capacité du réseau des eaux pluviales ne permettent pas un bon drainage. Les niveaux d'eau sont d'autant plus importants que les sols sont imperméabilisés (urbanisés).

Les inondations par débordement des cours d'eau, crues torrentielles et coulées de boue affectent essentiellement les lits majeurs des cours d'eau et les zones voisines. A Tahiti, de nombreux cours d'eau ont été déviés de leur lit naturel au cours des quarante dernières années. Lors d'événements pluvieux importants, les cours d'eau déviés ont tendance à reprendre le cours de leur lit naturel, inondant alors les zones aménagées dans ces zones vulnérables.

Quelques événements

En 2010, la commune de Teahupoo à Tahiti a connu un éboulement et des inondations suite à de fortes pluies. A Paea également, ces pluies ont provoqué la sortie de son lit de la rivière Vaitupa et une coulée de boue qui a traversé de nombreuses maisons entraînant de gros dégâts matériels.

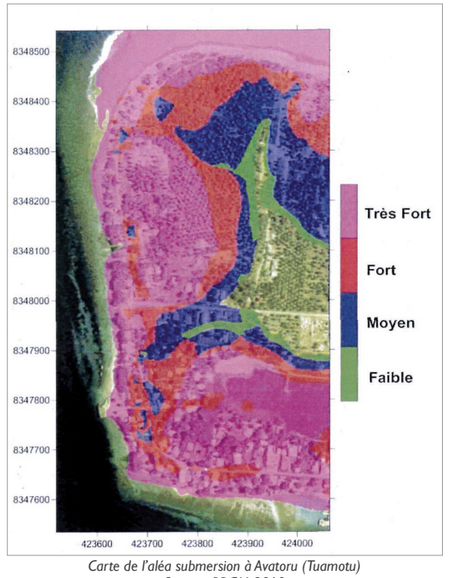
Un événement s'est produit à Hiva Oa aux Marquises en 2013, rassemblant quasiment tous les types d'inondations. Des pluies torrentielles ont provoqué un glissement de terrain emportant arbres, végétation et rochers dans les 2 rivières du village d'Atuona. La lave torrentielle formée est venue constituer un embâcle sous les ponts et a provoqué une inondation importante. Deux écoles ont été évacuées, la gendarmerie endommagée par le torrent de boue et le pont fragilisé par les arbres.

LA SUBMERSION MARINE

C'est l'envahissement temporaire ou durable des zones côtières par la mer, occasionnant des inondations et d'éventuelles modifications de la morphologie côtière, du fait de l'action dynamique des vagues. En Polynésie, ce sont essentiellement les Tuamotu et les Gambier qui sont concernés, les autres archipels étant protégés par un lagon et un récif barrière.

La marée de tempête se révèle souvent comme un phénomène des plus dangereux parmi ceux qui accompagnent le cyclone tropical. Les surcotes marines sont alors relativement faibles : de l'ordre de 0.1 à 0.3 m mais dans une zone où la marée astronomique est très faible, cela peut être important. L'effet combiné des faibles pressions, des vents et de la morphologie côtière peut engendrer une importante montée des eaux.

Les fortes houles saisonnières ou cycloniques déferlent directement au rivage en l'absence de récif barrière, mais provoquent des phénomènes d'ensachage lorsqu'un récif est présent (montée des eaux par remplissage du lagon). Dans les cas extrêmes, la surcote engendrée par la houle varie de 1 à 3 m. Lors du cyclone Oli en 2010, une surcote cyclonique d'environ 1.5 m associée à des vagues de 8 m a été observée sur la côte est de Tubuai aux Australes.



Carte de l'aléa submersion à Avatoru (Tuamotu)
Source : BRGM 2010

CLASSIFICATION DES SYSTÈMES DÉPRESSIONNAIRES SELON LA FORCE DU VENT

Dépression tropicale faible : vents de 50 à 61 km/h
Dépression tropicale modérée : 62 à 87 km/h
Dépression tropicale forte : 88 à 117 km/h
Cyclone tropical : 118 à 176 km/h
Cyclone tropical intense : >177 km/h

La montée des eaux liée au réchauffement climatique est plus insidieuse mais peut avoir des conséquences dramatiques. On estime que le niveau de la mer pourrait monter de près d'1 m dans les 100 prochaines années.

Les inondations liées aux tsunamis (voir section suivante).

LE RISQUE CYCLONIQUE

Les cyclones sont dus à la libération de l'énergie thermique accumulée dans l'océan vers l'atmosphère, générant un système de vents en rotation à grande échelle. Le risque cyclonique est considéré comme moyen en Polynésie. Les phénomènes cycloniques sont en majeure partie des cyclones tropicaux (vent compris entre 118 et 176 km/h) qui ont une durée moyenne de vie de 7 jours.

