Etat des Lieux sur les Enjeux du Changement Climatique en Polynésie Française

Juillet 2009

Eleonora Avagliano & Jérôme N. Petit

Ministère de l'Environnement
Direction de l'Environnement

UC Berkeley, Gump Station

Remerciements

Le Ministère de l'Environnement et la Direction de l'Environnement de la Polynésie française, en collaboration avec la station de recherche Richard B. Gump (antenne de l'Université de Californie Berkeley basée à Moorea), ont souhaité financer la réalisation d'un premier « Etat des Lieux sur les Enjeux du Changement Climatique en Polynésie Française » afin d'identifier les connaissances acquises et les lacunes relatives à cette problématique. Les auteurs remercient le Ministère de l'Environnement, la Direction de l'Environnement et la station Gump pour leur soutien financier, et en particulier le Ministre Georges Handerson, Paula Meyer du Ministère de l'Environnement, Willy Tetuanui le Directeur de l'Environnement, et Neil Davies le directeur de la station Gump pour leur aide précieuse.

Cette étude a été menée de février à juillet 2009. Son élaboration a permis parallèlement d'initier une réflexion concertée sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française à travers la création du « Réseau Changement Climatique Polynésie » qui regroupe plus de 80 acteurs locaux concernés par cette thématique. Cette plateforme participative permettra à la Polynésie française d'élaborer une stratégie pour le changement climatique adaptée et partagée par tous.

Ce document d'état des lieux rassemble les apports et les recommandations de 104 contributeurs : des acteurs locaux du gouvernement, des ministères, du secteur public, des centres de recherche, des associations et du secteur privé, mais aussi des acteurs nationaux et internationaux influents dans le débat sur le changement climatique. Ces contributeurs ont bien voulu apporter leurs données, relire et corriger le document. Les auteurs remercient sincèrement ces partenaires pour leur aide précieuse.

Citation : Avagliano E. & Petit J.N. 2009. Etat des lieux sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française. Ministère de l'Environnement de la Polynésie française, Direction de l'Environnement de la Polynésie française, Station Gump, UC Berkeley.

Contributeurs

Alain Adam (Direction de l'Environnement), Richard Ariihau Tuheiava (Sénat de la République française), Annie Aubanel (IFRECOR), Olivier Babin (Service de l'Urbanisme), Raymond Bagnis (Proscience), Tamatoa Bambridge (CRIOBE), Pierre Baudry (Enviropol), Agnès Benet (PROGEM), Véronique Berteaux-Lecellier (CRIOBE), Frédéric Bessat (East West Center), Hervé Bossin (ILM), Jean-François Butaud (Consultant), Laurent Cathelain (Service de l'Energie et des Mines), Dexter Cave (Bio Fenua), Yvon Chagne (Vice Présidence de la Polynésie française), Jean Louis Chailly (SEDEP), Yannick Chancerelle (CRIOBE), Mireille Chinain (ILM), Yves Conroy (Ministère des grands travaux, des mines et de l'énergie), Jacques Danto (BRGM Polynésie), Neil Davies (UC Berkeley, Station Gump), Eric Deat (Ministère de la solidarité, de l'habitat et de la famille), Cécile Debitus (IRD), Sylvie Dechamps (Defi pour la Terre, Fondation Nicolas Hulot), Stephane Defranoux (Service du Développement Rural), Virginie Delisée-Pizzo (AFD), Emmanuel des Garets (Service de l'Urbanisme), Yves de Soye (UICN Bruxelles), Quentin Donier (PAP), Yves Doudoute (No to U Fenua), François Dupont (EDT), Peter Edmunds (California State University), Charles Egretaud (PTPU), Pascal Erhel (Oatea), Mizaël Faucon (2D attitude), Sylviane Fauvet (Service de la Pêche), Nicolas Fourreau (Enviropol), René Galzin (CRIOBE), Widric Gandouin (CCISM), Heifara Garbet (Etablissement d'Aménagement et de Développement (EAD), Eliane Garganta (Direction de l'Environnement), Bruno Garnier (2D attitude), Cécile Gaspar (Te Mana o te Moana), Marc Gillet (ONERC), Emmanuelle Gindre (Ministère de l'Environnement), Elena Gorchakova (Te Mana o te Moana), Yves Gregoris (Météo France, Polynésie), Alain Guitard (Moana Roa), Corinne Guitard (Moana Roa), Georges Handerson (Ministre de l'Environnement), Pierre Heitaa (Jeunesse Maroto), Fred Jacq (Ingénieur écologue consultant), Daniel Kammen (UC Berkeley), Victoire Laurent (Météo France, Polynésie), Elodie Lagouy (Reef Check), Nicolas Laugeon (Technopro), Benoît Layrle (SEP), Laurent Le Breton (PBSC), Patricia Lichon (Ministère de l'équipement et de l'urbanisme, chargé des ports et des aéroports), Cédrik Lo (Service de la Perliculture), Benoît Lucidor (ADEME Polynésie), Christian Machoux (PAP), Vincent Maono (Mata Ara Te Haa Fenua Papenoo), Pierre Mery (Haut Commissariat de la République), Jean-Yves Meyer (Délégation à la Recherche), Paula Meyer (Ministère de l'Environnement), Frédérique Millard (MEEDDAT), Christophe Misselis (Ministère des ressources de la mer), Arotini Moua (SEP), Nicolas Mouy (ADEME Polynésie), Xavier Muron (AFD), Hinano Murphy (Te Pu Atitia), Emilie Nowak (Service de l'Urbanisme), Joël Orempuller (IRD), Lucien Pesquie (Photographe 2D attitude), Boris Peytermann (PAP), Cédric Ponsonnet (Service de la Pêche), Bran Quinquis (PTPU), Dominique Revet (UNFCCC), Dominique Reymond (Laboratoire de géophysique/CEA), Maina Sage (Assemblée de Polynésie française), Michel Sallenave (Haut Commissariat de la République), Augustine Shan-Sei-Fan (Ministère de l'Environnement), Skip Staats (IES), Arsène Stein (Service de la Pêche), Léopold Stein (Service du Développement Rural), Benoît Sylvestre (Enviropol), Willy Tetuanui (Direction de l'Environnement), Donatien Tanret (CAPSE), Marc Taquet (Ifremer Centre de Tahiti), Romy Tavaearii (Service du Développement Rural), Alexandre Tayalé (Association «Te Honu Tea»), Gilles TeHau Parzy (Bio Fenua), Guillaume Prudent-Richard (Maunsell AECOM), Temarii M. (Te Ito Natura), Célia Tetavahi (Direction de l'Equipement), Vadim Toumaniantz (Direction de l'Environnement), Vaia Tuuhia (Délégation de la Polynésie française à Bruxelles/ OCTA), Patrick Varney (Météo France), Coralie Vermenot (Bilan Carbone Polynésie), Stephane Verwilghen (Commission Européenne), Yann Wolff (Marama Nui), Stephen Yen-Kai-Sun (Service de la Pêche).

Edition:

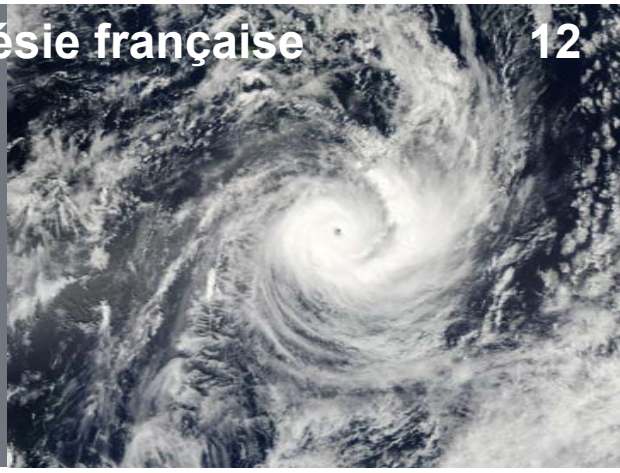
Cecelia Azhderian (University of California Santa Cruz).

Sommaire

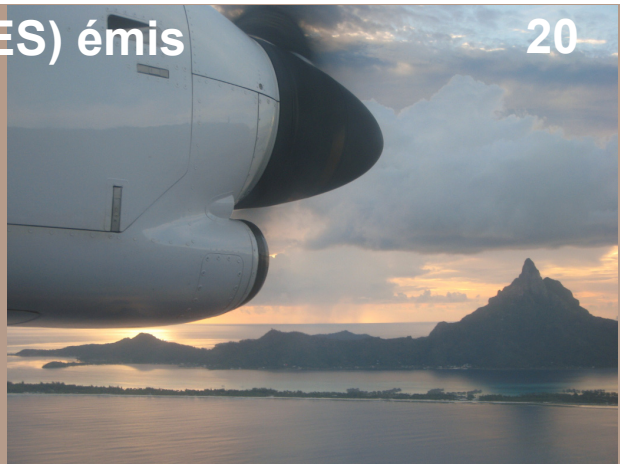
Remerciements i
Contributeurs ii
Sommaire iii
Introduction vi

1 Caractéristiques de la Polynésie française 1
1.1. Géographie 2
1.2. Biodiversité 2
1.3. Ressources en eau 3
1.4. Climat 3
1.5. Situation institutionnelle 4
1.6. Population 5
1.7. Economie 6
1.8. Energie 10
1.9. Transports 11

2 Projections climatiques pour la Polynésie française 12
2.1 Températures de l'air 13
2.2. Modification du régime de précipitations 15
2.3. Intensification des cyclones 17
2.4. Elévation du niveau marin 18
2.6. Acidification de l'océan 19
2.7. Accentuation du phénomène ENSO 19



3 Inventaire des Gaz à Effet de Serre (GES) émis en Polynésie française 20
3.1. Méthode d'inventaire des Gaz à Effet de Serre (GES) 21
3.2. Emissions par secteur 22
3.3. Analyse 29



4 Mesures d'atténuation du changement climatique entreprises en Polynésie française 31

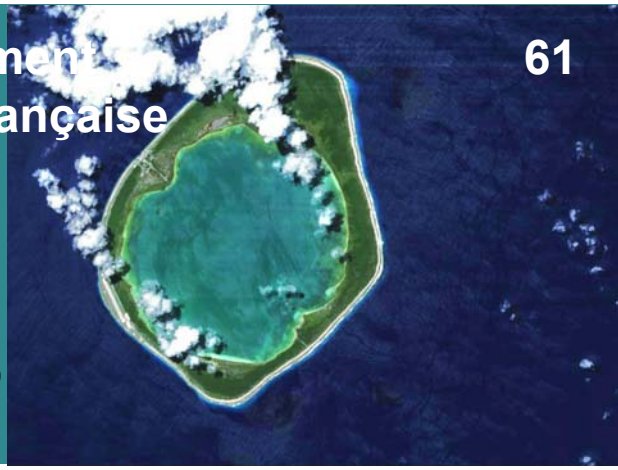
4.1. Réglementation relative à l'atténuation 32
4.2. Maîtrise de l'énergie 33
4.3. Développement des énergies renouvelables 35
4.4. Stockage du carbone 45
4.5. Conclusion 46

5 Vulnérabilités de la Polynésie française face aux effets du changement climatique 47

5.1. Impacts potentiels du changement climatique sur les milieux naturels et l'environnement 45
5.2. Impacts potentiels du changement climatique sur l'économie 48
5.3. Impacts potentiels du changement climatique sur les sociétés 58

6 Mesures d'adaptation face au changement climatique entreprises en Polynésie française 61

6.1. Réglementation relative à l'adaptation en Polynésie française 62
6.2. Initiatives d'adaptation relatives aux milieux naturels et à l'environnement 62
6.3. Initiatives d'adaptation relatives à l'économie 67
6.4. Initiatives d'adaptation relatives aux sociétés 69
6.5. Conclusion



7 Initiatives de renforcement des capacités et de sensibilisation face aux effets du changement climatique en Polynésie française 70

7.1. Renforcement des capacités 71
7.2. Sensibilisation au changement climatique 71

8 Possibilités de financement et contraintes 74

8.1 Secteur public 75
8.2 Secteur privé 76
8.3. Conclusion 77

Conclusion 78
Bibliographie 79
Acronymes 88
Credit photo 90

Introduction

Le changement climatique a récemment été accepté comme une problématique mondiale majeure. Les scénarii météorologiques internationaux projettent une augmentation significative des températures annuelles moyennes, une modification du régime des précipitations, une élévation du niveau marin, une intensification possible des cyclones en milieu tropical et une acidification des océans (GIEC, 2007)

La Polynésie française présente une vulnérabilité particulière face à cette menace nouvelle. Son caractère insulaire et l'absence de continuité territoriale empêchent un déplacement de la population et des espèces dans les terres en cas d'élévation du niveau marin, en particulier dans les atolls situés à quelques mètres au dessus du niveau de la mer. Les infrastructures du territoire ne sont pas toujours préparées pour résister à une intensification des cyclones. D'autre part, l'économie de la Polynésie française est largement dépendante des ressources naturelles à travers notamment le tourisme, la perliculture, la pêche et l'agriculture ; et ces ressources sont directement menacées par une variation climatique. Cependant, malgré cette vulnérabilité importante, il n'existe que très peu de données locales sur les impacts potentiels du changement climatique en Polynésie française. La bibliographie est limitée et les connaissances sont fragmentées. De la même façon, le développement des énergies renouvelables, avec l'exception de l'hydroélectricité, est encore faible. L'extrême dépendance du pays aux énergies fossiles importées et l'éloignement des archipels rendent l'électricité locale l'une des plus chères au monde alors que le potentiel des énergies vertes est énorme.

