

Les îles de Polynésie française face à l'aléa cyclonique

Sébastien Larrue and Thomas Chiron

Volume 10, Number 3, December 2010

Les petits États et territoires insulaires face aux changements climatiques : vulnérabilité, adaptation et développement

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1004070ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Larrue, S. & Chiron, T. (2010). Les îles de Polynésie française face à l'aléa cyclonique. *VertigO*, 10(3), 0-0.

Article abstract

Using retrospective analysis with Geographic Information System methodology (GIS, Mapinfo® Professional version 7.0), the aim of this paper is to contribute to a better understanding of cyclone hazard and cyclone tracks in French Polynesia. The GIS database on cyclones was compiled from non-meteorological sources of information, many in the territorial archives of Papeari (Tahiti Island), and meteorological reports. The major meteorological sources used in this paper were the data of Meteo-France French Polynesia and two cyclone databases : (1) the U.S. Naval Pacific Meteorology and Oceanography Center via the Joint Typhoon Warning Center (2005) and the Tropical Cyclone Best-Tracks interface, and (2) the Australian Severe Weather site. On the French Polynesia map in projection WGS 1984, the cyclone tracks of the disturbances were imported and digitized with GIS Mapinfo. The uncertainty concerning the reliability of the data and the cyclone tracks before 1970 restricted our study to the 1970-2009 period. The cyclone track pattern between 1970 and 2009 was identified, showing a "conical shape" between the Society Islands and the Austral Islands where 70 % of the cyclone tracks were observed. The map shows that the islands most at risk from cyclones are the west coasts of the Society Islands and the east coasts of Austral Islands. Recently, cyclone Oli (February 4th, 2010) and his track in the middle of the "conical shape" located in the vicinity of the Society Islands and the Austral archipelago strengthen this trend.



LES ILES DE POLYNESIE FRANÇAISE FACE A L'ALEA CYCLONIQUE

Sébastien Larrue¹, Thomas Chiron²

¹maître de conférences en géographie, GEOLAB, UMR 6042, Université de Clermont-Ferrand 2, 4 rue Ledru 63057 Clermont-Ferrand cedex, France, Courriel : Sebastien.LARRUE@univ-bpclermont.fr; ²post-doctorant, GEOMER, UMR 6554 CNRS, Université de Bretagne Occidentale, 3 rue des Archives - CS 93837 - F29238 Brest cedex 3, France

Résumé : Utilisant une analyse rétrospective à l'aide d'un système d'information géographique (SIG, Mapinfo® Professional version 7.0), la finalité de ce texte est de proposer une meilleure compréhension du risque cyclonique et une synthèse des trajectoires cycloniques en Polynésie française. La base de données sur les cyclones a été compilée avec des documents non-météorologiques, dont de nombreux textes issus des archives territoriales de Papeari (Tahiti), et des sources météorologiques. Les principales sources utilisées proviennent des rapports de Météo France Polynésie et des bases de données de (1) l'U.S. Naval Pacific Meteorology and Oceanography Center via le Joint Typhoon Warning Center et l'interface Tropical Cyclone Best-Tracks, et (2) l'Australian Severe Weather. Sur une carte de la Polynésie française en projection WGS 1984, les trajectoires cycloniques ont été importées et digitalisées sous SIG Mapinfo. L'incertitude des trajectoires cyclonique avant 1970 circonscrit notre étude à la période 1970-2009. Les travaux réalisés montrent qu'il existe un « corridor » cyclonique définissant a posteriori une zone géographique habituellement touchée par les cyclones et les fortes tempêtes tropicales. Ce corridor est emprunté par 70% des tempêtes tropicales et des cyclones observés entre 1970 et 2009. Les côtes ouest des îles de la Société et les îles Australes de Rurutu et Tubuai sont les terres les plus menacées par les événements cycloniques. Tout récemment, la trajectoire du cyclone Oli (4 février 2010) et son passage au milieu du corridor vers les îles de la Société et des Australes, tend à renforcer cette tendance.

Mots-clés : Polynésie française, aléa cyclonique, cyclone tropical, tempête tropicale, cartographie, corridor cyclonique, *el Niño*.

Abstract :

Using retrospective analysis with Geographic Information System methodology (GIS, Mapinfo® Professional version 7.0), the aim of this paper is to contribute to a better understanding of cyclone hazard and cyclone tracks in French Polynesia. The GIS database on cyclones was compiled from non-meteorological sources of information, many in the territorial archives of Papeari (Tahiti Island), and meteorological reports. The major meteorological sources used in this paper were the data of Météo-France French Polynesia and two cyclone databases: (1) the U.S. Naval Pacific Meteorology and Oceanography Center via the Joint Typhoon Warning Center (2005) and the Tropical Cyclone Best-Tracks interface, and (2) the Australian Severe Weather site. On the French Polynesia map in projection WGS 1984, the cyclone tracks of the disturbances were imported and digitized with GIS Mapinfo. The uncertainty concerning the reliability of the data and the cyclone tracks before 1970 restricted our study to the 1970-2009 period. The cyclone track pattern between 1970 and 2009 was identified, showing a "conical shape" between the Society Islands and the Austral Islands where 70% of the cyclone tracks were observed. The map shows that the islands most at risk from cyclones are the west coasts of the Society Islands and the east coasts of Austral Islands. Recently, cyclone Oli (February 4th, 2010) and his track in the middle of the "conical shape" located in the vicinity of the Society Islands and the Austral archipelago strengthen this trend.

Keywords : French Polynesia, cyclone hazard, tropical cyclone, tropical storm, mapping, conical shape, *el Niño*.

Référence électronique

Sébastien Larrue, Thomas Chiron, 2010. « Les îles de Polynésie française face à l'aléa cyclonique », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 10 numéro 3, [En ligne], URL : <http://vertigo.revues.org/>

Introduction

La Polynésie française s'étend dans le Pacifique Sud du tropique du Capricorne à l'équateur et rassemble cinq archipels océaniques (îles de la Société, archipels des

Marquises, des Australes, des Tuamotu et des Gambier) pour un total de 118 îles éparpillées entre 10°S et 30°S et 133°W et 155°W. Le climat des archipels¹ est dominé par la persistance et la douceur des alizés, une température annuelle moyenne de 25°C et l'existence de deux saisons : une saison sèche et une saison des pluies (l'hivernage). La saison sèche s'étend de mai à octobre, elle est caractérisée par de faibles précipitations, des températures basses (20° à 22°C) et des alizés à 85% de secteur sud-est. La saison des pluies concerne les mois de novembre à avril, elle est dominée par des alizés du nord-est et connaît des températures élevées (28° à 29°C) et des précipitations abondantes (Laurence et al., 2004). Cette saisonnalité est associée au déplacement interannuel de la Zone de Convergence du Pacifique Sud, elle marque aussi l'existence, au cours de l'hivernage, d'une saison cyclonique (Bonvallet et al., 1993). Le 4 février 2010, le cyclone Oli frappe les Îles de la Société puis se dirige vers les Australes (Figure 1). Des houles inhabituelles déferlent contre la digue du port de Papeete et inondent une partie des quais. Sur Tahiti, à Faa'a et Punaauia, les quelques touristes des hôtels du Beach Comber, du Sofitel et du Méridien attendent avec étonnement la fin de l'alerte cyclonique... Si les îles de Polynésie sont autant de lieux qui résonnent dans l'inconscient collectif comme des terres idylliques, cette représentation issue des récits des premiers découvreurs, occulte certains faits géographiques.

À l'exemple de nombreuses îles tropicales, les populations de Polynésie française sont soumises à l'aléa cyclonique. Au total, 264 736 habitants sont concernés par le risque cyclonique, dont 178 133 vivent sur l'étroite plaine littorale de Tahiti et 16 677 sur les atolls coralliens des Tuamotu (Institut de la Statistique de Polynésie française, recensement 2007)². Cependant, l'étude historique des cyclones est peu fréquente pour ces archipels. Ce fait se rattache à la faible fréquence de l'aléa cyclonique en Polynésie française mais aussi à l'étendue océanique importante qui sépare les cinq archipels. Des lointains atolls des Tuamotu-Gambier aux archipels des Australes et des Marquises, les tempêtes tropicales et les cyclones ont été parfois méconnus des autorités de Papeete (Tahiti, archipel de la Société).

¹ En référence à l'archipel de la Société.

² <http://www.ispf.pf/ISPF/Home.aspx>



Figure 1. Image satellite du cyclone Oli (NASA, 3 février 2010) en direction des îles Australes.