Depuis l'année 1831, 62 cyclones sont répertoriés, 40 d'entre eux se sont produits depuis les années 1970, soit les 2/3 des cyclones inventoriés. L'année 1983 est l'une des plus remarquables avec 5 cyclones puissants qui ont ravagé les Tuamotu, la Société et les Marquises. L'année 1998 est marquée par le cyclone le plus puissant, Alan, particulièrement aux îles Sous le Vent.

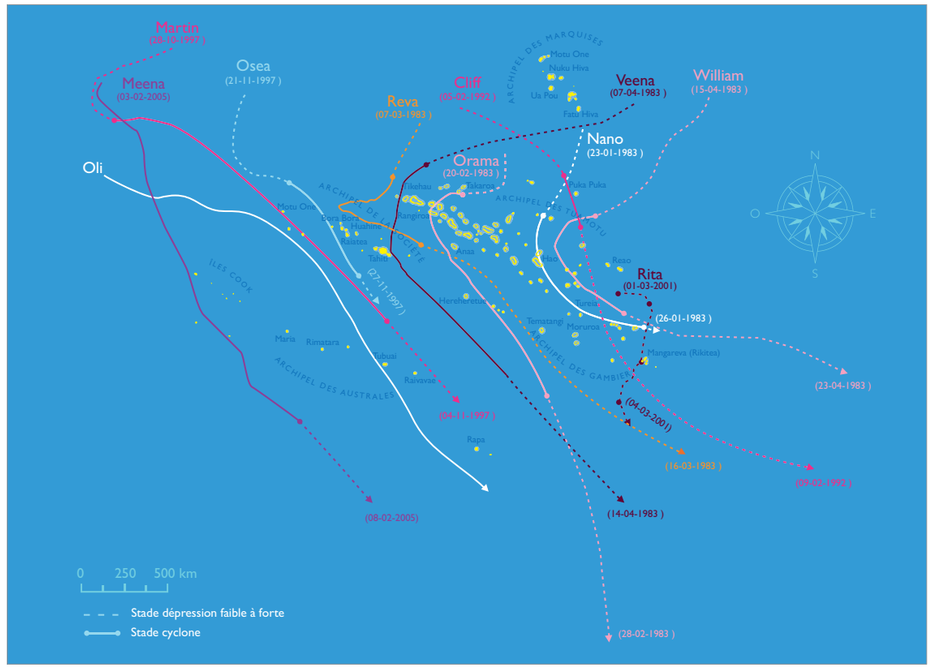
Neuf cyclones ont été meurtriers (1843, 1878, 1903, 1905, 1906, 1983, 1997, 1998, 2010), dont le cyclone Alan de 1998 qui a fait 21 victimes.

Les archipels sont différemment menacés, les phénomènes cycloniques se produisent assez régulièrement dans un couloir privilégié Cook – Australes – Rapa ou dans son voisinage.

Les cyclones peuvent être à l'origine de tous les risques : fortes pluies générant inondations, coulées de boue, glissements de terrain, marées de tempête pouvant être à l'origine de surcotes marines, fortes houles causant de l'érosion et des dégâts sur les ouvrages côtiers…Outre les habitations, l'économie est également touchée par la destruction des infrastructures ; la détérioration des outils de production industrielle, l'impact sur les réseaux d'eau, de téléphone et d'électricité. On peut distinguer les effets directs (destructions dues aux vents, dommages résultant des inondations, etc.) et les effets indirects (pollutions plus ou moins graves du littoral suite à un naufrage, pollution à l'intérieur des terres résultant de dégâts occasionnés aux infrastructures de transport, etc.).

LE CYCLONE OLI DE FÉVRIER 2010

Du 1er au 7 février 2010, le cyclone Oli a balayé la Polynésie française, passant à proximité des Iles de la Société au large de Tahiti et traversant l'île de Tubuai aux Australes. Cette trajectoire, en s'intensifiant de Mopelia vers Tubuai, avait été suivie par les cyclones Martin en 1997 et Wasa en 1991. Des vents moyens de 150 km/h accompagnés de rafales supérieures à 180 km/h ainsi qu'une mer très grosse (6 à 8 m de houle) ont été constatés. Oli a généré de nombreux dégâts, un mort, un blessé grave, 6 blessés légers et près de 5 000 personnes évacuées, 400 maisons détruites…