Les états qui ont ratifié le protocole de Kyoto et la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC), sont invités à réaliser une réflexion propre sur le changement climatique, à travers les « Communications Nationales sur le Changement Climatique ». Au titre du protocole de Kyoto, le périmètre de la France se limite à la métropole et aux départements d'outre-mer (DOM), et exclut donc la Polynésie française. La Polynésie ne participe pas non plus directement à la CCNUCC, étant représentée par la France. La Polynésie française n'a donc jamais été invitée à produire de communication sur le changement climatique, ni assistée par la France ou la communauté internationale pour réaliser une réflexion sur les enjeux du changement climatique à son échelle. Les « Communications nationales » sur le changement climatique élaborées pour la France mentionnent à peine l'outre-mer alors que la vulnérabilité y est probablement la plus forte.

Le Gouvernement de Polynésie française, ayant pris conscience de la vulnérabilité spécifique du pays face à au changement climatique, est particulièrement sensible à cet enjeu. En septembre 2006 à Paris, le Ministre de l'Environnement, Georges Handerson, lançait un appel international conjoint avec le Groenland, pour alerter l'opinion publique et les décideurs sur «la gravité des risques climatiques sur leurs écosystèmes et leurs populations», au nom de l'OCTA (European Union Overseas Countries and Territories Association). Le Ministère de l'Environnement et la Direction de l'Environnement de Polynésie française, en collaboration avec la station de recherche Richard B. Gump (antenne de l'Université de Californie Berkeley basée à Moorea), ont souhaité par la suite réaliser un premier « Etat des Lieux sur les Enjeux du Changement Climatique en Polynésie Française ». Cette étude vise à initier une réflexion concertée entre les différents acteurs concernés pour être en mesure d'élaborer par la suite une stratégie de lutte adaptée et partagée par tous.

La méthodologie utilisée pour l'élaboration de cet état des lieux suit les consignes indiquées par la CCNUCC pour réaliser les « Communications Nationales », et le rapport suit la trame proposée. Après une brève présentation des caractéristiques du pays, l'état des lieux offre une synthèse des projections climatiques avancées pour la Polynésie française d'ici 2100. Il propose ensuite un premier inventaire des gaz à effet de serre émis par le pays sur la base des données disponibles et présente les mesures d'atténuations entreprises en Polynésie française pour réduire les émissions. L'étude présente ensuite les vulnérabilités spécifiques de la Polynésie française face au changement climatique et les mesures d'adaptation entreprises. Enfin, les activités de sensibilisation et les possibilités de financements seront explorées.

1 Caractéristiques de la Polynésie française

1

Une présentation rapide des caractéristiques spécifiques de la Polynésie française présente le contexte géographique, social et économique du pays, et permet de mieux comprendre ses vulnérabilités spécifiques face aux menaces nouvelles du changement climatique.

1.1. Géographie

La Polynésie française est un pays d'outre-mer français situé dans le Pacifique Sud qui comprend 119 îles réparties sur une surface maritime de 2,5 millions de km² et qui représentent environ 3 500 km² de terres émergées (Gabrié et al., 2006). La ZEE (Zone Economique Exclusive) de la Polynésie française représente quant à elle 5,5 millions de km². Les îles se repartissent entre 30 îles hautes, 5 îlots, 1 atoll soulevé, 1 banc de sable et 82 îles basses coralliennes ou atolls (Fred Jacq, communication personnelle 2009). Ces îles se regroupent en cinq archipels: les îles de la Société au centre, les Marquises à environ 1300 km au nord-est, les Australes entre 750 km et 1200 km au sud, les Tuamotu à environ 600 km à l'est et les Gambier à environ 1300 km au sud-est (cf. figure 1.1). La Polynésie française est extrêmement isolée au sein du Pacifique; ses iles sont situées à mi-chemin entre l'Australie et l'Amérique : à environ 5 000 kilomètres de Sydney et 6 000 kilomètres de Los Angeles.

1.2. Biodiversité

En raison de leur isolement, les îles polynésiennes ont une diversité biologique relativement pauvre en nombre d'espèces pour une région tropicale, mais aussi extrêmement riche en termes d'endémisme terrestre (Meyer et Salvat, 2008). Les espèces qui ont réussi à atteindre naturellement ces îles ont évolué pendant plusieurs milliers d'années en vase clos pour s'adapter par spéciation à l'ensemble des niches écologiques vacantes. Les îles de Polynésie française font partie du point chaud de la biodiversité «Polynésie-Micronésie» qui comprend la Polynésie, la Micronésie et Fiji (Myers et al,, 2000). Ces îles contiennent notamment 880 espèces de plantes vasculaires indigènes dont 68 % sont endémiques (Moretti & Florence, 2004), 31 espèces d'oiseaux terrestres (dont 22 endémiques), plus de 320 espèces de gastéropodes, tous endémiques, et une faune remarquable d'arthropodes terrestres, souvent endémiques (Gargominy, 2003).

La Polynésie française concentre une faune remarquable d'arthropodes terrestres, souvent endémiques

Parmi les différentes formations végétales naturelles des îles hautes de Polynésie française les forêts ombrophiles d'altitude (ou forêts de nuages) sont les plus riches en espèces végétales et animales (invertébrés notamment) endémiques et encore relativement bien préservées (Meyer, 2007). Les îles coralliennes quant à elles, présentent un milieu terrestre plus pauvre du fait de leur sol corallien calcaire, de la forte insolation et de l'importante salinité de l'air auxquelles elles sont exposées. Elles comptent moins d'une centaine d'espèces indigènes, cependant, l'avifaune marine de ces îles est très diversifiée.

La Polynésie française dispose de l'une des plus grandes variétés de formations de récifs coralliens du monde. Les 12 800 km² de récif du pays comptent 176 espèces de coraux, 1 024 espèces de poissons et 1 160 espèces de mollusques (Salvat et al., 2008). Cinq des sept espèces de tortues marines existant sont présentes en Polynésie française, dont la tortue verte qui vient pondre sur les plages des nombreuses îles et atolls du pays : elle est la seule des cinq espèces de tortue marines présentes qui pond de manière avérée. Malgré la réglementation en place, cette espèce reste très menacée par un braconnage important (Alexandre Tayalé, communication personnelle 2009). Les eaux du pays sont classées depuis 2002 « sanctuaire des mammifères marins »; elles accueillent 11 espèces de dauphins, 2 espèces de cachalots et 3 espèces de baleines (Gargominy, 2003). Depuis 2006, la Polynésie française a pris un arrêté protégeant les requins dans ses eaux territoriales pour lutter contre le shark finning.

Figure 1.1 : Les cinq archipels de la Polynésie Française comparés à la surface de l'Europe métropolitaine (ISPF, 2009)

La biodiversité terrestre de la Polynésie française doit faire face aux très nombreuses espèces envahissantes, végétales et animales, qui menacent les espèces endémiques. Par exemple, le petit arbre Miconia (*Miconia calvescens*) recouvre aujourd'hui plus de 70 000 hectares à Tahiti, soit près de deux tiers

1

Les îles de Polynésie française ont une biodiversité très riche en terme d'endémisme

de l'île. Il y a en Polynésie française environ deux fois plus de plantes vasculaires introduites (1700 espèces) que d'espèces indigènes (893 espèces) (Soubeyran 2008). La surface totale des zones terrestres protégées (parcs naturel, réserves), ne représente que 2% du pays, et la gestion de ces réserves souffre d'un manque de capacités humaines et budgétaires (Meyer, 2007). La biodiversité marine est également menacée dans certaines zones par la surpêche, l'hyper-sédimentation de matériel terrigène due à l'érosion des bassins versants (par les terrassements principalement), la pollution par les eaux usées, ou encore les remblais sur les récifs frangeants et le dragage (Salvat et al., 2008).

1.3. Ressources en eau

Les ressources en eau en Polynésie française sont composées des eaux souterraines et des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, eau de transition et eaux côtières). En Polynésie ces ressources, et notamment les ressources souterraines, sont très peu connues et les quelques données existantes sont très dispersées. Par conséquent, il n'est pas possible actuellement d'évaluer précisément la ressource globale en eau du pays (Gabrié et al., 2006). Elle sont de plus très inégales suivant les types d'îles: la plupart des îles hautes disposent de précipitations et de réserves relativement abondantes suivant leur hauteur moyenne, tant en eau de surface qu'en eau souterraine, alors que les atolls ne disposent que de l'eau de pluie et de lentilles d'eau douce, souvent saumâtres, les sources et rivières étant absentes. Les habitants des atolls ne disposent donc que de très peu d'eau pour satisfaire l'ensemble de leurs besoins domestiques (Gabrié et al., 2006). La pluviométrie moyenne annuelle de Polynésie varie selon les archipels et suivant la saison ; la plupart des précipitations annuelles (70%) se produisent en moyenne de novembre à avril et le régime des précipitations peut varier très brutalement, en particulier en période cyclonique, avec des conséquences directes sur le débit des cours d'eau (Gabrié et al., 2006).

1.4. Climat

La Polynésie française a un climat tropical océanique. De novembre à avril, une saison dite «chaude» ou été austral coïncide avec une humidité plus importante, alors que de mai à octobre une saison dite «fraîche» ou hiver austral est caractérisée par une humidité plus faible. Toutefois, du fait de la grande étendue latitudinale de la Polynésie française, chaque archipel est soumis à des types de temps bien spécifiques (cf. figure 1.2). Le nord de l'archipel des Marquises connaît plutôt un type de temps tropical aride alors que le sud de l'archipel des Australes est soumis à un type de temps des moyennes latitudes.