Durant de nombreuses décennies, la connaissance des cyclones en Polynésie française s'est limitée aux travaux de Giovannelli (1940) et Teissier (1977). Tous deux ont dressé un inventaire des cyclones survenus en Polynésie française entre 1831 et 1977, puis il faut attendre la saison cyclonique exceptionnelle de 1982-83, et les travaux de François Doumenge (1983, 1984), Pierre Laboute (1985) et Jean Dupon (1985, 1987), pour que les cyclones soient de nouveau portés au devant de la scène. François Doumenge (com.perso., 2008) rappelait pourtant la prégnance du risque cyclonique en Polynésie française, phénomène d'autant plus exacerbé que la fréquence peu élevée de l'aléa est propice à « *la perte de mémoire et au manque de vigilance des populations...* »

Les frères bungalows sur pilotis des hôtels de Bora Bora ou la conquête du littoral de Tahiti par de multiples formes d'urbanisation ne semblent pas prendre toute la mesure de l'aléa cyclonique en Polynésie. Aussi, en collaboration avec le Service de l'Urbanisme de Papeete (Cellule des Plans de Prévention des Risques), avons nous conduit une synthèse sur l'aléa cyclonique en Polynésie française et présenté un rendu cartographique des zones parcourues par les cyclones entre 1970 et 2009. Dans le contexte du changement climatique et des nombreuses incertitudes quant à l'évolution du nombre des cyclones et de leurs trajectoires, ce travail peut contribuer à suivre l'avenir du phénomène cyclonique en Polynésie française.

Épisodes cycloniques et témoignages dans l'histoire polynésienne

Conduire une approche historique des tempêtes tropicales et des cyclones survenus en Polynésie française suppose

d'avoir connaissance de tous les événements tempétueux ayant affectés la Polynésie sur une période déterminée. Si les traditions orales, notamment celles des Tuamotu (Ottino, 1965), et la période pré-Européenne attestent de l'ancienneté des cyclones en Polynésie française, nous n'avons aucune information sur le nombre des dépressions, leur nature, leurs fréquences et leurs intensités durant cette période. Comme le soulignait prudemment Teissier en 1977, « *ce serait une gageure que de vouloir parler de tous les cyclones ayant touché la Polynésie Française depuis plus d'un siècle* ». Autant dire que chercher à établir ce bilan depuis l'époque pré-Européenne est voué à l'échec. En 1940, Giovannelli, Directeur des Services Météorologiques de Nouvelle-Calédonie, précisait que « *les cyclones tropicaux sont, fort heureusement, très rares en Polynésie française* ». D'après cet auteur, seules 15 des 311 dépressions cycloniques importantes observées entre 1831 et 1940 dans le Pacifique Sud, Central et Occidental, ont intéressé Tahiti et ses îles... Soit une fréquence d'un événement tout les 7 ans.

Sur la base des observations effectuées par Giovannelli (*op.cit.*) sur la période 1831 à 1940, nous avons complété cet inventaire jusqu'en 2009. À partir des archives bibliographiques³ nous avons comptabilisé, sur la période 1831 à 2009, cinquante-neuf événements tempétueux dans les eaux territoriales polynésiennes. Quelques-uns ont fait l'objet de notes et de textes plus ou moins détaillés. C'est notamment le cas des événements tempétueux de 1830/31, 1877/78, 1902/03 et 1905/06. Outre le « cyclone » de 1831 qui reste mal documenté, celui de février 1878 a frappé de plein fouet l'archipel des Tuamotu faisant au moins 117 victimes (Teissier, 1977). La description de l'événement de 1878 (Teissier, *op.cit.*) est significative de la violence du phénomène qui ravage les atolls du nord-ouest de l'archipel. Sur l'atoll d'Anaa, 150 *fare*⁴, deux temples, la résidence administrative, la gendarmerie ainsi que les citernes et le cimetière ont été détruits. Sur l'atoll de Kaukura, les houles cycloniques et la marée de tempête ont recouvert tous les *motu*⁵. Sur 200 habitants que comptait l'atoll, cent dix-huit se sont réfugiés sur des embarcations pour échapper à la submersion de l'île. Dans une lettre datée du 12 février 1878, le Révérend Père Lemoing, missionnaire à Rangiroa, décrit la situation apocalyptique après le passage du cyclone :

« *En un mot, il n'y a plus que des débris et des ruines, nous n'avons plus rien à manger : il ne reste plus de fruits sur les cocotiers qui ont résisté... Aucune maison européenne, aucune case indigène n'avait résisté à l'ouragan.* »

Mais, les cyclones les plus meurtriers sont ceux du début du 20^{ème} siècle. Le cyclone de janvier 1903 a fait 515 victimes, dont 377 pour le seul atoll de Hikueru où des vagues de 12 mètres déferlent sur le récif (Teissier, 1977 ; Dupon, 1987). Au lendemain du cyclone, l'atoll d'Hikueru, auparavant verdoyant et couvert de cocotiers, était en grande partie rasé. D'après le Révérend Père Clément cité par Teissier (*op.cit.*) : « *il n'y a plus de terre pour ensevelir les morts, la mer avait creusé le sol jusqu'au roc calcaire.* » A Marokau, quatre-vingt-quinze personnes ont péri lors du cyclone de 1903 (Teissier, *op.cit.*). En février 1906, l'archipel de la Société et les Tuamotu sont de nouveau frappés par un cyclone. Cent vingt et une victimes sont recensées sur les atolls Paumotu. Sur l'atoll d'Anaa, des vagues de 8 mètres frappent le récif et l'élévation du niveau marin, qui atteint 2 à 3 mètres, submerge et rabote littéralement les *motu* : « *il ne reste plus que le fond en ciment de trois citernes qui puisse faire soupçonner qu'il y avait eu autrefois quelques habitations.* » (Père Clément cité par Teissier, 1977). L'épave du quatre-mâts anglais *County of Roxburgh*, demeure toujours sur le récif de Takaroa et rappelle l'épisode de 1906. À Tahiti, la surcote atteint 2,75 mètres à Papeete et la mer pénètre jusqu'à 50 mètres à l'intérieur de la ville, détruisant 327 maisons européennes soit près de la moitié de la ville. Entre Taravao et Tautira, la plage a disparu et le trait de côte a reculé de 50 mètres (Teissier, 1977).

Durant le début du 20^{ème} siècle, la Polynésie française a donc connu des épisodes cycloniques très intenses, puis il faut attendre les années 1980/1990 pour voir de nouveau apparaître des événements de forte intensité.

Les cyclones de 1982-83 et 1997-98 marqueront la Polynésie par leur concentration et leur intensité. La saison cyclonique de 1982-83 a provoqué des dégâts estimés à 84 millions d'Euros⁶. Six perturbations cycloniques ont frappé les îles de Polynésie entre décembre 1982 et avril 1983, inaugurant une série de phénomènes dont le mécanisme et l'ampleur étaient sans précédents connus (Doumenge, 1983, 1984). En 1982-83, Lisa, Nano, Orama, Reva, Veena et William vont successivement ravager les îles des Tuamotu

³ Archives territoriales de Papeari (Tahiti)

⁴ Nom local de l'habitation polynésienne.

⁵ Les *motu* sont de petites îles coralliennes constitutives de la couronne des atolls.

⁶ *La Dépêche de Tahiti*, 13 janvier 2008.

et affecter les îles de la Société. Les îles du sud-est des Tuamotu, selon un axe Hao-Marutea sud, sont touchées par quatre fois et les populations des atolls de Hereheretue, du Duc de Gloucester et Tamatangi sont évacuées. Des déferlantes de 7 mètres y sont observées ; des hauteurs supérieures à 15 mètres sont même avancées à Hao lors du passage de Nano (Doumenge, 1984). Les conséquences socio-économiques sont plus durement ressenties pour les atolls du groupe nord-ouest, plus dynamiques, parmi lesquels Rangiroa, Mataiva, Tikehau et Anaa. D'après les habitants de Tuherahera⁷, beaucoup d'arbres de l'agroforesterie villageoise ont disparu après le passage de Veena. C'est notamment le cas des arbres à pain (*Artocarpus altilis*) et de quelques *Tamanu* (*Calophyllum inophyllum*). Les dégâts causés dans les cocoteraies ont entraîné une pénurie non seulement vivrière, mais aussi financière, le coprah étant encore aujourd'hui une des principales ressources monétaires⁸.

Au cours de la saison cyclonique 1997-98, la Polynésie française va de nouveau connaître d'intenses épisodes. En novembre 1997, les trois atolls de Manuae, Mopelia et Bellingshausen (où une famille entière est emportée)⁹ sont balayés par le cyclone Martin. Maupiti est dans l'œil du cyclone Osea le 25 novembre 1997 puis dans celui d'Alan en avril 1998 où de violentes rafales détruiront embarcations, habitations, bâtiments publics et commerciaux (Doumenge, 1999). Les dégâts restent néanmoins moins importants que lors des épisodes du début du siècle et de 1982-83. L'épisode de 1997-98 est de forte intensité et de nombreux auteurs le comparent à 1982-83, cependant : « *on ne peut ainsi dire que l'un l'emporte sur l'autre. La seule conclusion est qu'une succession à seulement 14 ans d'intervalle de deux épisodes classés tous deux dans la catégorie de force exceptionnelle pose le problème de l'origine de cet excès d'énergie* » (Doumenge, 1999).