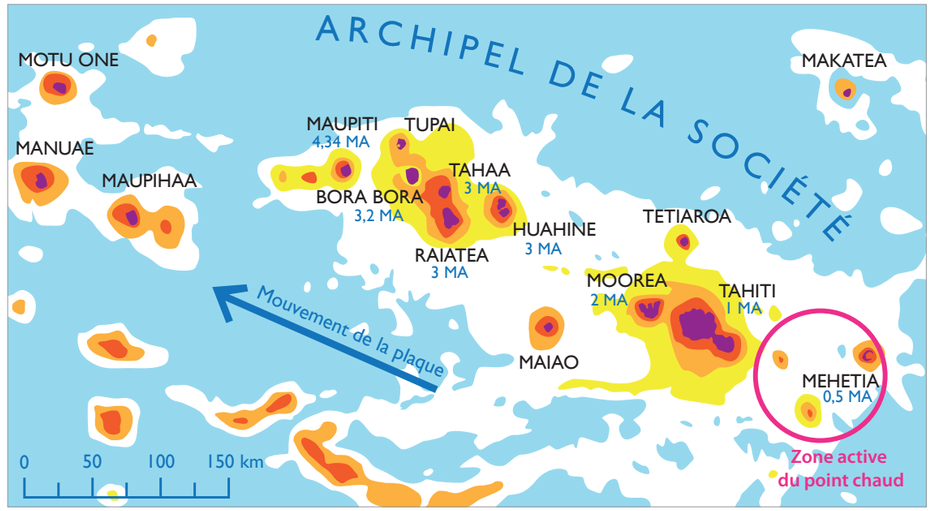
Les trajectoires des cyclones depuis 1983, notamment le dernier en date, Oli en février 2010. Source : atlas climatologique de Polynésie française et Météo France.

LE RISQUE VOLCANO-SISMIQUE

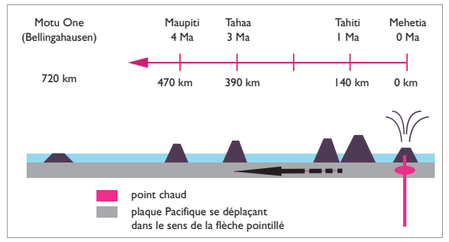
Toutes les îles de Polynésie française sont d'origine volcanique. L'ensemble du Territoire repose sur une grande plaque située à 4 000 m de fond, engendrée à l'est par la dorsale du Pacifique qui se déplace vers le nord-ouest à raison de 11 cm par an. Sur cette plaque naissent 2 types de volcans. Le premier concerne les plus vieux d'entre eux qui ont un âge très proche de la plaque sur laquelle ils reposent (40 à 60 millions d'années) comme les volcans des Tuamotu. Le deuxième type de volcan, issu d'un volcanisme de point chaud, concerne toutes les autres îles de Polynésie.

La sismicité des îles de la Société, se trouve principalement localisée à l'est de Tahiti. Deux autres zones sismiquement actives actuellement se trouvent l'une au nord de Bora Bora, l'autre au sud-ouest de Tahiti. Les zones de fortes concentrations de séismes, autour de Tahiti, correspondent aux points chauds de la Société, à partir desquels se forment les volcans sous-marins qui sont à l'origine des îles. À titre d'exemple, l'archipel des Australes, tout au sud de la Polynésie française, a été créé par le point chaud du Mac Donald.

Il existe 5 volcans actifs en Polynésie française : le MacDonald, situé aux îles Australes, à 500 km au sud-est de Rapa, et le complexe volcanique de



Le volcanisme en Polynésie française. Source des données : BRGM.



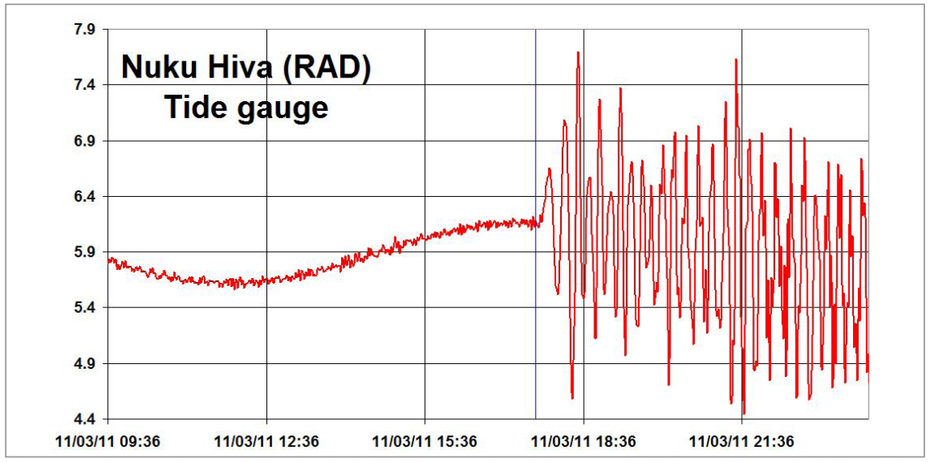
la région de Mehetia au sud-est de Tahiti, avec les volcans sous-marins Mehetia, Moua Pihaa, Rocard et Teahitia. Mehetia, située à 110 km au large de la presqu'île de Tahiti est la plus jeune des îles de Polynésie française. L'âge des îles de l'archipel de la Société, illustre le volcanisme de point chaud.

Quelques tremblements de terre ont lieu chaque année en Polynésie française mais ils sont rarement ressentis. En 2012, l'un d'eux de magnitude 4.9, a été ressenti par des habitants de Tahiti. A Fatu Hiva aux Marquises en 2010, un autre tremblement de terre a provoqué de légers dégâts (fissures).