1.4.1. Températures et précipitations par archipel

Les Marquises ont un climat tropical humide allant jusqu'au tropical aride à la limite Nord. Les températures annuelles sont plutôt constantes, mais le cycle saisonnier des précipitations est bien marqué, avec une saison chaude et humide du mois de janvier au mois d'août et une saison fraîche du mois de septembre au mois de décembre. Le climat des Tuamotu est du type tropical humide. Les saisons sont relativement bien

Les ressources en eau sont très mal connues et inégales selon le type d'île

1

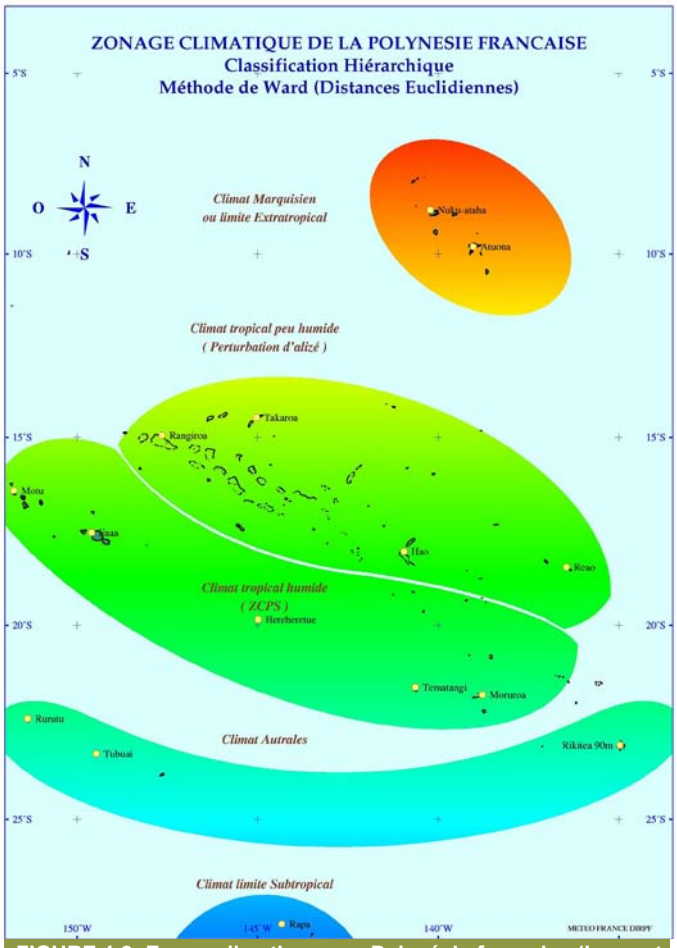


FIGURE 1.2: Zones climatiques en Polynésie française (Laurent et al., 2004)

distinctes. Le climat est caractérisé par des précipitations modérées, de faibles variations de température, un bon ensoleillement. Les vents sont peu perturbés du fait de l'absence de relief. La saison des pluies va du mois de novembre au mois d'avril, et c'est au mois de décembre/janvier que l'on enregistre les cumuls de précipitations les plus importants. Le climat de la Société est du type tropical humide également, avec un cycle annuel bien marqué. Il se caractérise par des pluies fortes en saison chaude (de novembre à avril) et souvent plus faibles en saison fraîche. Les côtes exposées à l'alizé et surtout les hauteurs sont beaucoup plus arrosées. Les températures annuelles sont chaudes mais pas excessives (avec une moyenne annuelle de 26°C à Faa'a). Le climat des Australes connaît les conditions météorologiques les plus frais de la Polynésie. Il est caractérisé par des pluies assez bien réparties tout au long de l'année, une humidité relative élevée et des températures moyennes inférieures à 25°C. Les vents sont plus soutenus et plus variables que dans le reste de la Polynésie française. L'insolation est la plus faible du pays. C'est sur cette zone que l'on observe les plus fortes houles, en dehors des houles cycloniques. Enfin, le climat des Gambier présente des caractéristiques proches des Australes. Les pluies sont relativement constantes dans l'année. Les températures sont plutôt fraîches, analogues à celles de Tubuai (Australes) et l'insolation y est relativement faible (Laurent et al., 2004).

1.4.2. ENSO

Le phénomène ENSO (El Niño Southern Oscillation) est un phénomène climatique naturel d'échelle planétaire, dont le foyer est l'Océan Pacifique, et ayant lieu tous les 2 à 7 ans. Il résulte du couplage de deux composantes : une composante océanique, El Niño, et une composante atmosphérique, l'oscillation australe (Southern Oscillation). Il se caractérise par un réchauffement des eaux de surface dans les zones tropicales centrales et orientales du Pacifique, influençant les courants atmosphériques et donc les écosystèmes du monde entier. Il conduit à des sécheresses dans certaines régions d'Asie et du Pacifique occidental, ou encore à des hivers rudes et des inondations sur le continent nord-américain. En période El Nino, l'activité cyclonique s'étend d'avantage vers le centre et l'est du Pacifique, augmentant le nombre de cyclones susceptibles de toucher la Polynésie (Laurent et al., 2004).

1.4.3. Activité cyclonique

Les cyclones tropicaux sont des perturbations atmosphériques associés à une dépression très creuse occasionnant des vents tourbillonnaires violents et des pluies diluviennes. Ils se forment sur les océans tropicaux où ils génèrent houle et marée de tempête. En région tropicale, la Polynésie française n'est pas la zone la plus exposée au risque cyclonique. Plusieurs études ont mis en évidence le lien existant entre l'activité cyclonique et le phénomène El Nino. Durant les forts épisodes « El Nino », de 1982-83 et de 1997-98, respectivement 5 et 3 cyclones puissants ont été comptabilisés en Polynésie française (Laurent et al., 2004) (cf. figure 1.3).

1.5. Situation institutionnelle

La Polynésie française une collectivité d'outre-mer autonome au sein de la République française. Elle est soumise à un statut fixé par la loi organique n° 2004-192 du 27 février 2004 portant statut d'autonomie de la Polynésie française modifié par la loi organique n°2007-1719 du 7 décembre 2007. La loi organique statutaire a permis de renforcer l'autonomie polynésienne sur un plan politique et symbolique par le choix de qualifier la Polynésie française de « pays d'outre-mer », bien qu'elle demeure uniquement, au regard de la Constitution, une collectivité d'outre-mer dotée de l'autonomie. Les institutions du pays comprennent le Président, le Gouvernement, l'Assemblée et le Conseil économique, social et culturel et le Haut Conseil de la Polynésie française. Le pouvoir exécutif est confié au Président et au Gouvernement, le pouvoir délibératif est dévolu à l'Assemblée et le pouvoir consultatif est exercé par le Conseil économique social et culturel et par le Haut Conseil

1

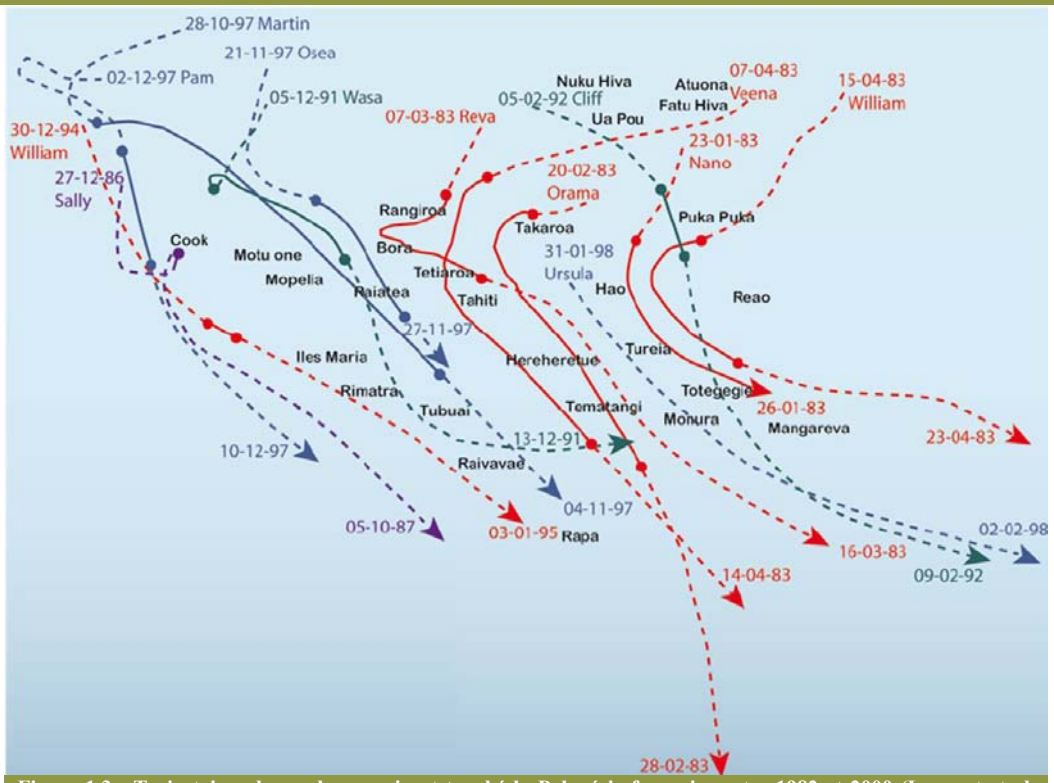


Figure 1.3 : Trajectoires des cyclones qui ont touché la Polynésie française entre 1982 et 2000 (Laurent et al., 2004).

de la Polynésie française. La Polynésie française peut élaborer trois types d'actes: la loi du pays, la délibération et l'arrêté. Les autorités de la Polynésie française sont compétentes dans tous les domaines qui ne sont pas attribués à l'Etat. Les domaines de compétence du pays comprennent, entre autres: l'environnement, la fonction publique de la Polynésie française, les relations extérieures, les hydrocarbures liquides et gazeux, et les dessertes aériennes (Gouvernement de la Polynésie française, Haut Commissariat de la Republique en Polynésie française, 2009).

Au titre du protocole de Kyoto, le périmètre de la France se limite à la métropole et aux Départements d'Outre-Mer (DOM). Les collectivités d'outre-mer du Pacifique (Polynésie, Nouvelle-Calédonie et Wallis) en sont exclues. La CCNUCC s'applique aux collectivités d'outre-mer, mais c'est la France qui participe aux discussions en tant que nation signataire.

1.6. Population

Avec environ 260 000 habitants (recensement 2007) sur environ 3 500 km² de terres émergées, la densité de la Polynésie française est relativement faible (environ 74 hab./km²) et très inégale suivant les îles. En France métropolitaine, elle est de 113 hab./km² (INSEE, 2006) alors qu'elle est de 300 à 400 hab./ km² en moyenne dans les départements d'outre-mer (Gabrié et al., 2006).

1.6.1. Evolution de la population

La population de Polynésie suit une croissance constante depuis les années 1960. Entre 1962 et 2007, la population a plus que triplé, en passant de 84 551 à 259 706 habitants (ISPF, 2009) (cf. figure 1.4). Entre les deux derniers recensements de 2002 et de 2007, la population s'est encore accrue d'environ 14 000 habitants, avec une croissance de 1,2 % en moyenne par an (IEOM, 2008). Le taux de croissance de la population de Polynésie française est relativement élevé, si on le compare à celui de la France métropolitaine (0,45% en 2006) mais tend à se stabiliser (ISPF, 2009).

La population de la Polynésie française est aussi très jeune. Le groupe d'âge de moins de 20 ans reste le groupe plus abondant. En 2006, il couvrait 37,4% de la population totale, contre 32,3% pour le groupe des 20-39 ans, 22,2% pour le groupe des 40-59 et 8,1% du groupe des 60 ans et plus. Selon une récente publication de l'Institut Statistique (ISPF), la Polynésie française comptera 320 000 habitants en 2027, soit 60 000 personnes de plus qu'en 2007. Elle sera passée rapidement d'une population jeune où la moitié des habitants avait moins de 20 ans en 1988 à une population où les seniors prendront de plus en plus d'importance : 17 % des habitants auront plus de 60 ans en 2027, avec des impacts importants sur le système polynésien de protection sociale généralisée (dépenses de santé, financement des retraites), en termes d'emploi, d'activités et de besoin en nouveaux logements: l'ISPF estime que 1 800 logements

La population de la Polynésie française est très jeune, le groupe d'âge de moins de 20 ans est le plus important

1

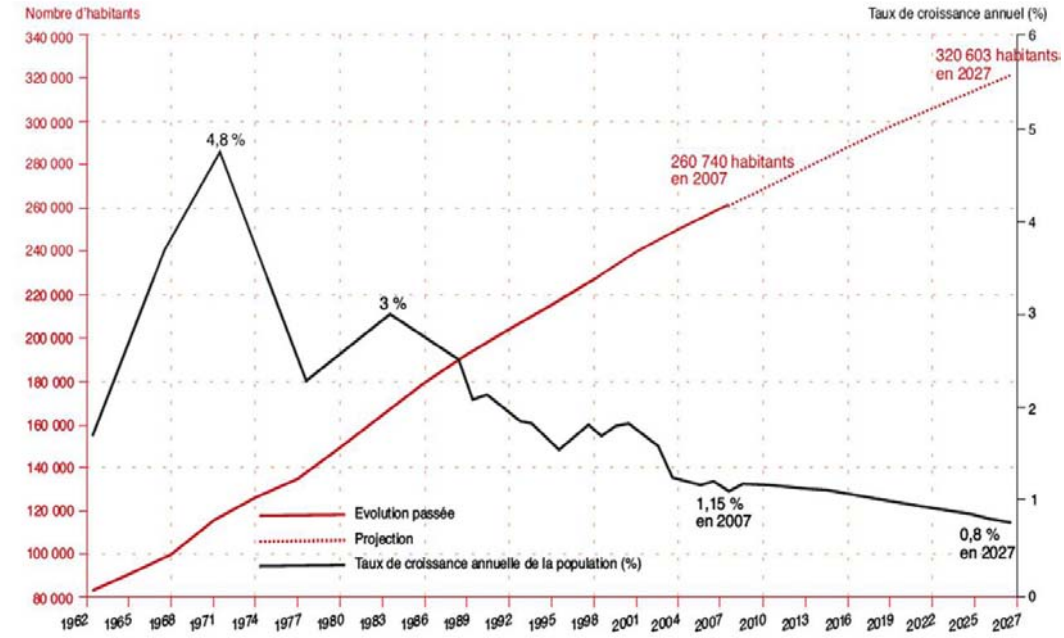


Figure 1.4 : Evolution de la population en Polynésie française entre 1962 et 2008 et projections à l'horizon 2027 (INSEE, ISPF, 2009)

nouveaux par an seront nécessaires pour accueillir les familles en mutation (ISPF, 2009).