Les dommages enregistrés sur les îles hautes de la Société ne sont pas causés par la mer, mais associés aux effets induits des vents et des fortes précipitations. En effet, si la plaine côtière est vulnérable aux submersions marines, la barrière corallienne et le lagon jouent un rôle protecteur primordial en amortissant les houles. Les destructions importantes sur les îles hautes proviennent ainsi moins de

la mer que des vents et des précipitations entraînant des crues et des glissements de terrain dus aux ruissellements des pluies de convection sur les reliefs. Ce sont surtout les conditions orographiques qui entraînent des effets secondaires accompagnant ou suivant des précipitations diluviennes. Les précipitations peuvent notamment causer de grands glissement de terrain, tels ceux engendrés par Alan aux Îles sous le Vent les 24 et 25 avril 1998 (ils feront six morts sur l'île de Tahaa). Cependant, les cyclones les plus forts qui ont affecté, en 1982-83 et 1997-98, les îles hautes de la Société, et particulièrement Tahiti, n'ont pas engendré de crues exceptionnelles. La Papenoo, principale rivière tahitienne, a habituellement un débit moyen annuel de 11 m³/s¹⁰. Les volumes écoulés lors du passage de Veena en avril 1983 – plus de 20 millions de m³ à l'embouchure en un peu plus de 18 h – correspondent à un débit moyen compris entre 100 à 200 m³/s, avec un maximum de 1500 m³/s (Danloux, 1997). Les crues observées au cours de la saison 1996-97 n'ont, quant à elles, pas dépassé les 250 m³/s et n'ont induit que des débordements mineurs (Danloux, *op.cit.*). Les vents moyens de Veena ont soufflé entre 150 et 170 km/h alors que des pointes de rafales supérieures à 200 km/h ont été enregistrées (Victoire Laurent¹¹, *com.perso.*, 2008). Cent soixante cinq maisons sont ainsi endommagées à Papeete, 124 à Moorea et plus d'une quarantaine à Huahine, Raiatea et Tahaa. En 1983, lors du passage de Reva sur la côte orientale de Tahiti, les destructions se localisent principalement au débouché des vallées de la côte sous le vent, pourtant opposée au cyclone. François Doumenge (1984) a décrit ce phénomène associé à un « effet venturi » canalisé par les vallées. Les vents sont amplifiés par les reliefs, s'engouffrent dans les vallées et dévalent les pentes. Le cyclone Reva a souligné par ses dégâts à Tahiti le danger potentiel présenté par le débouché des vallées intérieures sur la zone littorale (Danloux, *op.cit.*).

L'année cyclonique 1982-83 a d'autant plus affecté la Polynésie française que l'intensité et le nombre des cyclones a surpris des populations qui n'envisageaient pas un tel aléa et de tels dégâts. Ce n'est d'ailleurs que récemment (2008) que les Plans de Prévention des Risques (PPR), tiennent compte du risque cyclonique en Polynésie française¹². Suite à la saison cyclonique de 1982-83, Merle

⁷ Village principal de l'atoll de Tikehau.

⁸ D'après les chiffres de l'Institut Statistique de Polynésie française (www.ispf.pf).

⁹ *La Dépêche de Tahiti*, 10 juin 2008

¹⁰ Données du Service de l'Équipement de Tahiti.

¹¹ Chef de la Division Climat-Etudes-Réseau, Météo France Polynésie (entretien du 4 juin 2008).

¹² Entretien du 6 mai 2008 avec M. Emmanuel Des Garets, Chargé de l'établissement des PPR, Service de l'Urbanisme – Papeete.

et Tourré (1984) écriront : « *on n'avait pas eu connaissance de pareils événements depuis 1903...* », soit près d'un siècle. Cette fréquence faible a-t-elle induit une déficience de vigilance de la part des Polynésiens et du Territoire ? Jean François Dupon (1987) écrivait à l'occasion des dégâts causés par les cyclones de 1982-83 : « *Comme à Tahiti, la faible fréquence du risque cyclonique avait conduit aux Tuamotu à un relâchement de la vigilance, en l'absence de toute réglementation administrative relative à cet égard aux normes de la construction individuelle* » (Dupon, *op.cit.*).

Comment appréhender l'aléa cyclonique à l'échelle de la Polynésie française : la question de la méthode...

Les événements qui ont frappé les îles polynésiennes à la charnière du 19^{ème} et du 20^{ème} siècle permettent d'appréhender la réalité des épisodes cycloniques mais ne fournissent aucun bilan du nombre de tempêtes tropicales ayant réellement frappées les îles polynésiennes, ni leur stade ou intensité. En effet, ces dépressions étaient mal définies, s'agissait-il réellement de cyclones ou de fortes tempêtes tropicales ? La nature des tempêtes ayant affectées la Polynésie française à la fin du 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle ne peut donc être connue avec certitude. Certes, des travaux conduits à Tikehau (Archipel des Tuamotu) sur la destruction des édifices coralliens par les houles cycloniques, montrent que les effets des cyclones de 1983, notamment Reva et Veena, sont comparables à ceux de 1903 et 1906 (Harmelin-Vivien et Laboute, 1986). Cependant, sans mesure de la vitesse des vents, il est impossible de caractériser le type de dépressions tropicales (tempêtes tropicales ou cyclones). Seuls les témoignages laissés permettent une estimation de la nature plus ou moins violente des perturbations. Les premières traces écrites des « cyclones » en Polynésie française remontent à 1825, et jusqu'en 1945, les archives présentent un décompte partiel fondé sur des observations ponctuelles et éparses des « tempêtes tropicales » sans échelle ou comparaison possible. Entre 1825 et 1945, on dénombre seulement en Polynésie française 13 événements cycloniques, dont l'intensité demeure extrêmement difficile à définir, contre 48 épisodes cycloniques entre 1945 et 2009. La fréquence peu élevée des cyclones observés au cours de la première moitié du 20^{ème} siècle est sujet à discussion. En effet, si on la retrouve dans toutes les régions où ont été menées des études historiques sur les cyclones (Maunder, 1995), et notamment aux Îles Cook (de Scally, 2008), quelques auteurs (Basher et Zheng, 1995) attribuent cette observation à la faiblesse des moyens de

surveillance dont nous disposions à l'époque. En d'autres termes, l'augmentation du nombre des cyclones à partir de la seconde moitié du 20^{ème} siècle serait corrélée à l'augmentation des moyens techniques de surveillance dans le Pacifique et notamment du nombre de satellites dans les années 1970. Néanmoins, on retrouve aussi cette fréquence peu élevée aux Antilles (Zahibo et al., 2007) qui est pourtant une région cyclonique qui, depuis le 19^{ème} siècle, est bien suivie et documentée.

Nous avons consulté le site du *Joint Typhoon Warning Center*¹³ et l'interface *Tropical Cyclone Best-Tracks*, qui met en ligne des informations concernant les trajectoires et les intensités (échelle de Saffir-Simpson) des cyclones sur le Pacifique Sud depuis 1945 et l'*Australian Severe Weather*¹⁴ qui tient une partie importante de ces sources du *Bureau of Meteorology* de Melbourne et suit les trajectoires et les intensités cycloniques depuis 1985. Un travail de cartographie des dépressions cycloniques et de leurs trajectoires a été réalisé à partir de ces sources et complété par une recherche bibliographique. Afin de mieux appréhender la réalité des événements climatiques ayant frappé les îles, nous avons exploité les archives territoriales situées à Papeari (Tahiti). A titre d'exemple, les cyclones qui sont passés à proximité de Tahiti (1983 et 1992), Bora-Bora (1961, 1983 et 1998), Tubuai (1972, 1981 et 1992), Rimatara (1958, 1966 et 1988) ou Rangiroa (1983 et 1998), dont les trajectoires figurent sur les sites du *Joint Typhoon Warning Center* et de l'*Australian Severe Weather*, sont bien attestés en Polynésie française par diverses notes et textes. D'après les archives Météo-France Polynésie¹⁵ et les informations fournies en ligne par les sites de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (Joint Typhoon Warning Center et l'interface Tropical Cyclone Best-Tracks)* et l'*Australian Severe Weather (Bureau of Meteorology de Melbourne)*, nous avons établi un bilan des épisodes cycloniques survenus en Polynésie française (Tableau 1). La classification utilisée afin de définir et de classer les événements tempétueux est celle de Saffir-Simpson¹⁶. Pour les raisons évoquées précédemment, les trajectoires cycloniques antérieures à 1970 sont supposées peu fiables pour le Pacifique Sud, aussi les figures 3 et 4 ont été réalisées sur la base des données postérieures à 1970.