LES TSUNAMIS

Les tsunamis ou raz de marée, sont des vagues soudaines qui peuvent être énormes et dévastatrices. Elles sont dues à des mouvements brutaux des fonds marins (séisme, éruption volcanique) ou des côtes (éboulement massif). En plein océan, les vagues des tsunamis n'excèdent que rarement 2 m à cause de leur grande longueur d'onde (qui peut varier de 50 à 200 km) et de leur vitesse de plusieurs centaines de km/h. C'est au voisinage des côtes qu'elles deviennent très dangereuses.
En Polynésie, les pentes des côtes plongeant dans l'océan sont importantes et souvent, l'existence d'une barrière de récif, à bonne distance du littoral, atténue les effets des tsunamis. Ce « talus » escarpé, ainsi que la forme convexe arrondie des petites îles a tendance à réfléchir et disperser l'énergie au lieu de la concentrer. Mais il y a des exceptions ; le cas des îles Marquises est nettement plus défavorable. Les grandes baies à faible pente, ne bénéficiant pas de la protection de barrières récifales, piègent et concentrent l'énergie propagée. La mer envahit alors le rivage et les plaines côtières sur plusieurs centaines de mètres, lorsque les altitudes sont faibles. Dans la plupart des cas, le tsunami se traduira par une montée des eaux, sans vague déferlante, provoquant des inondations de la plaine littorale.

De 1830 à nos jours, 18 tsunamis ont touché les côtes de Polynésie française, dont 11 ont provoqué des dégâts. Les tsunamis les plus forts sont ceux de 1946 (provenant des Aléoutiennes) et 1960 (provenant du Chili). Société, Tuamotu et Australes ont été relativement épargnées mais aux Marquises les eaux ont pénétré sur plusieurs centaines de mètres dans les terres. En 1999, le seul tsunami d'origine locale connu a été généré par un éboulement de grande ampleur à Fatu Hiva aux Marquises.
Le tsunami provoqué par le séisme du Japon de mars 2011 a atteint la Polynésie aux Marquises avec des hauteurs de vagues supérieures à 4 m. les eaux sont montées à plusieurs kilomètres à l'intérieur des vallées avec de nombreuses maisons détruites.



Enregistrement du passage du tsunami sur le marégraphe de Nuku Hiva suite au séisme du Japon en mars 2011 - Source : Laboratoire de Géophysique, Tahiti.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

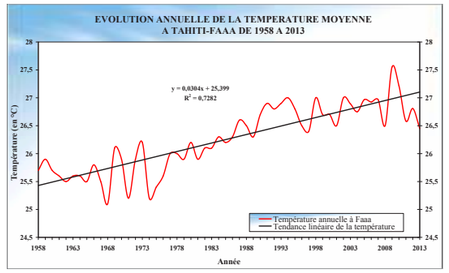
La Polynésie française fait partie des territoires qui sont les plus susceptibles de pâtir des effets négatifs de l'évolution climatique : remontée du niveau de la mer, plus forte occurrence des tempêtes et cyclones tropicaux, réchauffement de la mer et blanchissement corallien. Par leurs caractéristiques géographiques, les plaines côtières des îles hautes mais surtout les atolls, sont vulnérables aux phénomènes climatologiques extrêmes.

L'AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE

Dans les territoires français du Pacifique sud-ouest, le réchauffement climatique devrait être moindre que celui attendu pour l'hémisphère nord, du fait du volant thermique de l'océan. Il devrait être de l'ordre de 2°C.
En Polynésie française, les météorologues ont constaté un réchauffement de l'ordre de 1°C au cours des 30 dernières années (source Atlas climatologique), sur la majorité du territoire, avec toutefois une augmentation moins sensible dans l'archipel des Australes.

LE PLAN CLIMAT STRATÉGIQUE (PCS)

C'est est un document de 2012 établissant un diagnostic, les enjeux et les orientations stratégiques du gouvernement, dont l'objectif est de promouvoir un schéma de développement durable en tenant compte des enjeux liés au changement climatique. Il crée un cadre pérenne pour l'engagement de politiques publiques intégrant les modifications climatiques. Au total, 138 orientations ont été définies, elles ont vocation à être déclinées en programmes d'actions à court ou moyen terme. Les axes de travail sont la recherche et développement d'incitations économiques, les outils fiscaux, la réglementation territoriale ou les outils de protection environnementale, mais concernent également la sensibilisation et l'information, la gouvernance sectorielle et la coopération.
Précédemment, un « réseau changement climatique » avait été créé en 2009 par le ministre de l'environnement, réunissant 120 personnes issues de divers secteurs (gouvernement, bureaux d'études, scientifiques, élus…). Un état des lieux du changement climatique a été réalisé en 2009 suite à la mise en place de ce réseau qui a servi de base au PCS. Le réseau quant à lui, n'a pas poursuivi ses activités.