1.6.2. Distribution de la population

La population polynésienne est très inégalement repartie suivant les archipels et les îles, avec une très forte densité au niveau de l'agglomération de Papeete à Tahiti (1 343 hab./km² en 2002 à Papeete) et une densité faible (110 hab./km² en 2002 à Moorea-Maiao), voire très faible (6 hab./km² en 2002 à Hiva Oa) dans les autres îles et archipels (2D attitude, 2009). En 2007, 88% de la population de Polynésie française se concentrait dans les îles de la Société (avec 227 807 habitants), 69% de la population sur l'île de Tahiti (avec 178 133 habitants) (IEOM, 2008) et environ la moitié de la population du pays est concentrée dans l'agglomération de Papeete, soit sur une ligne de côte d'une quarantaine de kilomètres (Gabrié et al., 2006).

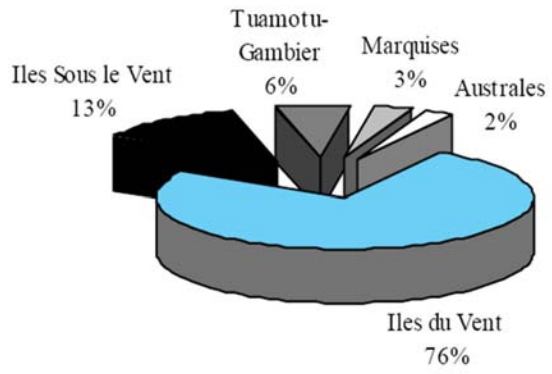


Figure 1.5 : Répartition de la population par archipel (IEOM, 2008)

Les Iles-sous-le-vent ont enregistré la plus forte progression de population, avec 1,9 % de croissance en moyenne par an entre 2002 et 2007, stimulée par l'attractivité de l'île de Bora Bora (+ 4 % par an) (IEOM, 2008). Le rythme de croissance de la population des Tuamotu-Gambier, probablement lié au développement de la perliculture, a suivi celui de l'ensemble de la Polynésie. Aux Marquises, la population est restée stable, l'excédent naturel compensant le déficit migratoire (IEOM, 2008) (cf. figure 1.5)

1.7. Economie

Avant les années 1960, l'économie de la Polynésie française était basée sur une exploitation du secteur primaire, dans laquelle l'autoconsommation dominait. Le PIB par habitant était très faible. L'économie était caractérisée par l'exportation de quelques biens primaires comme le phosphate et la vanille et par une très importante autoproduction. Après les années 1960, avec l'implantation du Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP) pour les essais nucléaires, beaucoup d'agriculteurs-pêcheurs polynésiens sont devenus salariés du ministère de la Défense. En 1968, il employait, 43 % de la population active du pays (IEOM, 2008). Grâce aux transferts de l'Etat et aux indexations des salaires, le pays a connu un développement économique accéléré vers des standards occidentaux qui a aussi transformé la société polynésienne, fondée sur des valeurs traditionnelles et communautaires. Ce développement soudain a été accompagné d'un flux migratoire de la population depuis les archipels vers l'Ile de Tahiti, et par une amélioration générale du niveau de vie.

Avec les mécanismes de compensation financière fournis par l'Etat suite à l'arrêt du CEP en 1992, les autorités locales se sont engagées dans la promotion d'activités économiques avec des ressources propres pour développer une économie de moins en moins dépendante des aides financières de la France métropolitaine. Le secteur tertiaire (et principalement le tourisme), la perliculture et la pêche sont devenus les secteurs économiques principaux du pays. Toutefois, la Polynésie reste encore aujourd'hui un pays fortement dépendant des ressources extérieures et le secteur public demeure important, avec des nombreux transferts publics métropolitains par les salaires et

1

Le secteur de la pêche se maintient au troisième rang des exportations de produits locaux en valeur

Le secteur de la perliculture traverse depuis quelques années une crise profonde

Le tourisme est l'activité économique principale de la Polynésie française, après le secteur publique

les subventions. Les dépenses de l'Etat français représentaient 150 milliards de F CFP en 2004, soit environ 30 % du PIB de la Polynésie française (IEOM, 2008). Les disparités sociales et les situations de vulnérabilité se renforcent, accompagnées d'un taux de chômage qui en 2007 touchait environ 11 % de la population active (ISPF, 2009). Le PIB par habitant en 2003 était d'environ 2 millions de F CFP (ISPF, 2009), soit d'environ 17 000 Euros. Il était de 26 000 d'Euros pour la population française métropolitaine cette même année (INSEE, 2005).

1.7.1. Secteurs économiques

Le secteur tertiaire et l'administration publique demeurent les principaux employeurs de Polynésie française, ils emploient respectivement 47,3% et 32,4% de la population active (IEOM, 2008). En 2004, le secteur tertiaire représentait 82% du PIB du pays (ISPF, 2009) (cf. tableau 1.6).

	2006	2007 (2)	Part 2007
Agriculture et pêche	2 820	2 812	4,1%
Industrie et énergie	5 368	5 406	7,9%
BTP	5 978	6 434	9,3%
Commerce	10 286	10 091	14,7%
Autres services marchands (2)	21 540	21 441	31,1%
Services non marchands (3)	22 256	22 665	32,9%
Total	**68 248**	**68 849**	**100%**

Tableau 1.6 : Répartition par secteur des emplois déclarés à la CPS au 31 décembre 2007 (IEOM, 2008).

Tourisme

Le tourisme est l'activité économique principale de la Polynésie française, après le secteur publique. Il représente entre 20 et 25% du PIB, et il représente le deuxième secteur économique en termes de recettes après les transferts de la France métropolitaine, avec 42 milliards de F CFP enregistrés en 2005 (IEOM, 2008). On compte environ 4 000 chambres d'hôtel et environ 7 500 personnes travaillent dans ce secteur (PECE, 2007). Près de 80% du tourisme s'effectue à proximité des lagons (PECE, 2007), ce qui montre que l'activité touristique est fortement liée à la qualité des littoraux, des eaux et des récifs. Cependant, le tourisme en Polynésie française stagne depuis 2003, malgré les investissements visant à développer la qualité et le volume de la capacité d'accueil (IEOM, 2008). En 2007, la fréquentation a même diminué de 1,5 %, avec 218 241 visiteurs contre 221 549 l'année précédente (cf. figure 1.7), et le taux de remplissage des hôtels classés a diminué de 6,4 points, passant de 66,4 % à 60 % en 2007 (IEOM, 2008). Les causes principales de cette mauvaise performance sont nombreuses. Les hypothèses incluent : l'affaiblissement du dollar impliquant des coûts supérieurs pour les touristes américains, l'insuffisante différentiation du produit touristique polynésien, accompagnée par une diminution de la capacité des avions desservant la Polynésie. Les compagnies aériennes internationales, confrontées à des difficultés financières, ont diminué le nombre de sièges offerts de 13,5 % en 2007 (IEOM, 2008).

Perliculture

En l'espace d'une vingtaine d'années, l'huitre perlière locale, *Pinctada margaritifera,* est devenue une des principales ressources économiques de la Polynésie française grâce à sa perle noire. La perliculture procurait en 2008 plus des trois quarts des recettes d'exportations polynésiennes et employait près de 5 000 personnes surtout dans les archipels éloignés (Tuamotu, Gambier), dans une moindre mesures aux Iles-Sous-Le vent, contribuant ainsi à rétablir un équilibre démographique du pays (IEOM, 2008). Cependant, le secteur traverse depuis quelques années une crise profonde (cf. figure 1.8). Le prix de vente de la perle est en diminution constante depuis une quinzaine d'années, et depuis l'année 2000 la valeur totale annuelle et

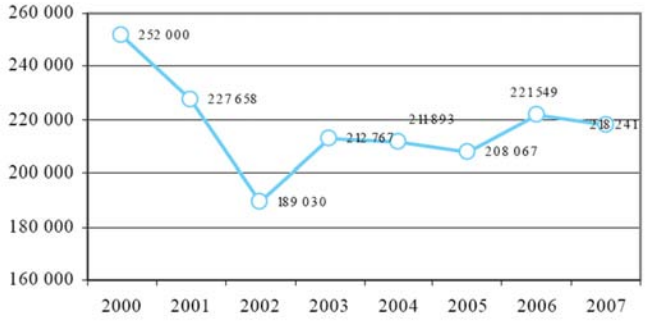


Figure 1.7 : Nombre de touristes internationaux accueillis en Polynésie Française entre 1994 et 2006 (IEOM, 2008)

1

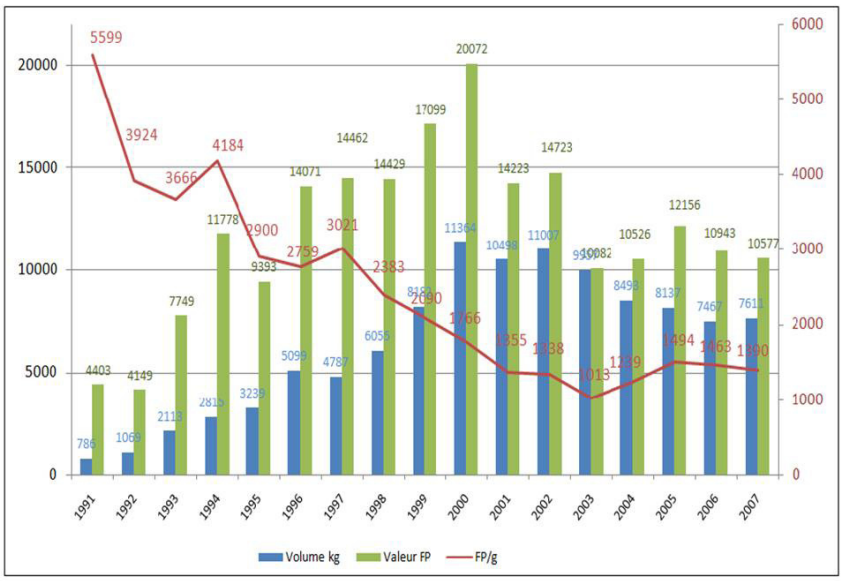


Figure 1.8 : Evolution du prix de vente et des exportations de perles brutes de Polynésie française de 1991 à 2007 (ISPF, Douanes, 2009)

les volumes des perles exportées ont diminué également. Entre 2000 et 2007, les ventes ont chuté d'environ 50% et le volume des perles exportées d'environ 32%.