¹³ <http://www.usno.navy.mil/JTWC/>

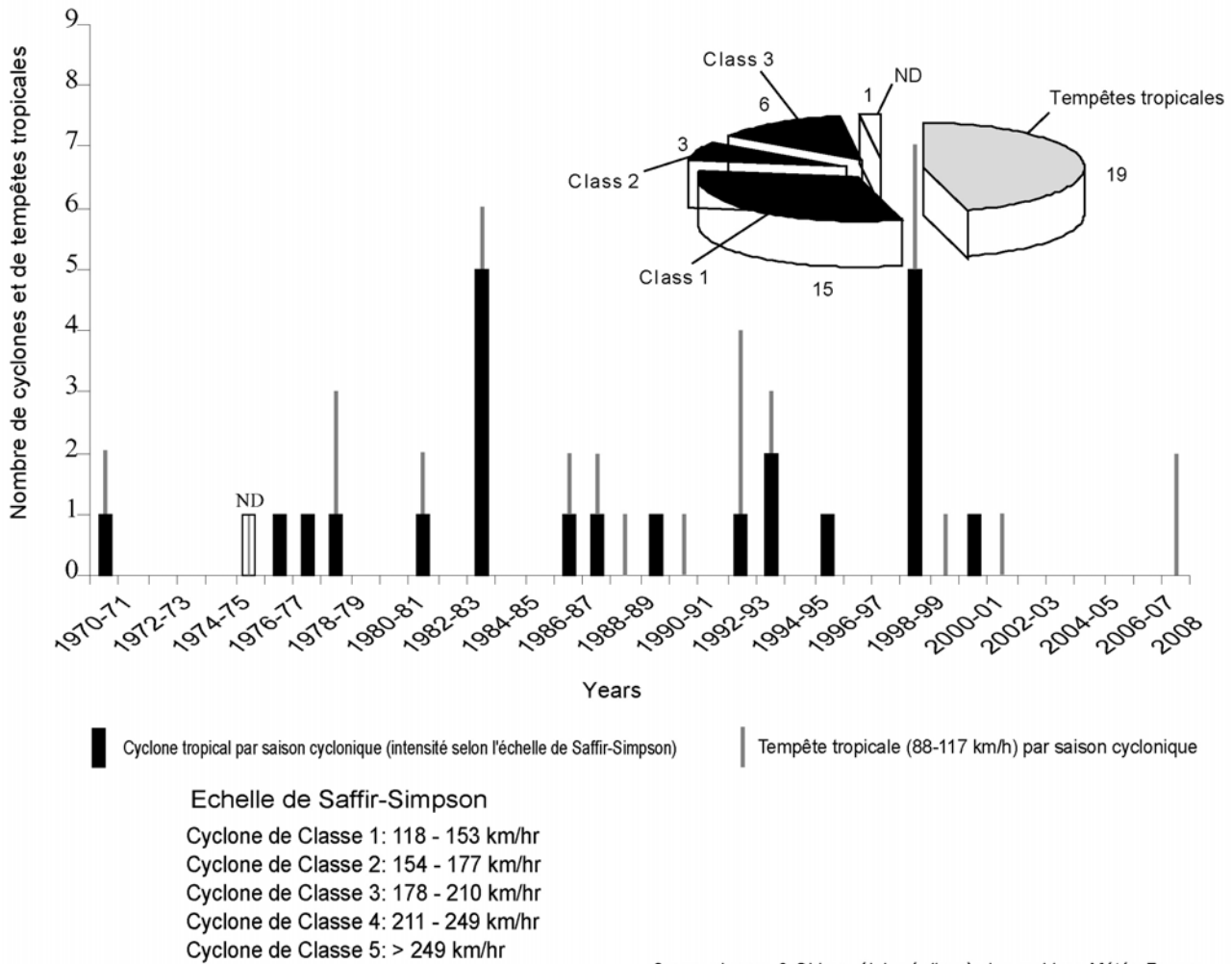
¹⁴ <http://australiasevereweather.com/cyclones/>

¹⁵ Site de l'aéroport international de Faa'a, Tahiti, Division Climats-Etudes-Réseau, Météo France – Polynésie française.

¹⁶ L'échelle de Saffir-Simpson, créée en 1969, permet de revenir sur les événements cycloniques et de les classer en tempêtes tropicales et cyclones tropicaux en fonctions de la vitesse des vents.

Tableau 1. Bilan des cyclones et des tempêtes tropicales ayant frappé la Polynésie française entre 1945 et 2009.

Saison cyclonique (entre 1945 et 2008)	Mois	Noms	Vent moyen (m/s)	Vent moyen (km/h)	Intensité (Saffir-Simpson)
1958	Janvier	ND	ND	ND	C1 (?)
1961	Mars	ND	ND	ND	Tempête Trop.(?)
1966	Janvier	ND	ND	ND	Tempête Trop.(?)
1968	Décembre	ND	ND	ND	Tempête Trop.(?)
1970	Mars	Emma	28	101	Tempête Trop.
1970	Février	Dolly	33	119	C1
1972	Mars	Agatha	28	101	Tempête Trop.
1975	ND	?	ND	ND	ND
1976	Février	Frances	33	119	C1
1977	Avril	Robert	41	148	C2
1978	Février	Charles	38	137	C1
1978	Décembre	Tessa	21	76	Tempête Trop.
1978	Février	Diana	26	94	Tempête Trop.
1981	Mars	Tahmar	34	122	C1
1981	Mars	Fran	28	101	Tempête Trop.
1983	Février	Orama	51	184	C3
1983	Mars	Reva	46	165	C2
1983	Décembre	Lisa	28	101	Tempête Trop.
1983	Février	Nano	51	184	C3
1983	Avril	William	39	140	C1
1983	Avril	Veena	51	184	C3
1986	Février	Ima	39	140	C1
1986	Février	June	28	101	Tempête Trop.
1987	Décembre	Sally	33	119	C1
1988	Mars	Cylla	23	83	Tempête Trop.
1989	Février	Hinano	33	119	C1
1990	Février	Peni	31	111	Tempête Trop.
1992	Février	Hettie	28	101	Tempête Trop.
1992	Février	Cliff	36	130	C1
1992	Janvier	?	23	83	Tempête Trop.
1992	Décembre	Wasa	55	198	C3
1993	Janvier	?	34	122	C1
1993	Janvier	?	23	83	Tempête Trop.
1993	Février	Nisha	34	122	C1
1995	Décembre	William	33	119	C1
1998	Novembre	Martin	51	184	C3
1998	Avril	Alan	23	83	Tempête Trop.
1998	Novembre	Osea	46	165	C2
1998	Décembre	Pam	38	137	C1
1998	Février	Wese	28	101	Tempête Trop.
1998	Février	Ursula	33	119	C1
1998	Mai	Bart	18	65	Tempête Trop.
1998	Février	Veli	34	119	C1
1999	Décembre	ND	26	94	Tempête Trop.
2000	Mars	Kim	51	184	C3
2001	Mars	Rita	28	101	Tempête Trop.
2007	Janvier	Zita	31	111	Tempête Trop.
2007	Janvier	Arthur	31	111	Tempête Trop.



Source: Larrue & Chiron, élaboré d'après les archives Météo-France Polynésie française, Faa'a - Tahiti.

Figure 2. Tempêtes tropicales et intensités des cyclones observés entre 1970 et 2009 – Polynésie française

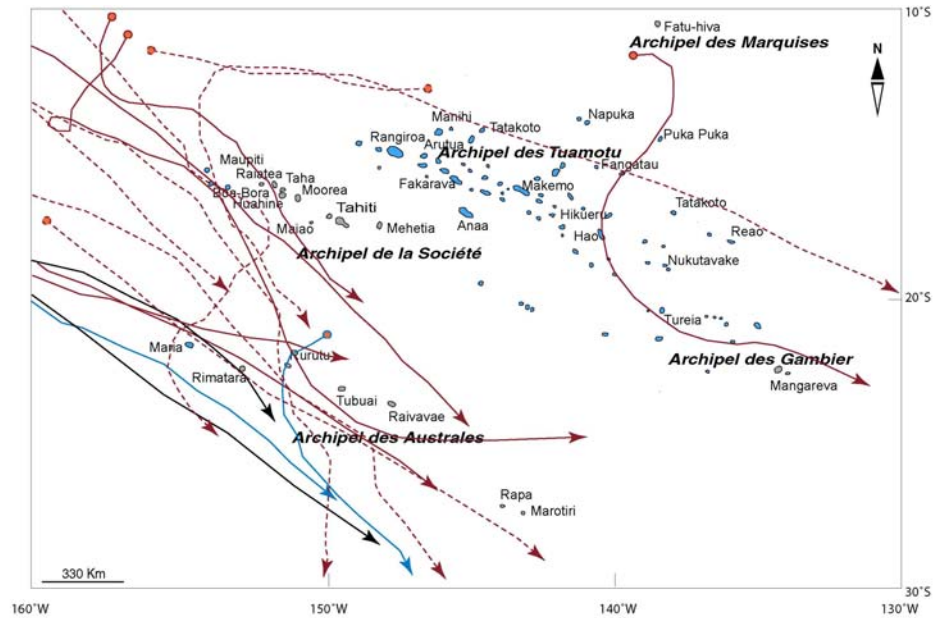
Sur la période 1970-2009, 44 épisodes cycloniques ont concerné la Polynésie française. Si l'on adopte la classification de l'échelle de Saffir-Simpson, 19 tempêtes tropicales ont frappé la Polynésie contre 24 cyclones (dont quinze de classe 1, trois de classe 2 et six de classe 3). Sur la période considérée, un événement demeure non renseigné.