Evolution annuelle de la température moyenne de 1958 à 2013 à Tahiti Faa'a. Source : Météo France

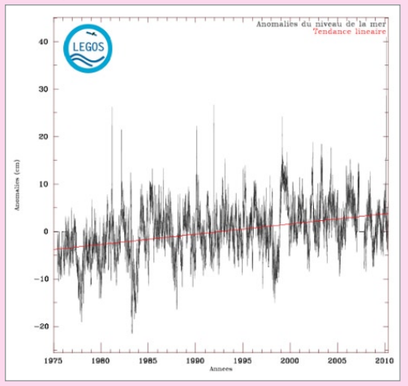
LA MONTÉE DU NIVEAU MARIN

La hausse du niveau de la mer reste un sujet de préoccupation majeur des pays insulaires du Pacifique, en particulier en termes de modification de la géomorphologie littorale. Les dernières données disponibles montrent que cette hausse, très variable d'une région à l'autre, s'est effectuée au rythme de 1,2 cm par an sur les 20 dernières années dans la région du Pacifique oriental. D'ici à 2100, elle pourrait être de 50 cm à 1 m. Cette hausse s'est accélérée depuis le début des années 1990, avec de fortes disparités selon les régions.

Les atolls sont particulièrement concernés par la montée du niveau marin, de par leur faible altitude. Malgré la croissance des récifs coralliens au fur et à mesure de la montée des eaux pouvant en partie les protéger, ces milieux sont très exposés. Les populations qui y vivent sont vulnérables au risque de submersion, même si le risque de submersion totale et de migration climatique des populations reste le scénario catastrophe. Pourtant, les premiers réfugiés climatiques ont d'ores et déjà fait leur apparition sur un territoire du Pacifique.

ANOMALIE DU NIVEAU DE LA MER DÉTECTÉE PAR LE MARÉGRAPHE DE PAPEETE

L'évolution journalière du niveau de la mer mesurée au marégraphe de Papeete et représentée sous forme d'écart au niveau moyen (anomalie) montre une tendance linéaire d'élévation. On remarque également la réponse océanique aux événements climatiques El Niño majeurs du XXème siècle : des

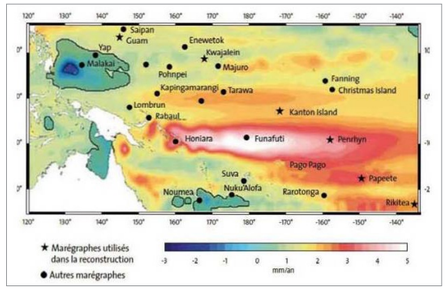


diminutions fortes suivies d'une augmentation brutale du niveau de la mer (1976-77, 1982-83, 1986-87 et 1997-98)

Source : Sea Level Center Hawaï

LES PREMIERS RÉFUGIÉS CLIMATIQUES

Le petit archipel de Tuvalu dans le Pacifique sud abrite 11 000 habitants et culmine à 4 m d'altitude. La hausse du niveau marin a là-bas des conséquences dramatiques, comme l'augmentation des inondations, l'érosion des sols ou leur salinisation rendant impossible toute agriculture. Un millier d'habitants a déjà immigré vers Fidji, la Nouvelle Zélande ou la Polynésie française.
Les îles Torres au Vanuatu subissent les mêmes problèmes, bien qu'elles soient montagneuses. L'un des villages a été déplacé de plusieurs centaines de mètres afin d'échapper à la montée des eaux. Montée renforcée car l'archipel s'enfonce dans l'océan d'environ 1 cm par an.
Les îles Kiribati dans le Pacifique, abritent 110000 habitants sur des atolls culminant à 3 mètres d'altitude. Des digues ont été construites autour des villages, certains ont été déplacés vers l'intérieur des terres, mais l'érosion continue à ronger les côtes. Le président de cette république a acheté des terres aux Fidji afin de commencer à reloger les habitants.



Variabilité régionale des vitesses de variations du niveau de la mer dans le Pacifique tropical ouest (en mm/an) Source : CNRS

LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RÉCIFS CORALLIENS

Le blanchissement du corail

La température de l'eau de mer sous les tropiques a augmenté d'environ 1°C dans les 100 dernières années et doit encore augmenter de 1 à 2°C d'ici 2100. Elle pourrait approcher les 30°C en 2050, 31°C en 2010. Or les coraux vivent à des températures très proches de leur température létale. Une très faible augmentation de température durant plusieurs jours peut leur être fatal, entraînant une rupture de la symbiose entre les algues et le corail, ce que l'on appelle le blanchissement (voir chapitre Milieux marins).
Avec l'augmentation de la température des eaux, l'ensemble des récifs coralliens devrait subir annuellement des phénomènes de blanchissement. Toutefois, ce genre de perturbations reste très discuté au sein de la communauté scientifique. Différentes hypothèses s'affrontent au sujet de la possible adaptation des coraux à l'augmentation de température. Adaptation qui pourrait être rapide selon la diversité génétique.