Pêche et aquaculture

Les rivières, les lagons et la mer de Polynésie française produisent des ressources halieutiques destinées à la consommation intérieure et à l'exportation. Après plusieurs années de pénurie de la ressource, en 2007 les pêcheurs hauturiers ont assisté à un retour progressif des thonidés, notamment celui du thon germon, dans les zones de pêche accessibles aux palangriers polynésiens. Le volume de capture de la pêche hauturière était de 6 321 tonnes en 2007 et les exportations de poissons étaient de 830,4 tonnes, engendrant des recettes de 474,6 millions de F CFP (IEOM, 2008). La France est le premier pays acheteur des produits de la pêche polynésienne. Le secteur de la pêche se maintient au troisième rang des exportations de produits locaux en valeur. Ses recettes représentaient environ 3 % de la valeur totale des exportations locales en 2007 (IEOM, 2008).

La production agricole de Polynésie française n'est plus en mesure de couvrir les besoins alimentaires d'une population en constante croissance

L'aquaculture reste peu développée avec une production d'environ 50 tonnes par an ces dernières années. De nouvelles techniques d'élevage prometteuses telles que l'élevage de poissons lagonaires, la crevette en cage ou la collecte de bénitiers sont en cours de transfert au secteur privé (Stephen Yen-Kai-Sun, communication personnelle 2009).

Agriculture

Bien que l'agriculture polynésienne réalise un chiffre d'affaires annuel de plus de 18 milliards de F CFP (SDR, 2005) et emploie environ 30 000 personnes, la production commercialisée n'atteignait en 2006 que 7,7 milliards de F CFP et le secteur employait à peine 1 % des salariés recensés par la CPS (IEOM, 2008). Cette différence est due au fait qu'une grande partie de la production du secteur se réalise hors des circuits formels (magasins, grossistes, hôtels…). Le secteur de l'agriculture, encore traditionnel, est exercée principalement au sein d'exploitations familiales de taille réduite (3 hectares en moyenne). Le manque de formation des agriculteurs et surtout de terres cultivables posent des limites à son développement. La surface agricole utilisée, qui occupe seulement 5 % des terres émergées (18 534 hectares), est pour les trois quarts laissée en friche (IEOM, 2008). Depuis la fin des années 1990, la production agroalimentaire n'est plus en mesure de couvrir les besoins alimentaires d'une population en constante croissance, et le recours aux importations agroalimentaires est devenu la norme (cf. tableau 1.9). En 2007, celles-ci ont atteint 152 731 tonnes (IEOM, 2008). Cependant, après les perles, le coprah, le monoï, les produits dérivés du nono et la vanille restent les produits les plus exportés.

La culture de coprah, issue des noix de coco, est prédominante aux Tuamotu et procure encore des revenues à plus de 10 000 personnes, contribuant ainsi au maintien des populations dans les îles éloignées (IEOM, 2008). Elément de maintien des populations dans leurs îles, la culture de coprah fait l'objet d'un fort soutien public depuis plusieurs années. L'Huilerie de Tahiti, établissement public, achète la récolte à un prix fixé

La culture de coprah, dominante aux Tuamotu, procure encore des revenus à plus de 10 000 personnes

1

	2002	2003	2004	2005	2006
En volume					*Unité : tonnes*
Produits de la culture et de l'élevage	15 358	16 525	16 156	16 385	17 675
Produits sylvicoles	473	323	449	536	538
Produits des industries agricoles et alimentaires	141 783	144 142	149 447	151 537	145 270
Sous-total	**157 614**	**160 990**	**166 052**	**168 458**	**163 483**
Engrais	2 642	2 348	2 695	2 111	2 209
Pesticides	956	1 020	894	889	918
Machines agricoles	272	246	265	375	390
Sous-total	**3 870**	**3 614**	**3 854**	**3 375**	**3 517**
Ensemble	**161 484**	**164 604**	**169 906**	**171 833**	**167 000**
En valeur CAF					*Unité : millions de F.CFP*
Produits de la culture et de l'élevage	1 885	2 093	1 970	2 156	2 254
Produits sylvicoles	47	43	47	58	76
Produits des industries agricoles et alimentaires	26 568	26 567	27 384	28 642	28 208
Sous-total	**28 500**	**28 703**	**29 401**	**30 856**	**30 538**
Engrais	188	162	171	131	147
Pesticides	540	536	494	525	495
Machines agricoles	249	229	204	238	297
Sous-total	**977**	**927**	**869**	**894**	**939**
Ensemble	**29 477**	**29 630**	**30 270**	**31 750**	**31 477**

Tableau 1.9 : Importations agricoles de 2002 à 2006 (ISPF, 2009)

par le gouvernement, sans rapport avec le cours mondial ; le différentiel de prix étant compensé par une aide publique. Le SDR (Service de Développement Rural) apporte un soutien logistique à la culture, à travers le plan de régénération de la cocoteraie. En 2007, les exportations de l'huile de coprah s'élevaient à 5 640 tonnes pour une valeur de 371 millions de F CFP (IEOM, 2008).

La principale région productrice de noni, un fruit aux vertus médicinales, est l'archipel des Marquises (49 % du total en 2006, soit 3 120 tonnes), suivi des îles de la Société (40 %) (IEOM, 2008). Grace à la forte promotion menée par Morinda, le représentant local de la société américaine Tahitian Noni International, la production locale a connu dans les dernières années un essor rapide: les exportations ont démarré en 1998 avec 2 651 tonnes pour culminer à 6 955 en 2005, pour une valeur 1 424 millions de CFP (IEOM, 2008). Cependant, depuis quelques années, Tahitian Noni International a trouvé des sources d'approvisionnement beaucoup moins onéreuses (notamment au Mexique et au Costa Rica) et la demande a diminué.

Par ailleurs, dans les années soixante la Polynésie était un producteur de premier plan de vanille, mais aujourd'hui sa production est cantonnée au marché de niche de la gastronomie, grâce à la saveur particulière de la vanille de Tahiti. En 2007, les exportations de vanille s'élevaient à 11 tonnes pour 230 millions de F CFP. Enfin, le monoï, ou encore « huile parfumée » en tahitien, provient de la macération du «tiare» ou *Gardenia tahitiensis*, dans de l'huile de coprah raffinée. En 2007, les exportations de monoï s'élevaient à 355 tonnes pour une valeur de 257 millions de F CFP (IEOM, 2008).

1.7.2. Balance commerciale

En 2007, le déficit commercial de Polynésie française s'est établi à - 144 milliards de F CFP, en progression constante sous l'effet cumulé de la hausse des importations et du recul des exportations (IEOM, 2008). En 2007 les importations de Polynésie française s'élevaient à 160 milliards de F CFP. Les produits alimentaires représentaient 33 milliards de F CFP, soit 21% de la valeur totale, suivi par les produits minéraux (ciment, gazole et essence) qui représentaient 20 milliards de F CFP (soit 13% de la valeur des importations). La même année, les exportations de Polynésie française s'élevaient à 16 milliards de F CFP, soit environ 10% de la valeur des importations. Les exportations de produits perliers, d'une valeur de 10 milliards de F CFP étaient les premières exportations en valeur, suivies par les noni (750 millions de F CFP), puis par les poissons/crustacés (488 millions de F CFP) (IEOM, 2008).

1.8. Energie

Dépourvue de ressources en énergie fossile, la Polynésie française a toujours été fortement dépendante de l'extérieur pour ses approvisionnements. La production, le transport et la distribution d'électricité en Polynésie sont de la compétence du pays, à l'exception des communes qui bénéficient d'une autorisation du pays pour produire et distribuer l'électricité

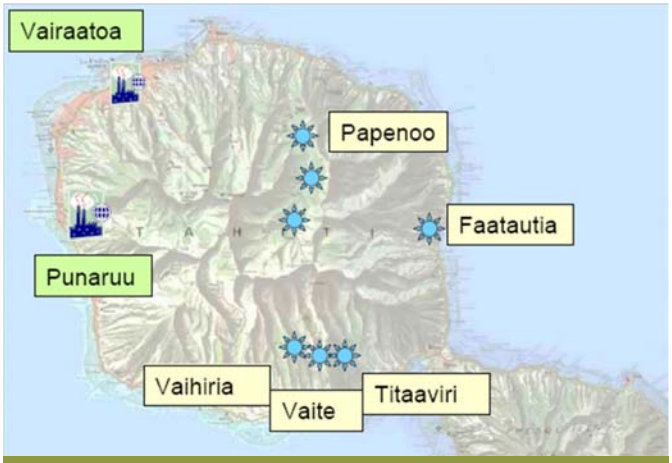


FIGURE 1.10 : Sites de production (centrales thermiques et hydroélectriques) à Tahiti et production d'énergie en 2006 (EDT, 2008)

dans les limites de leur circonscription (Benoit Lucidor, communication personnelle 2009). Les municipalités assurent ce service en régie ou le confient, sous forme de concession ou de contrat de gérance, à une entreprise. Sur l'ensemble du territoire, la production électrique est largement concédée, directement ou par le biais de ses filiales, à l'Electricité de Tahiti (EDT), à laquelle 19 communes ont confié leur concession (IEOM, 2008).

En 2008, la Polynésie française a produit environ 710 GWh. La production suivait une croissance constante d'environ 4%

1

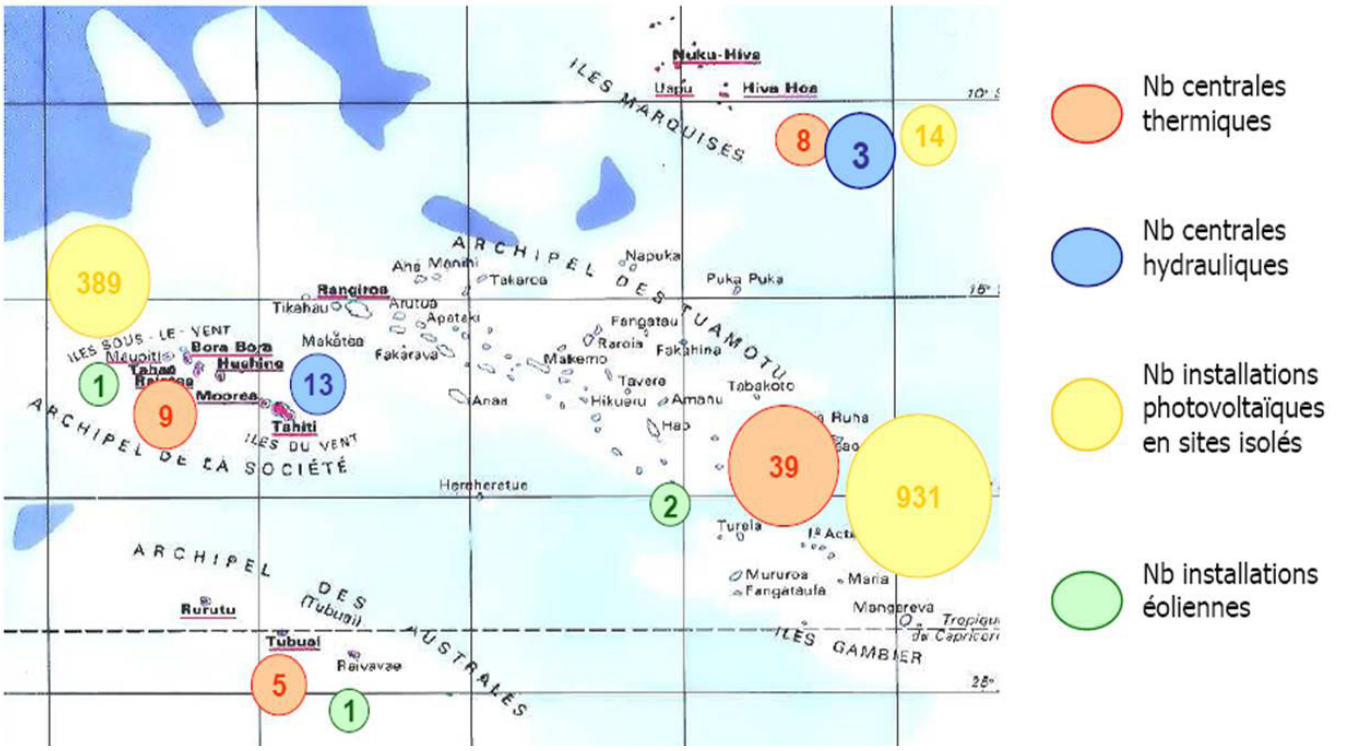


FIGURE 1.11 : Nombre de centrales thermiques, hydrauliques, d'installations photovoltaïques et d'éoliennes par île en Polynésie Française (SEM, 2009)

par an depuis 2000, mais a stagné en 2008. Tahiti représente environ 77% de la production globale, avec 535 GWh produits en 2008. L'énergie thermique couvre environ 72% de la production de Tahiti (393 GWh en 2008), le reste étant assuré par l'énergie hydroélectrique majoritairement. La centrale thermique principale est située dans la vallée de la Punaruu, à l'Ouest de Tahiti, et produit 378 GWh (soit 96 % de l'énergie thermique), le reste étant assuré par la centrale de Vairaatoa, au centre de Papeete (15 GWh) (EDT, 2009) (cf. figure 1.10).