En termes d'intensité, les cyclones polynésiens n'ont dépassé que très rarement le stade 3 sur l'échelle de Saffir-Simpson. A ce jour, aucun cyclone connu n'a balayé les îles de Polynésie avec des intensités de niveau 4 ou 5. Ceci ne signifie nullement que les cyclones polynésiens n'atteignent jamais, au cours de leur développement, de telles intensités. À titre d'exemple, le cyclone Wasa est passé en catégorie 4 avant d'être rétrogradé au stade 3 et de frapper les Australes en décembre 1992. Le récent cyclone Oli (4

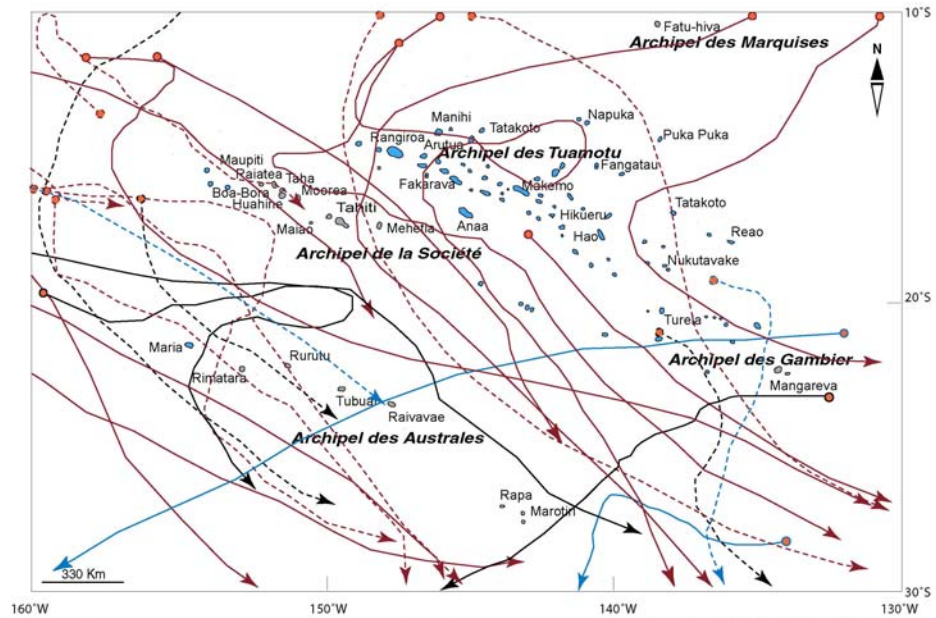
février 2010), de moindre intensité, a suivi la même logique avant de frapper l'île de Tubuai.

L'archipel de la Société et celui des Australes forment un groupe d'îles le plus soumis à l'aléa cyclonique...

Les figures 3 et 4 montrent que l'aléa cyclonique ne concerne pas toutes les îles de Polynésie française. La réalisation de ces figures s'appuie sur (1) les trajectoires issues des bases de données en ligne citées précédemment (*U.S. Naval Pacific Meteorology and Oceanography Center* via le *Joint Typhoon Warning Center*, l'interface *Tropical Cyclone Best-Tracks* et l'*Australian Severe Weather*) et (2) l'utilisation d'un Système d'Information Géographique.



(a) Événements cycloniques de novembre à janvier (période 1970-2009)



(b) Événements cycloniques de février à avril (période 1970-2009)

Conception et réalisation : T.Chiron & S.Larue



Sources : <http://australiasevereweather.com/cyclones/Joint Typhoon Warning Center Tropical Cyclone Best-Tracks>,
https://metocph.nmci.navy.mil/jtwc/best_tracks/TC_bt_report.html,
<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>

Figure 3. Trajectoires cycloniques ayant affectées les eaux territoriales de Polynésie française entre 1970 et 2009 et contexte climatique¹⁷.

¹⁷ Les années *El Niño*, *La Niña* ou année normale, sont issues de l'*International Research Institute for Climate and Society* (<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>) et le *Western Regional Climate Center* (<http://www.wrcc.dri.edu/enso/ensodef.html>).

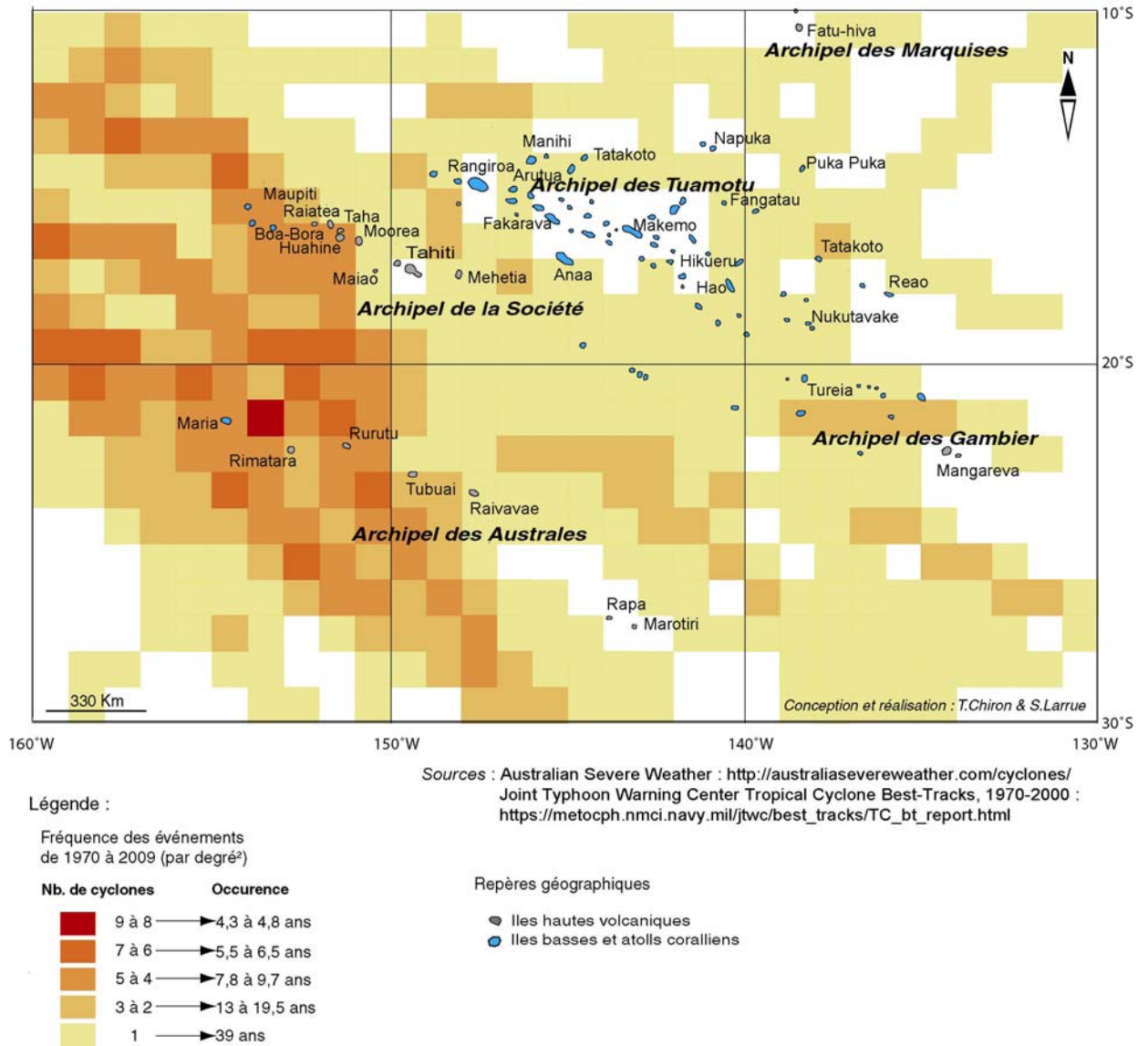


Figure 4. Fréquences de passage des tempêtes tropicales et des cyclones (par degré de latitude et de longitude) observés entre 1970 et 2009 en Polynésie française.

Chaque trajectoire cyclonique a été géoréférencée au format raster puis vectorisée à l'écran sous Système d'Information Géographique (SIG Mapinfo® Professional version 7.0). La superposition des tracés (une couche par année)¹⁸ (affiché sous Mapinfo, WGS 1984) permet d'appréhender la totalité des tempêtes tropicales et des cyclones sur la période 1970-2009. Le choix des trajectoires à sélectionner pour la Polynésie

française s'est effectué sur la base des 200 milles nautiques (370 km) de la Zone Exclusive Economique (ZEE). À partir de chaque île de Polynésie française des buffers de 370 km de rayon ont été créés sous Mapinfo. Quarante-quatre cyclones et tempêtes tropicales ont ainsi pénétré la ZEE de Polynésie française depuis 1970. La carte réalisée sous Mapinfo forme un enchevêtrement de 44 trajectoires peu lisibles. Afin d'obtenir un document de synthèse, les résultats graphiques ont été repris sous Dessin Assisté par Ordinateur (DAO Adobe Illustrator® 10). Sous DAO, la zone

¹⁸ <http://srtm.csi.cgiar.org>, WGS 1984

géographique¹⁹ a été carroyée en degré de latitude et de longitude. Pour chaque quadrat, le nombre de tracés (trajectoires) sur la période 1970-2009 a été comptabilisé. En Polynésie française, quelques cyclones ont des trajectoires « erratiques » et forment des boucles (e.g. cyclones Charles 1978 ; Orama 1983 ; William 1983 ; Sally 1987 ; Wasa 1992). Ces cyclones ne sont comptés qu'une seule fois dans chaque quadrat.