Le dernier phénomène de blanchissement corallien d'impact modéré en Polynésie a eu lieu en 1998, suivi de plusieurs épisodes de faible ampleur en 2002, 2003 et 2007. Les mortalités coralliennes n'ont jamais dépassé 20% des colonies d'un peuplement. Les espèces de coraux sont différemment sensibles au blanchissement entraînant plutôt une modification dans la composition des peuplements qu'une disparition des récifs. Pour le moment, c'est une menace plutôt modérée pour les récifs de cette zone géographique.

L'acidité de l'eau

Aux problèmes de blanchissement vient s'ajouter l'augmentation du taux de CO_2 dans l'atmosphère, liée à l'effet de serre, qui menace directement les récifs coralliens et toute la biodiversité océanique qu'ils abritent. En effet, l'eau de mer absorbe une partie du CO_2 atmosphérique ce qui conduit à une augmentation significative de l'acidité des eaux de surface, naturellement basiques. Une grande partie des coraux développent un squelette calcaire. Les processus de calcification sont perturbés à partir d'un pH d'environ 7.6, 7.9. Or depuis le début de l'ère industrielle, le pH des océans a diminué de 0.1 unité, correspondant à une augmentation de l'acidité de l'océan d'environ 30 %.

D'après certains modèles, le taux de calcification des coraux pourrait décroître de 40 % d'ici à 2100. Au bout du compte, ce sont les récifs qui sont menacés parce qu'il est probable que la croissance des coraux ne soit plus assez rapide pour contrebalancer l'effet de l'érosion. D'autre part, tous les organismes calcaires comme les coquillages ou les oursins seraient concernés. De récentes recherches indiquent que cela affecterait également le comportement de plusieurs espèces de poissons.

Même si les coraux sont des organismes pouvant s'adapter avec le temps, il est peu probable qu'ils résistent à des modifications trop importantes

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET RÉPONSES DES RÉCIFS CORALLIENS DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE, ENTRE 2050 ET 2100.

Cette étude de 2009 étudie la réponse possible des récifs coralliens à travers différents scenarii d'élévation du niveau de la mer et de l'acidification de l'océan. L'hypothèse la plus négative prend en compte une élévation de 5.4 mm/an avec un pH de l'eau de mer devenu acide (<7.6) et une activité cyclonique élevée en nombre. Cela impliquerait une fréquence de 1 blanchissement corallien par an et une mortalité massive des coraux à l'horizon 2100. Les hypothèses moins dures entraîneraient une diminution de la croissance, de la reproduction et de la diversité des coraux ou une sélection progressive des genres dominants.

Source : PROGEM 2009

LES AUTRES IMPACTS

Avant 1983, l'algue brune Turbinaria ornata n'était présente que dans les îles de la Société. Depuis, elle est apparue dans l'archipel des Tuamotu, au sud de Moruroa et au nord à Rangiroa, Mataiva, Tikehau et Makatea. Les analyses ADN n'ont pas permis de conclure quant à l'appartenance ou pas de ces algues aux populations venant de la Société mais les modélisations ont montré qu'en période normale, compte tenu des courants, il était peu probable que les algues de la Société puissent aboutir aux Tuamotu. Cependant, en période El Niño ou La Niña, l'extension des zones tourbillonnaires dans la région est modifiée et les algues semblent s'approcher des Tuamotu nord.

LE PHÉNOMÈNE EL NIÑO

C'est une anomalie climatique qui déplace les eaux chaudes du Pacifique (on l'appelle aussi oscillation australe). En temps normal, les vents et les courants portant à l'ouest concentrent dans cette zone l'eau très chaude (à plus de 28°C). Le niveau de la mer est alors un plus élevé près des côtes australiennes qu'américaines. La thermocline s'abaisse du côté ouest du Pacifique, repoussant les eaux froides en profondeur. Ces dernières remontent le long des côtes péruviennes, apportant une riche source de nourriture aux multiples espèces locales. Les alizés entraînent les masses nuageuses à l'ouest.
Pendant les phases El Niño, les alizés s'essoufflent ou s'arrêtent, l'équilibre des masses d'eau se rétablit et l'eau chaude n'est plus poussée à l'est, mais se retrouve à circuler le long des côtes péruviennes, sous la forme d'un courant chaud appelé El Niño. Les masses nuageuses ne sont plus emportées à l'ouest, générant de fortes précipitations sur le Pérou.
Le climat est complètement bouleversé, inondations d'un côté, sècheresses de l'autre, mise en danger de la biodiversité avec l'arrêt de l'upwelling péruvien, le phénomène influence également toute la planète.
Les phases La Niña correspondent à l'inverse des périodes El Niño, soit une intensification des conditions normales.
Si ces phénomènes peuvent aujourd'hui être prévus 3 à 6 mois en avance, on ne sait toujours pas ce qui les déclenche ni à quelle fréquence ils surviennent. En Polynésie, les phénomènes El Niño sont responsables de la présence des cyclones comme en 1983 ou en 1998.