Les centrales hydrauliques assurent 23 % de la production globale du pays et autour de 40% de la production de Tahiti en fonction des années (et du débit des rivières). La production d'énergie hydroélectrique s'élevait à 155 GWh en 2008 à Tahiti. Trois vallées sont équipées sur la côte ouest: Vaite, Vaihiria et Titaaviri. Deux sites se trouvent côte est : le plateau de la Faatautia et, le plus puissant, la vallée de la Papenoo qui fournit plus de 50 % de l'électricité hydro-électrique produite sur Tahiti (EDT, 2009).

Les îles autres que Tahiti représentaient 23% de la production énergétique totale en 2008, avec 143 GWh produits. Les énergies renouvelables des îles (principalement l'hydroélectricité aux Marquises) ne représentent que 2% de la production totale (EDT, 2009) (cf. figure 1.11).

La circulation automobile à Tahiti est complètement saturée, surtout aux alentours de Papeete

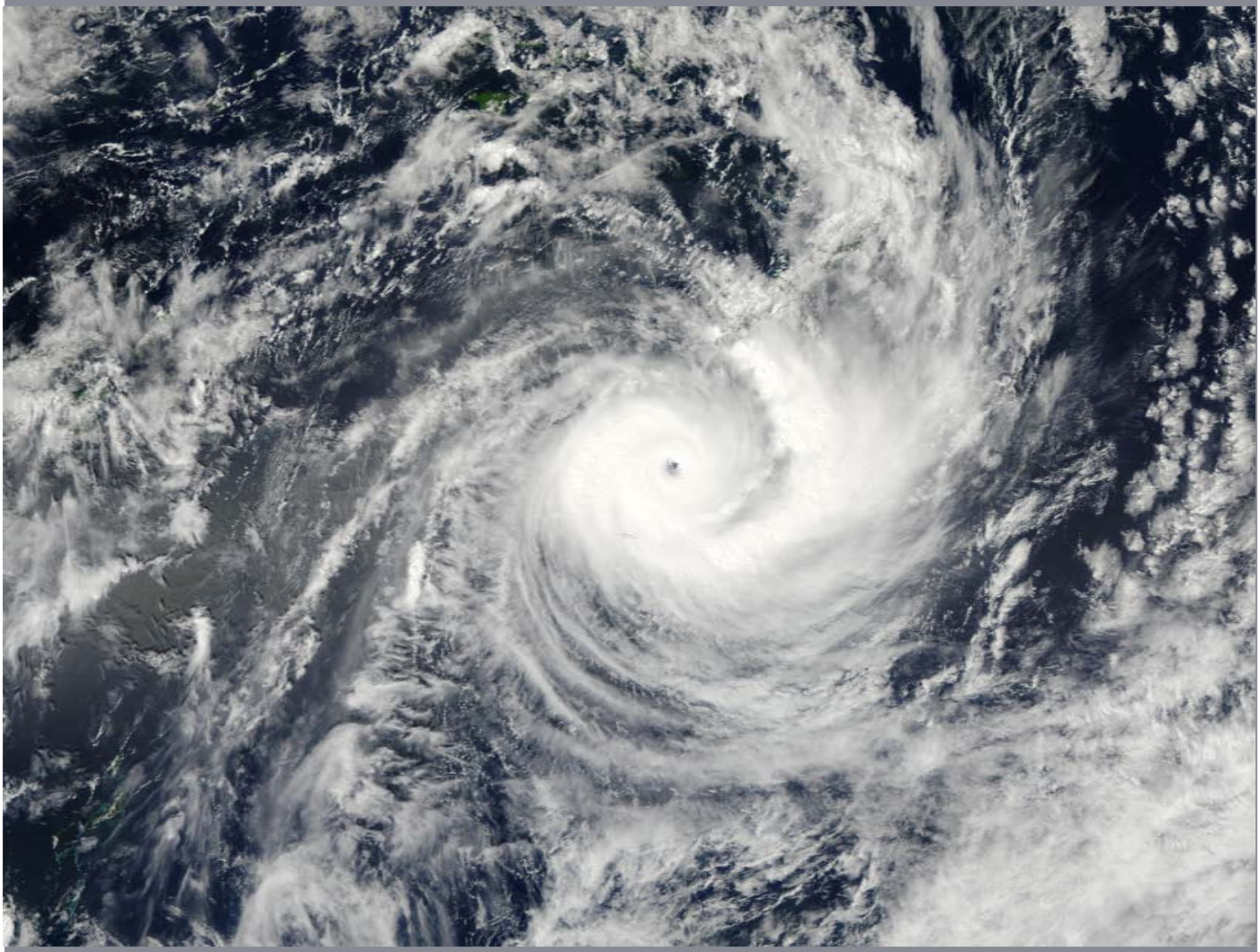
1

1.9. Transports

L'analyse du parc automobile et du réseau routier de Tahiti montre que la concentration automobile sur le réseau routier est 7 fois plus importante qu'en France métropolitaine (Gabrié et al., 2006). La Polynésie accuse un retard certain dans l'application de normes réduites pour l'essence sans plomb et de l'utilisation des pots catalytiques pour les gaz d'échappement. La Polynésie française enregistre une évolution constante des immatriculations, avec une augmentation des véhicules neufs de 60 % entre 1996 et 2006 (Gabrié et al., 2006). Le 4x4, véhicule particulièrement gourmand en carburant et émetteur de gaz à effet de serre, reste le véhicule préféré des acheteurs polynésiens et représente près de la moitié du parc automobile (28 % pour les pick-up et 21 % pour les SUV) (IEOM, 2008).

La circulation automobile à Tahiti est complètement saturée, surtout aux alentours de Papeete, aussi bien sur la côte est que sur la côte ouest. La plupart des entreprises étant situées dans la zone urbaine, la majorité des personnes vont travailler avec leur voiture personnelle et le covoiturage est très peu développé. Le temps moyen pour parcourir 10 km dans la zone aux abords de Papeete entre 6h30 et 8h00 du matin est de 1 heure ou plus, avec des effets négatifs sur la qualité de vie et sur la consommation de carburant (Guitard, 2008). De plus, le réseau de transport collectif est peu développé et ne permet pas d'offrir une réelle alternative à l'automobile (Bon, 2005).

2 Projections climatiques
pour la Polynésie française



2

En 2007, les membres du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), qui comprend plus de 5 000 scientifiques du monde entier, ont reconnu qu'un changement climatique d'origine anthropique était sans équivoque.

Les observations d'augmentation significative des températures se multiplient partout dans le monde, et les projections vont toutes dans le même sens ; la planète se réchauffe. Le réchauffement présenté risque d'entraîner des conséquences physico-chimiques extrêmement importantes, telles qu'une variation des précipitations, un changement du régime des vents, une intensification des cyclones, une acidification des océans, une fonte des glaces, une élévation du niveau marin, et risque d'affecter l'ensemble des écosystèmes et des sociétés (GIEC, 2007).

Le GIEC a présenté dans son dernier rapport des modélisations par zone géographique, et notamment pour la zone Pacifique Sud, mais l'échelle reste extrêmement large. Elle s'étend approximativement de l'Amérique Centrale jusqu'à la Nouvelle Zélande (55° Sud, 150° Est à 0° Nord, 80° Ouest). Il y a évidemment une grande variabilité entre les différentes sous-régions contenues dans cette zone, et les projections avancées sont donc très approximatives.

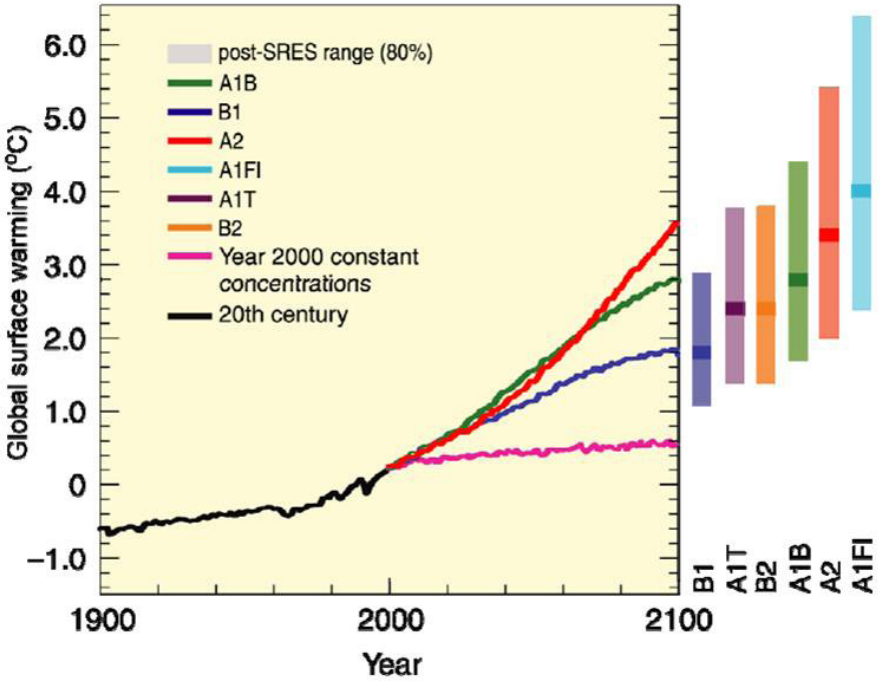


FIGURE 2.1: Observation des températures moyennes de surface mondiales de 1900 à 2000 (courbe noire) et projections du GIEC de 2000 à 2100 (courbes en couleur) en fonction de différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GIEC, 2007).

Dans cette étude, pour chaque composante climatique, seront présentées : 1) une synthèse des observations au niveau mondial et au niveau local depuis les 50/100 dernières années, et 2) une synthèse des projections présentées par le GIEC d'ici 2100. Les données collectées sont principalement issues du 4ème rapport d'expertise du GIEC (2007), mais aussi de l'antenne de Météo France locale et d'une recherche bibliographique ciblée.

2.1 Températures de l'air

2.1.1. Observations

Les températures globales moyennes de surface ont augmenté de 0,74°C [+ 0,56°C à + 0,92°C] au cours des 100 dernières années (de 1906 à 2005), et cette augmentation semble s'accélérer depuis les années 1970 (cf. figure 2.1). En effet, 11 des 12 années comprises de 1990 à 2006 étaient les années les plus chaudes depuis que la mesure des températures de surface a commencée (en 1850) (GIEC 2007).

En 2005, Météo-France a entrepris une étude détaillée de l'évolution des températures dans les DOM-TOM (cf. figure 2.3). Sur la période 1976-2003, un réchauffement significatif des températures moyennes annuelles à été observé dans les 7 régions étudiées.

En Polynésie française, à Tahiti Faaa, le réchauffement observé était de 0,39°C (+/-0,11) par décennie, ce qui équivaut à environ 1,05°C pour cette période (1976-2003) (cf. figure 2.2) (Laurent et al. 2004). Cette tendance a été observée sur la majorité du territoire, avec toutefois une augmentation moins sensible dans l'archipel des Australes (où les températures maximales n'ont pas augmenté significativement pendant cette période). La tendance générale est à une diminution des journées fraîches et des nuits fraîches et a une augmentation des nuits chaudes et journées chaudes dans tous les archipels (Finet et al., 2001) (cf. figure 2.4).