La figure 3 permet de définir deux périodes cycloniques. La première est formée des mois de novembre à janvier et révèle que 88% des cyclones et tempêtes tropicales se maintiennent au sud-ouest de la Société. La cyclogenèse se situe alors au nord-ouest de Tahiti et suit un axe « tendu » Samoa/Australes. Durant ces trois premiers mois, l'archipel des Australes et les côtes sud-ouest des îles de la Société demeurent les plus exposés aux cyclones. La seconde période regroupe les mois de février à avril. Ce trimestre est marqué par un éclatement des trajectoires et un étalement de la cyclogenèse d'ouest en est. L'archipel des Tuamotu est alors concerné par la menace cyclonique.

La figure 4 fait apparaître un corridor de forme conique. Cet entonnoir traduit l'existence d'un grand col barométrique qui s'étire des Samoa aux Australes, corridor de basses pressions entre l'anticyclone de l'Île de Pâques à l'est et celui de Kermadec à l'ouest. Soixante-dix pour-cent des tempêtes tropicales et des cyclones observés entre 1970 et 2009 suivent ce talweg, définissant *a posteriori* une zone géographique « habituellement » parcourue par les cyclones et les fortes tempêtes tropicales (Larrue et Chiron, 2009).

Aux Australes, les îles de Maria, Rurutu et Tubuai demeurent les plus exposées. Tubuai possède d'ailleurs sur sa zone littorale une ceinture verte de *Aïto* (*Casuarina equisetifolia*), ces arbres plantés sont de véritables brise-lames et témoignent de la présence régulière des fortes houles sur cette île (Larrue, Obs. perso.). Dans l'archipel de la Société, ce sont Maupiti, Bora Bora, Tahaa et Raiatea qui sont les îles hautes les plus exposées, tandis que Bellingshausen, Manuae et Mopelia sont les atolls des Îles sous le Vent régulièrement balayés par les cyclones et les tempêtes tropicales. Les îles des Marquises, situées entre 7°55'S et 10°32'S, n'ont pas une latitude favorable à la cyclogenèse. L'archipel n'a connu que le cyclone Veena en mars 1983 qui a affecté l'île méridionale de Fatu Hiva.

¹⁹ zone comprise entre les coordonnées géographiques 10°S, 130 W/160°W et 30°S, 130°W /160°W.

L'archipel des Gambier, formé des îles volcaniques de Mangareva, Temoe et des récifs de la Minerve et de Portland, a été frappé par le cyclone Kim en mars 2000 et la tempête tropicale Rita en mars 2001. Aucun autre cyclone ni forte tempête tropicale n'a été enregistré à ce jour dans l'archipel (observations 2009).

Le vaste archipel des Tuamotu, formé exclusivement d'atolls coralliens, est rarement concerné par le passage des cyclones. Dans le détail, la situation est néanmoins variable et l'archipel peut être divisé en trois groupes d'îles :

- les atolls du nord (1), formés surtout des îles de Fakarava, Makemo, Raroia, Aratika, Raraka, Takume et Marokau, totalisent la moitié des îles coralliennes de l'archipel mais n'ont enregistré aucun cyclone de 1970 à 2009 ;
- au cours de la même période, le groupe des atolls du sud (2) - Fangataufa, Maria et Marutea Sud- et nord - Mataiva, Tikehau, Arutua Ahe, Mahini, Takapoto et Kaukura - ont connu un cyclone tous les 8 à 10 ans. Ces derniers sont les atolls les plus peuplés ;
- les atolls de la marge sud des Tuamotu (3) sont concernés par des fréquences cycloniques très faibles, de l'ordre de 39 ans (Larrue et Chiron, 2009).

Ces fréquences sont similaires à celles annoncées par Jean François Dupon (1987) qui différencie approximativement la zone allant des Cook aux Australes, où le risque est d'un cyclone tous les deux ou trois ans, de celle englobant l'archipel des Tuamotu où il n'est plus que de 1/10 et 1/25 ans.

La circulation atmosphérique générale au-dessus du Pacifique Sud est connue depuis très longtemps pour sa relative instabilité. Depuis les travaux de Walker (1924), nous savons que le Pacifique tropical est caractérisé par une grande variabilité climatique liée à l'Oscillation Australe. Cette oscillation répond à une modification du rapport de force « d'arrière en avant et *vice-versa* » entre les pressions situées à l'est et à l'ouest du Pacifique (Walker, 1928). En conditions *ENSO* (*El Niño Southern Oscillation*), les alizés faiblissent en décembre puis s'effacent dans le Pacifique Sud au bénéfice des vents d'ouest qui deviennent dominants jusqu'en mai. Outre un changement de l'orientation des vents, l'augmentation des

températures et la modification des courants de surface, le phénomène *El Niño* déplace d'ouest en est la zone de cyclogenèse sur le Pacifique oriental (Rougerie et Wauthy, 1983).

La prédictibilité des *ENSO* est donc un point névralgique de la prévention et de la prévision des événements cycloniques en Polynésie française (Doumenge, 1999). Nous savons que l'occurrence des cyclones est maximale en épisode *El Niño*, épisode dont la fréquence est comprise entre deux et sept ans à l'échelle du Pacifique tropical (Wang et Fiedler, 2006 ; Chen et Cane, 2008). Quelques auteurs attribuent l'occurrence des cyclones en Polynésie française à une modification de la Température de Surface Océanique (SST)²⁰ associée au réchauffement général des eaux sur l'ensemble de la zone océanique affectée par *El Niño*. Un épisode *El Niño* est identifié lorsque la SST moyenne calculée sur 5 mois est supérieure de 0,4°C à la normale (en référence à la période 1961-1990), et de -0,4°C pour *La Niña*, et se maintient sur les 6 derniers mois (Trenberth, 1997). Ainsi, de 1949 à 1976, ce sont les anomalies froides, dites *La Niña*, qui dominent nettement le secteur intertropical du Pacifique, les épisodes chauds sont alors brefs et peu intenses, défavorisant la formation des cyclones à l'est du 160°W (Hastings, 1990 ; Wang et Fiedler, 2006). A partir de 1977 et jusqu'en 1997-1998, la situation inverse s'établit : des *ENSO* puissants (1982-1983 et 1986-1987) ou très prolongés (1991 et 1995) occupent la quasi totalité de la période (Trenberth et Hoar, 1996). Les épisodes exceptionnels de 1982-1983 et 1997-1998, corrélés au phénomène *El Niño*, se remarquent en Polynésie française par la concentration et l'intensité des cyclones. Sur la période 1970-2009, 13,6 % des tempêtes tropicales et des cyclones surviennent en année *La Niña*, 15,9 % en année normale alors que 70,4 % sont recensés en année *El Niño* (Figure 3). A titre de comparaison, ce résultat est bien supérieur aux occurrences données par de Scally (2008) pour les îles Cook (soit 56%) situées plus à l'ouest et dans un contexte géographique davantage favorable à la cyclogenèse.

Depuis Doumenge (1983), Rougerie et Wauthy (1983), Hasting (1990) et, plus récemment, Wang et Fiedler (*op.cit.*), nous savons que l'activité cyclonique dans le sud-ouest du Pacifique est soumise à l'expansion du « *warm pool* », véritable lentille d'eau chaude accumulée par les alizés à l'ouest du Pacifique et sur la mer de Corail. Hastings (*op.cit.*)

²⁰ La SST est définie dans la région Niño 3.4 (entre 5° S-5° N et 120° W-170° W).

a montré que les fluctuations méridiennes et latitudinales de ce « *warm pool* » sont directement liées au phénomène *ENSO*. *El Niño* provoque une extension en longitude du bord oriental du « *warm pool* » formé par les eaux marines superficielles de température supérieure à 28,5°C, condition nécessaire à la cyclogenèse dans le Pacifique Sud (Picaut et al., 1996). Lorsque l'extension est à son maximum, la cyclogenèse s'étend alors entre 10° et 20° de latitude sud et la zone océanique qui court des côtes australiennes du Nord Queensland jusqu'au 135°W, incluant de fait les archipels de Polynésie française. Cependant, l'épisode *El Niño* de 1986-1987 n'a engendré qu'un cyclone (Ima, classe 1) et une tempête tropicale (June) en Polynésie française (Tableau 1), alors qu'il est un des plus forts des dernières décennies du 20^{ème} siècle. La hausse des températures associée au déplacement du « *warm pool* » ne saurait expliquer à elle seule la cyclogenèse en Polynésie française. En effet, en année normale, la température des eaux de surface qui entourent l'archipel de la Société affiche des valeurs de 25-26°C d'août à septembre, puis de février à avril des températures de 29-30°C (Gannier et West, 2005). La Polynésie est constamment baignée par des eaux de surface dont la moyenne est supérieure à 28°C, ce qui est normalement suffisant pour entretenir plusieurs cyclogenèses (Picaut et al., 1996). L'augmentation de la SST n'est pas le seul élément à l'origine de la cyclogenèse en Polynésie française (Basher et Zheng, 1995). On occulte trop souvent les conditions inhibitrices dans la troposphère, telles que celles associées à des alizés trop rapides avec inversion thermique, des températures anormalement élevées dans la haute atmosphère ou des flux d'ouest fréquents en haute troposphère et entraînant un fort cisaillement. En de pareils cas, la convection ou la structure verticale des nuages convectifs se déforme et ne peut alimenter durablement une convection cyclonique. En contexte *ENSO*, de nombreux auteurs ont montré que l'augmentation de la SST s'accompagne aussi d'un déplacement « inhabituel » vers l'est des flux atmosphériques (Revell et Goulter, 1986 ; Doumenge, 1999 ; Hasting, 1990 ; Evans et Allan, 1992 ; Terry et al., 2001 ; Elsner et Liu, 2003).