LES RÉPONSES

Suite au cyclone Alan de 1998 qui a fait 21 victimes, dont 15 dues à des glissements de terrain, la mise en place d'une politique globale de prévention des risques naturels en concertation avec le Territoire, l'Etat et les élus locaux a été décidée. Le programme ARAI est né en 2002, s'appuyant sur une antenne du BRGM mise en place à cette occasion (voir plus haut).

LES PLANS DE PRÉVENTIONS DES RISQUES (PPR)

L'Article D.181-1 (Dél. n° 2001-10 APF du 1er février 2001) mentionne le champ d'application des PPR : *« Les plans de prévention des risques naturels prévisibles dits P.P.R. sont destinés à délimiter des zones plus particulièrement exposées aux risques naturels prévisibles, tels que les inondations, les mouvements de terrain, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes, les cyclones, les raz de marée ou tsunamis. »*
Le PPR a pour objet la réalisation d'un zonage réglementaire, par zone de risque, pour l'utilisation et l'occupation du sol. Il édicte notamment les prescriptions ou interdictions s'appliquant aux constructions, aux ouvrages, aux aménagements ainsi qu'aux exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles. Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et est annexé au document d'urbanisme de la commune. L'élaboration de la carte de zonage s'appuie sur l'étude des risques, sur la base de cartographie des aléas et des enjeux.

Des PPR existent pour toutes les communes bien qu'un seul soit à ce jour opposable (possédant un arrêté en conseil des Ministres), celui de Punaauia depuis 2010. La procédure d'instruction est en cours pour les communes de Pirae et Faa'a (enquête publique).

Même si les PPR ne sont pas des documents opposables, ils sont appliqués lors de l'instruction des permis de construire par le service de l'urbanisme. Ces documents étant contraignants, les communes ne les utilisent pas.

ALÉAS, ENJEUX ET RISQUES

Le risque résulte de la confrontation d'un aléa avec un ou plusieurs enjeux. On entend par aléa la manifestation d'un phénomène naturel dangereux, caractérisé par sa probabilité d'occurrence (décennale, centennale,…)
et l'intensité de sa manifestation (hauteur et vitesse de l'eau pour les crues, magnitude pour les séismes, largeur de bande pour les glissements de terrain,…).
Les enjeux sont l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par l'événement.

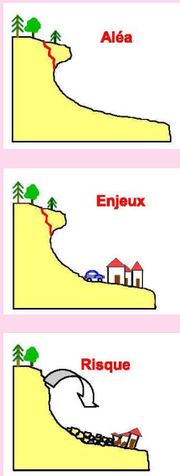
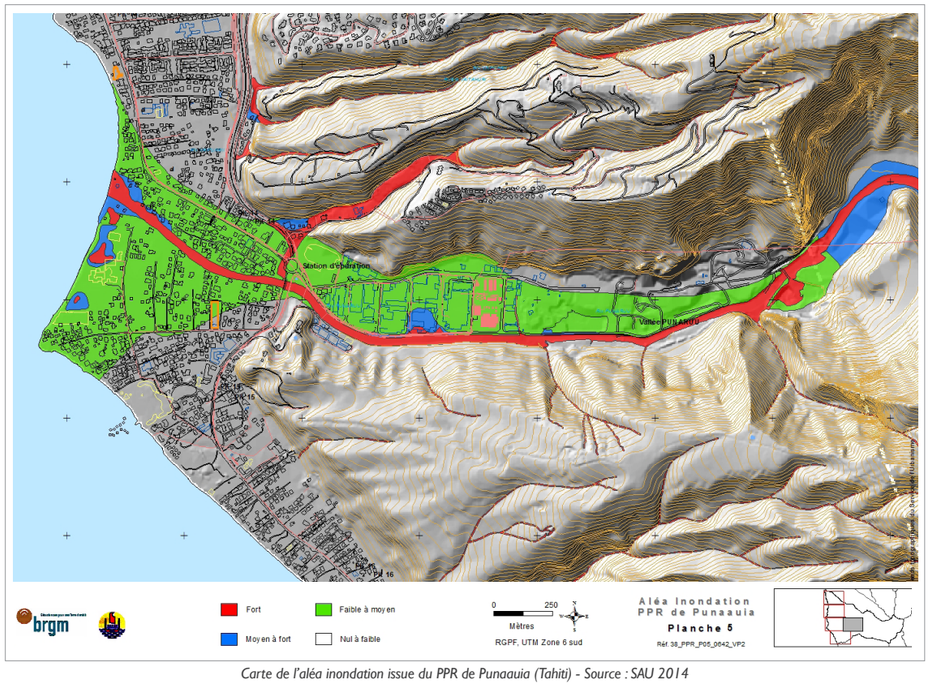


Schéma de principe de réalisation d'un PPR - Source : PPR de Punaauia



Carte de l'aléa inondation issue du PPR de Punaauia (Tahiti) - Source : SAU 2014

Le plan de zonage identifie 4 types de zones :

Les zones rouges où les niveaux d'aléas sont les plus forts (surcotes marines, mouvements de terrain et inondations). Dans ces zones, il convient de prendre des mesures permettant de ne pas augmenter la population et les biens exposés. Le principe est donc d'y limiter au maximum la constructibilité et de prendre les mesures permettant d'améliorer la sécurité des personnes déjà présentes.