Cette évolution des températures extrêmes observée est cohérente avec le réchauffement climatique global, mais est

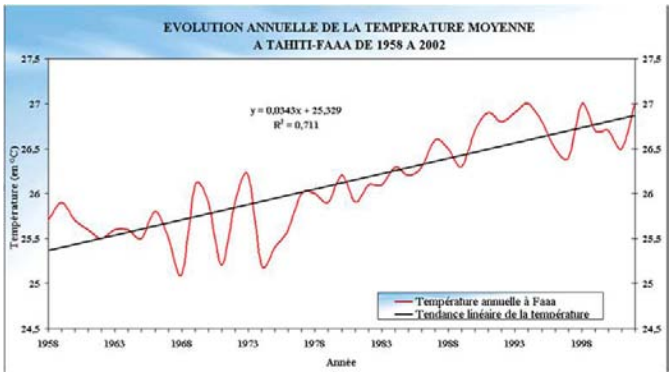


FIGURE 2.2 : Evolution annuelle de la température moyenne à Tahiti-Faaa de 1958 à 2002 (Atlas climatologique de la Polynésie française, Laurent et al. 2004)

2

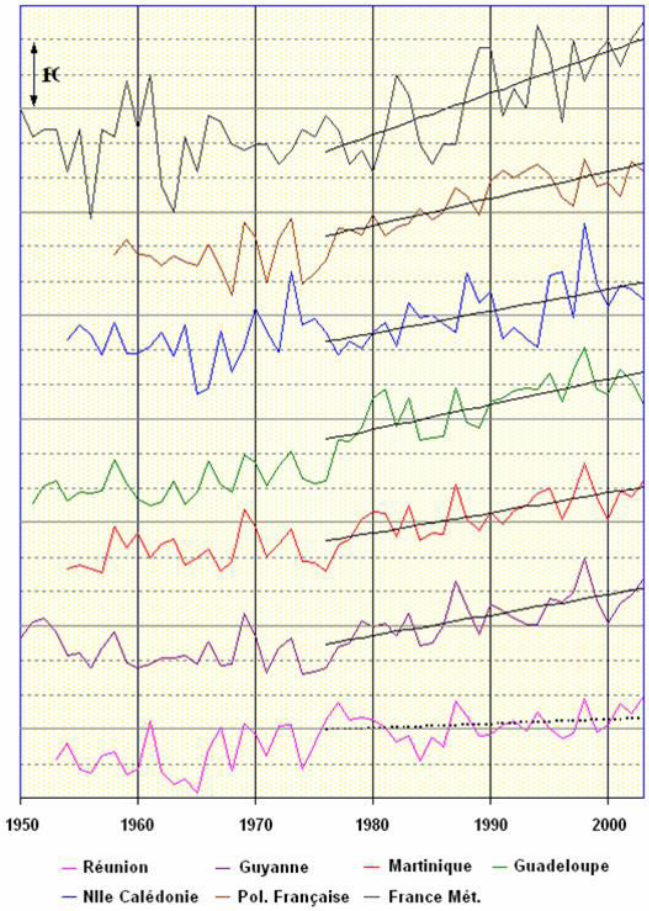


FIGURE 2.3 : Evolution de la moyenne annuelle des températures de surface dans 7 collectivités d'outre-mer française de 1950 à 2003 (Royer 2006). La Polynésie française est la deuxième courbe en marron.

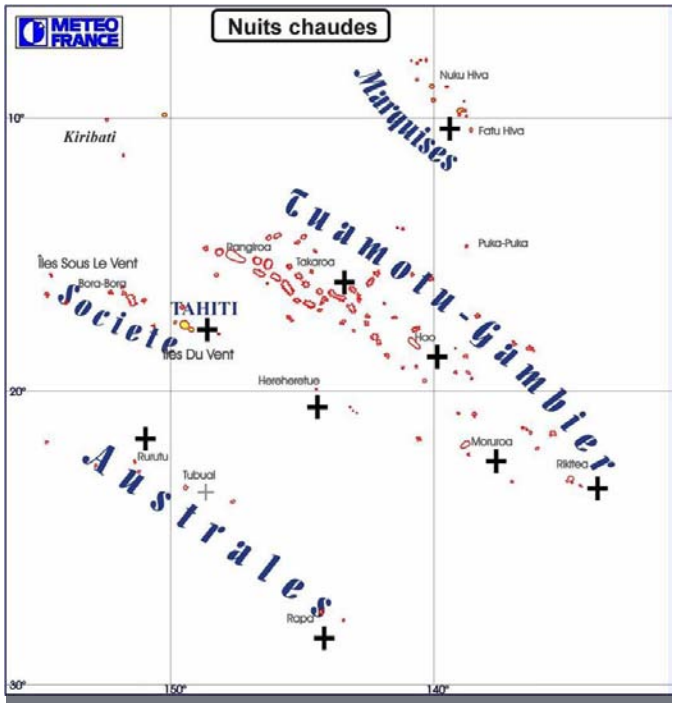


FIGURE 2.4 : Tendance des nuits chaudes (indice THN99) (Météo France Tahiti, Finet et al., 2001). Les croix en gras correspondent à une tendance positive significative.

	Température (°C)					Précipitation (%)				
	Min	25	**50**	75	Max	Min	25	**50**	75	Max
DJF	1 ,4	1,7	**1,8**	2,1	3,2	-6	1	**4**	7	15
MAM	1,4	1,8	**1,9**	2 ,1	3,2	-3	3	**6**	8	17
JJA	1,4	1,7	**1,8**	2,0	3,1	-2	1	**3**	5	12
SON	1,4	1,6	**1,8**	2,0	3,0	-8	-2	**2**	4	5
Annuel	1,4	1,7	**1,8**	2,0	3,1	-4	3	**3**	6	11

TABLEAU 2.5: Evolution des températures (en °C) et des précipitations (en %) pour la zone Pacifique Sud (55°Sud, 150°Est à 0°Nord, 80°Ouest) de 2000 à 2100 (GIEC 2007). Le tableau présente la projection minimale, maximale, médiane (50%), et les quartiles 25 et 75% parmi 21 modélisations mondiales indépendantes et suivant les mois de l'année (DJF = Décembre, Janvier, Février ; MAM = Mars, Avril, Mai ; JJA = Juin, Juillet, Aout ; SON = Septembre, Octobre, Novembre)

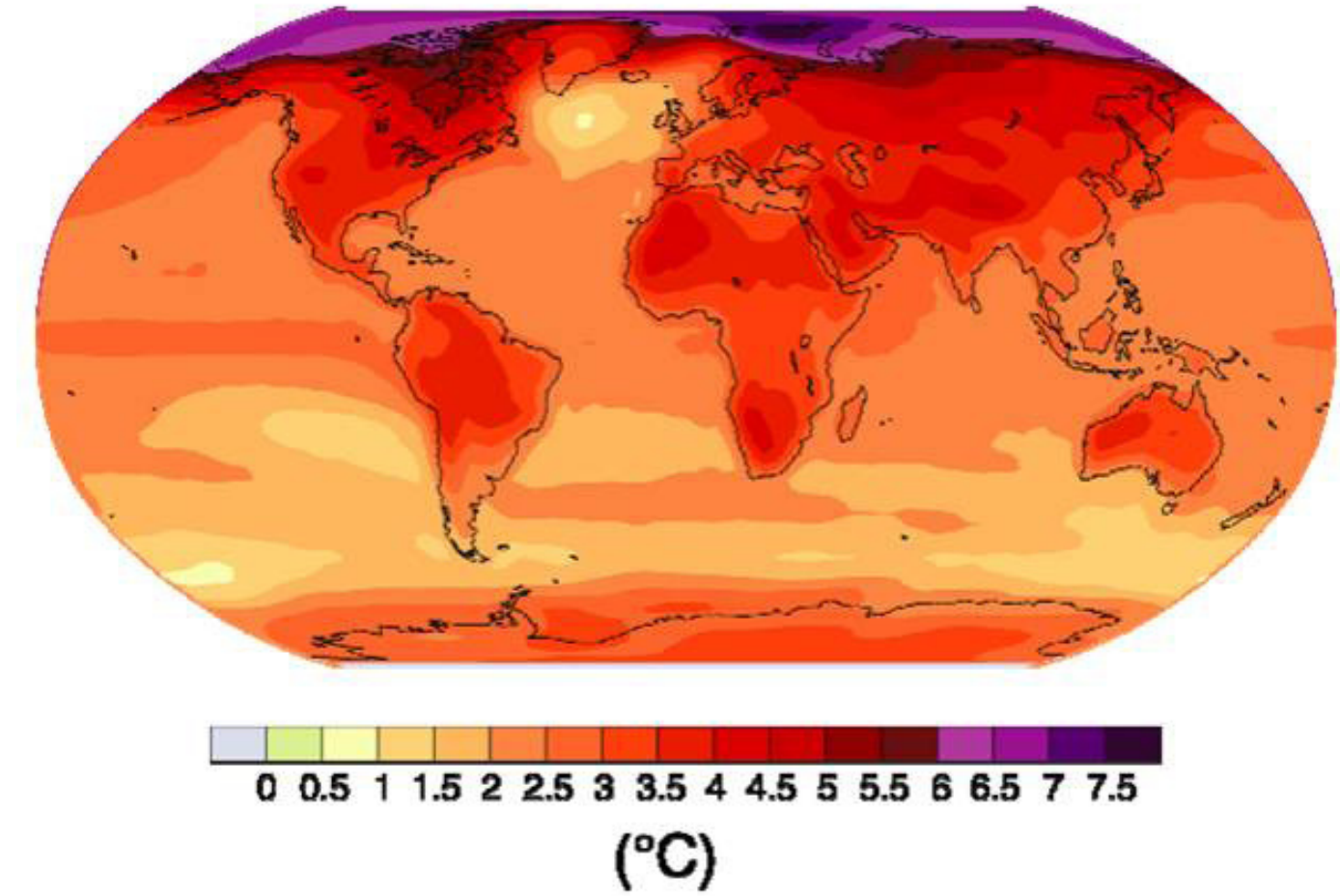


FIGURE 2.6 : Evolution des températures de surface mondiale (en °C) de 2000 à 2100 (GIEC 2007) sur la base du scénario d'émissions A1B. Ces projections font la synthèse de 21 modélisations globales indépendantes.

aussi liée à un phénomène météorologique cyclique appelé « Oscillation Pacifique Interdécadaire » (IPO) (cf. figure 2.8 et section 2.2.1).

2.1.2. Projections

Le GIEC projette une augmentation supplémentaire de la température mondiale moyenne de surface de 2,8°C [+ 1,7°C à + 4,4°C] d'ici la fin du siècle sur la base du scénario d'émission A1B. Différentes projections sont présentées en fonction des quantités de gaz à effet de serre émise au cours du siècle (cf. figure 2.6) ; le scénario d'émission A1B est le scénario jugé le plus probable par le GIEC et par l'Agence Internationale de l'Energie (AIE).

Dans le Pacifique Sud, le GIEC projette une augmentation des températures moyennes de surface de 1,8°C d'ici 2100 (+ 1,4°C à + 3,1°C). Cette augmentation est légèrement moins importante que l'augmentation mondiale projetée (de + 2,8°C) et elle est relativement uniforme suivant les saisons (cf. tableau 2.5).

La zone géographique pour laquelle ces projections sont réalisées est très vaste (du Mexique à la Nouvelle Zélande) et les variabilités interrégionales sont certainement importantes. De manière générale, pour la plupart des modèles, le réchauffement projeté est légèrement plus important dans la zone du Pacifique équatorial, au Nord des Marquises (+ 2,5 °C), et plus faible au Sud des Australes (+ 1,5°C) (Lal 2004 ; Whetton et Suppiah 2003 ; GIEC 2007).

2.2. Modification du régime de précipitations

2.2.1. Observations

Depuis les années 1970, des sécheresses plus sévères et plus longues ont été observées sur l'ensemble de la planète, et en particulier dans les régions tropicales et subtropicales. Cet assèchement accru s'explique par des températures plus élevées et des précipitations plus faibles. Cependant, la tendance n'est pas la même dans les îles tropicales du Pacifique Sud, en raison de leur particularité insulaire.