Aussi, certains auteurs définissent le phénomène *El Niño* à partir du *Southern Oscillation Index* (SOI). Le SOI²¹ résulte

²¹ Le SOI est calculé sur la base d'une moyenne de 3 mois, tout comme la SST il traduit trois situations : année normale quand le SOI varie de -0,50 à +0,50; année *El Niño* (quand le SOI est négatif -0,50 à -1 ou moins) et année *La Niña* (quand le SOI est positif +0,50 à +1 ou plus), d'après le Western Regional Climate Center (<http://www.wrcc.dri.edu/enso/ensodef.html>).

de la différence de pression atmosphérique entre Tahiti (Îles de la Société) et Darwin en Australie, pression normalisée par l'écart type moyen mensuel (Wright 1975). En année normale, la pression atmosphérique est plus élevée sur Tahiti que sur Darwin. En situation *El Niño*, le SOI connaît des valeurs négatives dues à des pressions basses sur Tahiti et élevées sur Darwin, la situation est fortement inverse en année *La Niña* (Redmond et Koch, 1991 ; Picaut et al., 1996). Selon Basher et Zheng (1995), le développement des cyclones qui se forment à l'est de 170°E, soit en direction des eaux territoriales polynésiennes, relève surtout du changement de pression observée sur Tahiti et du déplacement des flux atmosphériques vers l'est. Ce déplacement a pour effet d'étendre la zone d'activité cyclonique des Îles Cook à la Polynésie française (Basher et Zheng, *op.cit.*).

Si la prédictibilité des *ENSO* est un point névralgique de la prévision des événements cycloniques en Polynésie française, les mesures concernant la SST ne sont pas suffisantes et devraient être associées à l'état de la haute et moyenne troposphère, notamment en tenant compte du SOI.

Dans le contexte du changement climatique, les scénarii du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) prévoient une montée globale du niveau des mers et une augmentation des températures océanique et atmosphérique. Quelles seront les conséquences du changement climatique sur l'occurrence, l'intensité et les trajectoires cycloniques des prochaines décennies ? Ces questions sont sur toutes les lèvres et l'avenir des petits pays insulaires face à la montée des eaux et aux houles cycloniques est incertain. Il est difficile de répondre aujourd'hui à cette question, d'autant plus que certains auteurs démontrent une augmentation des intensités cycloniques depuis le début du 20^{ème} siècle (Webster et al., 2005 ; Sriver et Hubert, 2006 ; Elsner et al., 2008) quand d'autres ne relèvent aucune tendance affirmée (Chan, 2006 ; Klotzbach, 2006 ; Landsea et al., 2006 ; Chauvin et Royer, 2007). Cependant, depuis 1950, la température moyenne sur Tahiti a augmenté au rythme de 0,0343°C/an (Laurent et al., 2004) et des changements se font déjà sentir sur la végétation endémique orophile (Meyer, com. perso.)²². Le changement climatique va-t-il entraîner une augmentation des épisodes *El Niño* dans le Pacifique Sud,

entraînant de fait une augmentation des fréquences et/ou des intensités cycloniques ?

De nombreuses études montrent que le phénomène *El Niño* n'est pas un événement récent. Des auteurs ont retrouvé des traces d'*El Niño* en observant la composition des coraux (Castellaro, 1999 ; Corrège et al., 2000 ; Bessat, 2000). Ainsi, des travaux conduits au Vanuatu (Corrège et al.) montrent des variations importantes de températures de la mer liées à *El Niño* pour une série de 47 années d'observations vers 4150 ans BP. Au sud-ouest de l'Equateur, Rodbell (Rodbell et al., 1999) a retrouvé dans des dépôts sédimentaires des épisodes *El Niño* importants datés de 15 000 ans BP, soit durant la dernière période glaciaire. Des études montrent qu'au cours de la période pré-industrielle, les anomalies de températures liées aux phénomènes *El Niño* étaient plus fortes qu'aujourd'hui (Corrège et al., 2001) et des travaux portant sur la mise en place d'une chronologie de 1520 à 1990 (Quinn et al., 1987) ont permis de retrouver de forts événements *El Niño* jusqu'en 1525, du petit Âge Glaciaire à la période contemporaine plus chaude. Outre l'ancienneté du phénomène *El Niño*, ces études laissent penser que les prévisions du GIEC concernant l'augmentation des températures n'entraîneront pas forcément une accentuation de la fréquence des *El Niño* et des épisodes cycloniques sur la Polynésie française.

Conclusion

La faiblesse du nombre des cyclones et des tempêtes tropicales en Polynésie française ne permet pas de dresser de cartes précises concernant l'aléa cyclonique à l'échelle de chaque île. En l'état actuel des connaissances, cette cartographie est seulement possible sur l'ensemble de la Polynésie française. Cependant, et malgré la faiblesse de l'échantillon, cette approche permet de dégager par archipel des tendances suffisamment marquées. Ainsi, la fréquence des cyclones contemporains est quasi nulle pour l'archipel des Marquises dont la situation géographique, proche de l'équateur, garantit la sous représentativité du phénomène cyclonique. La fréquence de l'aléa cyclonique est très faible pour l'archipel des Tuamotu et des Gambier. A l'inverse, les archipels des Australes et de la Société se situent dans une région fréquemment parcourue par les cyclones et les tempêtes tropicales. Les côtes ouest de l'archipel de la Société, notamment Bora-Bora, Raiatea, Taha, Moorea et Tahiti, sont plus exposées que les côtes est. Dans le cas des Australes, les côtes sont uniformément soumises à l'aléa cyclonique. Si les îles de la Société et les

²² Botaniste et phytosociologue, Délégation à la Recherche, Papeete, Tahiti (entretien du 22 avril 2010).

Australes sont plus fréquemment menacées, la vulnérabilité face à un tel aléa est surtout très grande pour l'archipel des Tuamotu qui a, par le passé, payé un lourd tribut. Ce contraste relève de la simple dualité géographique entre les îles hautes volcaniques et les îles basses coralliennes. Les sociétés polynésiennes peuplant les îles basses coralliennes ont surtout à redouter les houles cycloniques. Sans possibilité de repli sur les hauteurs, les populations appliquent encore aujourd'hui « le regroupement au cocotier », pratique qui consiste à s'amarrer à la tête d'un cocotier à l'aide de cordages. A l'inverse, les îles hautes volcaniques offrent de nombreuses possibilités d'abri.

Les documents réalisés permettent de dresser un état des lieux de la situation actuelle. Nous espérons que ce bilan contribuera à approfondir les connaissances de l'aléa cyclonique en Polynésie française et permettra, dans le contexte du changement climatique, de mieux suivre l'évolution des cyclones.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Emmanuel Des Garets (chargé des PPR, Papeete) pour nous avoir transmis les données météorologiques dont il disposait. Nous espérons que ce travail lui apportera quelques éléments pour une meilleure connaissance de l'aléa cyclonique en Polynésie française. Nous souhaitons également remercier M. François Merceron (Université de la Polynésie française) qui nous a apporté tout son soutien et de précieuses informations concernant les événements de 1982-83. Nous n'oublierons pas M. François Doumenge qui nous avait communiqué ses nombreux travaux sur le sujet et encouragé à entreprendre ce travail. Enfin, nous remercions les rapporteurs de cet article qui ont fortement contribué à améliorer sa lisibilité et son contenu scientifique.