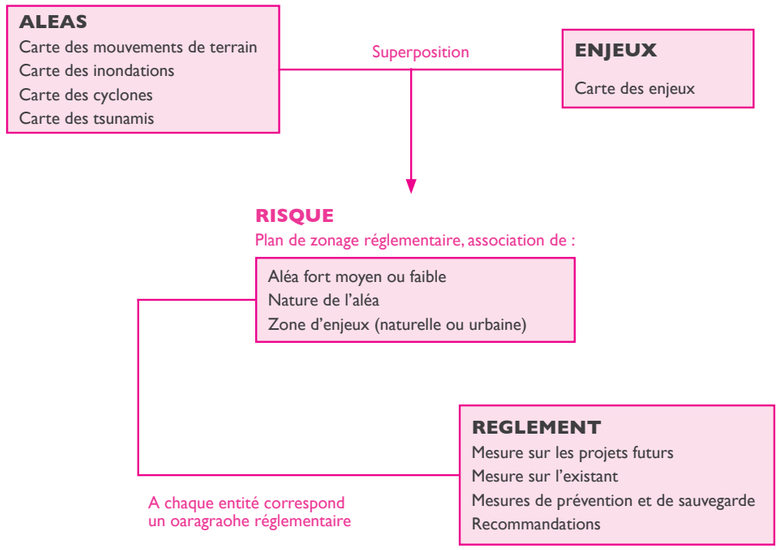
Les zones bleues où les niveaux d'aléas sont moyens à forts. Les aléas naturels ne menacent pas directement les vies humaines en raison de leur niveau ou de leur caractère prévisible. Il convient cependant de prendre des mesures particulières non définies par les règlements généraux afin de limiter le risque pour les biens et de préserver la sécurité des personnes présentes.

Les zones vertes sont les zones où les niveaux d'aléas sont considérés comme faibles à moyens.

Les zones non colorées ne font pas l'objet de règles particulières, l'aléa y est faible ou nul.

SCHÉMA DE PRINCIPE DE RÉALISATION D'UN PPR

SOURCE : PPR DE PUNAAUIA



LES RISQUES TECHNOLOGIQUES

Les principaux risques sont les risques de pollution marine par hydrocarbures (le plan POLMAR date de 1982), d'explosion et d'incendie liés aux dépôts importants d'hydrocarbures ou de chlore et les risques d'inondation résultant de la rupture des barrages des micro-centrales hydroélectriques.

LES DONNÉES ESSENTIELLES

	Source	1995-2006	2006-2013
Evolution du nombre d'événements ayant eu un impact notable	Météo	10 cyclones, 3 tsunamis, 4 mouvements de terrain importants	1 cyclone, 2 tsunami, nombreux mouvements de terrain
Coût engendré par les dommages		19 milliards	6 milliards
	Source	2006	2013
Nombre de communes ayant remis un dossier PPR	Service de l'urbanisme	16	38
Nombre de PPR approuvés	Service de l'urbanisme	0	1

LES ÉVOLUTIONS 2006-2013

RISQUES NATURELS

Un événement en particulier a marqué la période, le cyclone Oli en février 2010 qui a fait de nombreux dégâts, particulièrement aux Australes (Tubuai) et une victime.
Plusieurs mouvements de terrain ont également eu lieu, ainsi que des inondations et deux tsunamis ont touché les îles Marquises suite aux séismes du Chili (2010) et du Japon (2011).

Le programme ARAI s'est poursuivi, après la mise en place des PPR (Plans de Prévention des Risques), les études se concentrent sur le risque de submersion marine.

Toutes les communes ont réalisé leur PPR, mais seule Punaauia en a fait un document opposable. Pour les communes de Pirae et Faa'a, la procédure d'instruction est en cours. Une seule commune est encore en cours de zonage (Rapa).

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les effets du réchauffement climatique sont déjà observables en Polynésie française, comme l'augmentation de la température moyenne de l'air et la montée du niveau marin. Les atolls sont particulièrement vulnérables.

Les récifs coralliens sont soumis au blanchissement qui peut entraîner leur mort, et l'augmentation de la température de l'océan favorise ce phénomène. L'acidité des océans est également un processus qui menace directement les coraux, ralentissant la calcification et la fabrication de leur squelette calcaire.