Bibliographie

- Basher, R. E. et X. Zheng, 1995, Tropical cyclones in the Southwest Pacific: Spatial Patterns and Relationships to Southern Oscillation and Sea Surface Temperature, *Journal of Climate*, 8, pp. 1249-1260.
- Bessat, F., 2000, *La mémoire des coraux. A la recherche des secrets du climat*, Publication de la Sorbonne, Paris, 241 p.
- Bonvallet, J., J.-F. Dupon, E. Vigneron, J.-C. Gay, C. Morhange, C. Ollier, G. Peugniez, B. Reitel, et F. Yon-Cassat, 1993, *Atlas de la Polynésie française*, ORSTOM, Paris, 284 p.
- Castellaro C., 1999, *Reconstitutions paléoclimatiques et paléoenvironnementales à l'Holocène et au Pléistocène terminal en Nouvelle-Calédonie et aux Seychelles (région Indo-Pacifique) : l'enregistrement par les coraux*, Thèse : Université de Provence, Aix-Marseille I, 212 p.
- Chauvin F. et J.F. Royer, 2007, L'intensité des cyclones augmente-t-elle ? Dossier *Pour-la-Science*, Climat, comment éviter la surchauffe ? 54, pp. 35-38.
- Chan, J. C. L., 2006, Comment on Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science*, 311, 5768, pp. 1713.
- Chen D. et M.A. Cane, 2008, El Niño prediction and predictability, *Journal of Computational Physics*, 227, pp. 3625-3640.
- Corrège T., T. Delcroix, J. Recy, W. Beck, G. Cabioch, et F. Le Cornec, 2000, Evidence for stronger El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events in a mid-Holocene massive coral, *Paleoceanography*, 15, pp. 465-470.
- Corrège T., T. Quinn, T. Delcroix, F. Le Cornec, J. Recy et G. Cabioch, 2001, Little Ice Age sea surface temperature variability in the southwest tropical Pacific, *Geophysical Research Letters*, 28, pp. 3477-3480.
- Danloux J., 1997, *Etude des risques naturels dans la basse vallée Papeete*, ORSTOM-Laboratoire d'hydrologie, Service de l'Urbanisme, Papeete, 98 p.
- Doumenge F., 1983, Déséquilibres hydroclimatiques et catastrophes dans le Pacifique intertropical (juillet 1982-avril 1983), *Annales de Géographie*, 512, pp. 403-413.
- Doumenge F., 1984, Les cyclones de l'été austral 1982-1983 en Polynésie Française, *Nature et hommes dans les îles tropicales : réflexions et exemples*, coll « Îles et archipels », n° 3, CEGET-CRET, Bordeaux, pp. 50-68.
- Doumenge F., 1999, L'oscillation australe El Niño (ENSO) : anomalies de l'hydroclimat et conséquences, *Biologia Marina Mediterranea*, 6, 1, pp. 1-51.
- Dupon J. F., 1985, *Disaster preparedness and disaster experience in French Polynesia*, Pacific Island Development Program, East-West Center, Honolulu, Hawaii, 86 p.
- Dupon J.F., 1987, Les atolls et le risque cyclonique. Le cas des Tuamotu ». *ORSTOM, Cahier des Sciences Humaines*, 23, 3-4, pp. 567-599.
- Evans, J. L. et R. J. Allan, 1992, El Niño/Southern Oscillation modification to the structure of the monsoon and tropical cyclone activity in the Australian region, *International Journal of Climatology*, 12, pp. 611-623.
- Elsner, J. B. et K.-B. Liu, 2003, Examining the ENSO-typhoon hypothesis, *Climate Research*, 25, pp. 43-54.
- Elsner J. B., J. P. Kossin, et T. H. Jagger, 2008, The increasing intensity of the strongest tropical cyclones. *Nature*, 455, pp. 92-95.
- Gannier, A. et K. L. West, 2005, Distribution of the Rough-Toothed Dolphin (*Steno bredanensis*) around the Windward Islands (French Polynesia), *Pacific Science*, 59, 1, pp. 17-24.
- Giovannelli J.L., 1940, Les cyclones en Océanie Française. Caractères généraux des cyclones tropicaux, *Bulletin de la Société des Etudes Océaniques*, 68, pp. 250-267.
- Harmelin-Vivien M.L. et P. Laboute, 1986, Catastrophic impact of hurricanes on atoll outer reef slopes in the Tuamotu (French Polynesia), *Coral Reef*, 5, pp. 55-62.
- Hastings P.A., 1990, Southern Oscillation influences on tropical cyclone activity in the Australian/South-West Pacific region, *International Journal of climatology*, 10, pp. 291-298.
- Klotzbach P., 2006, Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986-2005), *Geophysical Research Letters*, 1, pp. 33.
- Larrue S. et T. Chiron, 2009, Les cyclones en Polynésie française: fréquence et discrétisation des trajectoires, *Pacific International Congress*, Poster Exhibition, 2-6 March, Tahiti. http://www.pacificscience.org/pdf/PSI09/PSI2009_PROGRAM.pdf
- Laboute P., 1985, Evaluation of damage done by the cyclones of 1982-1983 to the outer slopes of the Tikehau and Takapoto atolls

- (Tuamotu archipelago), *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*, ORSTOM, Tahiti, 6 p.
- Landsea, C. W., B. A. Harper, K. Hoarau et J.A. Knaff, 2006. Can we detect trends in extreme tropical cyclones? *Science*, 313, 452-454.
- Laurent, V., K. Maamaatuaiahutapu, J. Maiiau, et P. Varney, 2004, *Atlas climatologique de la Polynésie française*, Météo-France, Direction interrégionale de Polynésie française, Papeete, 201 p.
- Merle J. et Y. Tourré, 1984, El Niño 1982-1983 et ses conséquences climatologiques, *Météorologie Maritime*, 120, pp. 31-39.
- Maunder, J., 1995, *An historical overview regarding the intensity, tracks and frequency of tropical cyclones in the South Pacific during the last 100 years, and an analysis of any change in these factors*, World Meteorological Organization, Geneva, Technical Document WMO/TD-No. 692/Report No. TCP-37.
- Ottino P., 1965, *Ethno-histoire de l'atoll Rangiroa*. ORSTOM, Papeete, 167 p.
- Picaud J., M. Ioualalen, C. Menkes, T. Delcroix et M.J. McPhaden, 1996, Mechanism of the zonal displacements of the Pacific warm pool: implications for ENSO, *Science*, 274, pp. 1486-1489.
- Quinn W.H., V.T. Neal et S.E. Antunez de Mayolo, 1987, El Niño occurrences over the past four and a half centuries, *Journal of Geophysical Research*, 92, pp. 14449-14461.
- Redmond, K. T. et R. W. Koch, 1991, Surface climate and streamflow variability in the western United States and their relationship to large-scale circulation indices, *Water Resources Research*, 27, 9, pp. 2381-2399.
- Revell, C. C. et S. W. Goulter, 1986, South Pacific tropical cyclones and the Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, 114, pp. 1138-1145.
- Rodbell, D.T., G.O. Seltzer, D.M. Anderson, M.B. Abbott, D.B. Enfield et J.H. Newman, 1999, An analysis of a 15,000-year record of El Niño-driven alluviation in southwestern Ecuador, *Science*, 283, 5401, pp. 516-520.
- Rougerie F. et B. Wauthy 1983, *Anomalies de l'hydroclimat et cyclogénèse en Polynésie en 1982 et 1983*, ORSTOM, Tahiti, 15 p. + annexes.
- de Scally, F. A., 2008, Historical tropical cyclone activity and impacts in the Cook Islands. *Pacific Science*, 62, 4, pp. 443-459.
- Sliver, R. L. et M. Huber, 2006, Low frequency variability in globally integrated tropical cyclone power dissipation, *Geophysical Research Letters*, 33, L11705 doi:10.1029/2006GL026167.
- Teissier R., 1977, *Les cyclones en Polynésie Française (1878-1903-1905-1906)*, publication de la Société des Etudes Océaniques, Papeete, 14, 166-167, 48 p.
- Terry, J. P., R. Raj, et R. A. Kostaschuk, 2001, Links between the Southern Oscillation Index and hydrological hazards on a tropical Pacific island. *Pacific Science*, 55, pp. 275-283.
- Trenberth K.E. et T.J. Hoar, 1996, The 1990-1995 El Niño-Southern Oscillation event: longest on record, *Geophysical Research Letters*, 23, 1, pp. 57-60.
- Trenberth, K. E., 1997, The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 12, pp. 2771-2777.
- Walker G.T., 1924, Correlation in seasonal variations of weather IX : a further study of world weather, *India Meteorological Department*, 24, pp. 275-332.
- Walker G.T., 1928, World weather III. *Royal Meteorological Society*, 3, pp. 81-95.
- Wang C. et P.C. Fiedler, 2006, ENSO variability and the eastern tropical Pacific: a review, *Progress in Oceanography*, 69, pp. 239-266.
- Webster, P.J., G.J. Holland, J.A. Curry et H.-R. Chang, 2005, Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment, *Science*, 309, pp. 1844-1846.
- Wright, P. B., 1975, *An index of the Southern Oscillation*. University of East Anglia - Climatic Research Unit, Report CRU RP4, Norwich, 22 p.
- Zahibo, N., E. Pelinovsky, T. Talipova, A. Rabinovich, A. Kurkin et I. Nikolkina, 2007, Statistical analysis of cyclone hazard for Guadeloupe, Lesser Antilles, *Atmospheric Research*, 84, pp. 13-29.

Sites internet

- Institut de la statistique de Polynésie française, Papeete : <http://www.ispf.pf/ISPF/Home.aspx>
- Australian Severe Weather, Melbourne : <http://australiasevereweather.com/cyclones>
- Western Regional Climate Center. Classification of El Niño and La Niña Winters site, Reno : <http://www.wrcc.dri.edu/ens0/ensodef.html>
- International Research Institute for Climate and Society. Defining ENSO. The Earth Institute, Columbia University, New-York : <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>
- Joint Typhoon Warning Center, Pearl Harbor, Hawaii : <http://www.usno.navy.mil/JTWC/>