2

Depuis le milieu des années 1970, les précipitations annuelles ont augmenté de 50 à 100% suivant les postes de mesure aux Marquises. Ce changement du régime des précipitations va dans le sens des projections annoncées par le GIEC (cf. section suivante), mais il est également largement expliqué par l'Oscillation Pacifique Inter-décadaire (IPO). L'IPO a présenté trois phases principales au XXe siècle : deux phases négatives de 1922 à 1946, puis de 1978 à 1998, et une phase positive entre 1947 et 1976 (cf. figure 2.8) (Météo France Tahiti, Power et al. 1999). Les figures 2.7 et 2.8 ci-dessous montrent une corrélation significative entre une augmentation du régime des précipitations aux Marquises et l'Oscillation IPO dans cet archipel.

Par ailleurs, une augmentation significative des précipitations moyennes annuelles a été observée à Moruroa (aux Tuamotu) et à Pueu (presqu'île de Tahiti) depuis les années 1970 (Finet et al. 2001). Dans le reste de la Polynésie française, aucune tendance significative de variation des précipitations n'a été observée.

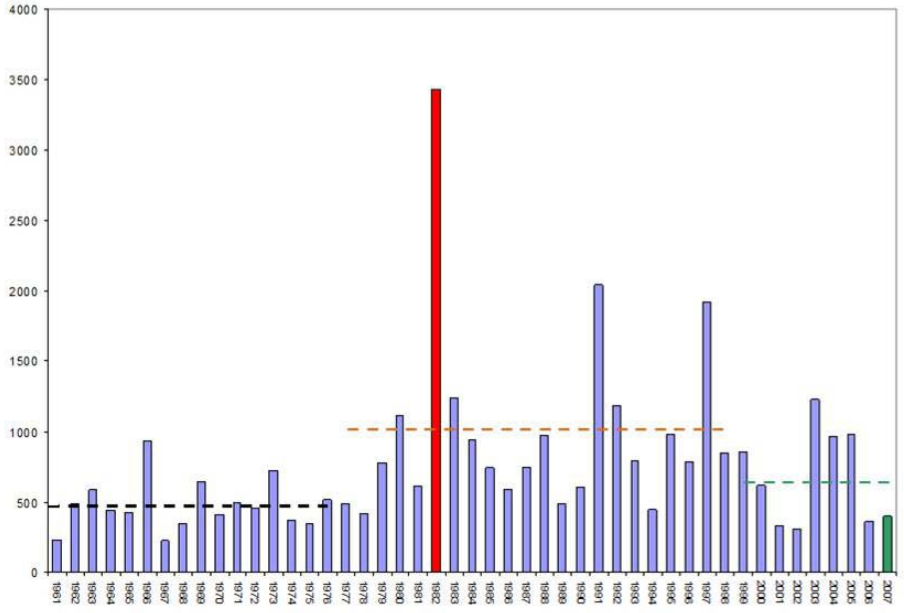


FIGURE 2.7 : Précipitations annuelles observées aux Marquises de 1961 à 2007 (Météo France). La zone en pointillé rouge correspond à une phase positive de l'Oscillation Pacifique Inter-décadaire. Des précipitations très intenses relevées en 1982 et 1991-1992 sont dues au phénomène El Nino.

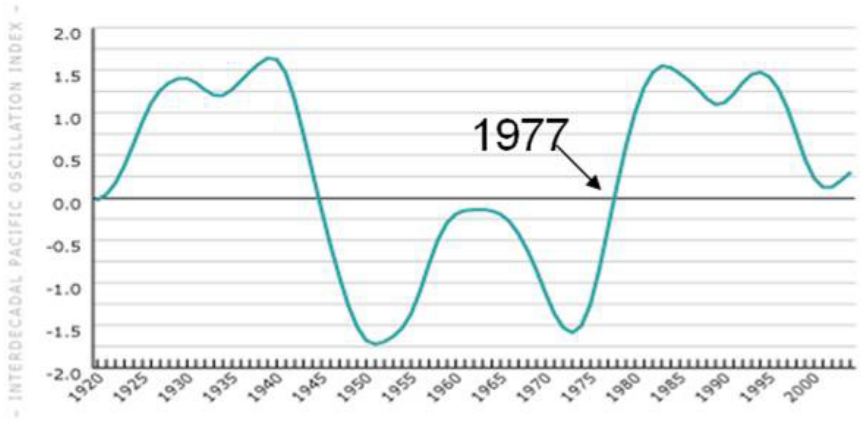


FIGURE 2.8 : Index de l'Oscillation Inter-décadaire Pacifique (IPO) de 1920 à 2005 (Météo France). Une oscillation positive a été observée entre 1947 et 1976.

2.2.2. Projections

D'ici la fin du siècle, le GIEC projette une augmentation du volume des précipitations pour les hautes latitudes, et une diminution dans la plupart des régions subtropicales (GIEC 2007). Mais encore une fois, dans le Pacifique, la tendance est différente en raison de la masse d'eau océanique.

Une légère augmentation des précipitations est projetée par le GIEC dans la zone Pacifique Sud d'ici 2100, avec une augmentation des moyennes annuelles de 3 % [+ 3 à + 6] pour l'ensemble de la zone (cf. tableau 2.6). Mais la variabilité régionale et saisonnière est importante. L'augmentation projetée est généralement plus forte dans le Pacifique équatorial au Nord (+10% à +30%), et plus faible, voire négative au Sud (de 0% à – 30%) (GIEC 2007).

Il n'existe pas de projections des précipitations spécifiques pour les différents archipels de Polynésie française, mais un zoom des projections globales du GIEC montre une augmentation des précipitations d'ici 2100 au Nord des Marquises (de + 5% à + 20%) à toutes les saisons (cf. figure 2.9). Dans les îles de la Société, une augmentation modérée des précipitations (de +5% à + 15%) est projetée pendant la saison sèche (Juin, Juillet, Aout). Une augmentation modérée des précipitations (de +5% à +15%) est projetée au Sud des Australes pendant la saison humide (Décembre, Janvier, Février). Au contraire, à l'Est des Tuamotu, une diminution importante des précipitations (de -5% à -40%) est projetée pendant la saison humide (GIEC 2007).

Les tendances présentées par le GIEC pour les précipitations sont donc très variables

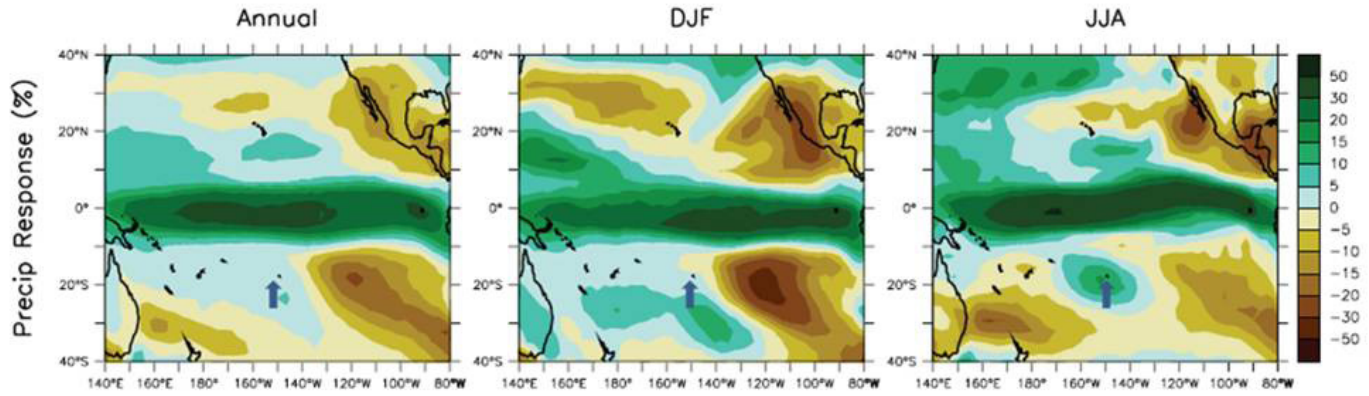


FIGURE 2.9 : Projections de l'évolution des précipitations (en %) de 2000 à 2100 dans la zone Pacifique Sud, issues de 21 modèles mondiaux indépendants (GIEC 2007). Projections annuelles, pendant la saison des pluies (DJF = Décembre, Janvier, Février) et pendant la saison sèche (JJA = Juin, Juillet, Aout). La flèche bleue situe l'île de Tahiti.

selon les archipels de Polynésie et la saison concernée. De plus, ces changements seront fortement influencés par l'oscillation inter-décadaire Pacifique (IPO) et par le phénomène ENSO.

2.3. Intensification des cyclones

2.3.1. Observations

Au niveau mondial, les observations synthétisées par le GIEC mettent en évidence un accroissement de l'intensité des cyclones tropicaux depuis 1970, et en particulier dans l'Atlantique Nord (région Caraïbes). Cette intensification est en partie liée à l'augmentation des températures de la mer. La figure 2.10 montre que la fréquence globale des cyclones est restée relativement stable au niveau mondial depuis 1970, mais la fréquence des cyclones de catégories 4 et 5 a significativement augmenté, alors que la fréquence des cyclones de catégories 1, 2 et 3 a légèrement diminué ; on parle donc bien d'intensification des cyclones et non pas d'augmentation générale de fréquence.

La carte ci-dessous réalisée par la NASA montre que la Polynésie française subit moins de cyclones que d'autres régions comme les Caraïbes, le Mexique et l'Asie de l'Est (cf. figure 2.11).

Un inventaire des cyclones et des dépressions tropicales fortes (DTF) qui sont passés sur la Polynésie française depuis 1878 a été réalisé par Météo France. De 1878 à 1969, 29 cyclones et DTF ont été recensés, alors que 44 cyclones et DTF ont été observés de 1969 à 2007 (Victoire Laurent, communication personnelle 2009). Cependant, il est impossible d'affirmer avec certitude qu'il s'agit d'une augmentation de fréquence, puisque les premières images satellites exploitables datent de 1969, ce qui explique qu'à partir de cette date on ait un meilleur historique de l'activité cyclonique sur le Pacifique ; les données au préalable sont issus de relevés historiques et de récits de marins.

2.3.2. Projections

En se fondant sur un ensemble de modèles, le GIEC projette une intensification des cyclones dans l'ensemble des régions tropicales, avec des vents maximum plus forts et des précipitations ponctuelles plus abondantes. Cette intensification va dans le même sens que les observations réalisées au cours des 40 dernières années au niveau mondial. En revanche, il n'est encore pas encore possible de donner une tendance relative à la fréquence globale des cyclones (GIEC 2007).

Il n'existe pas de projections plus détaillées de l'évolution de

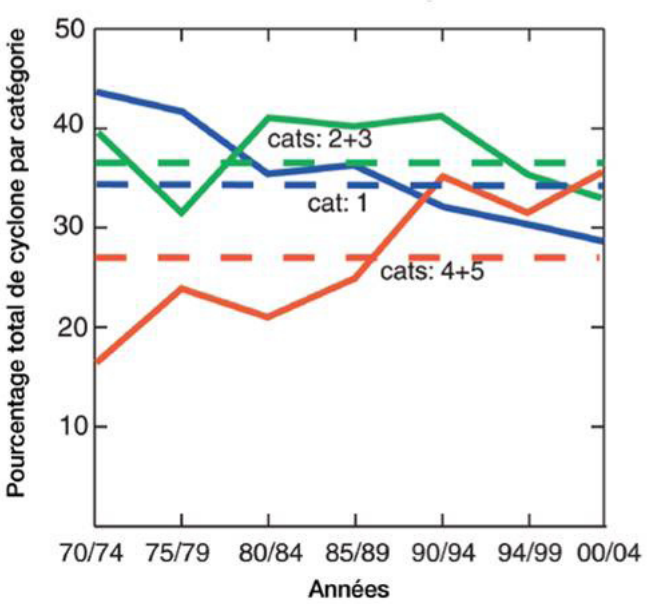


FIGURE 2.10 : Pourcentage de cyclones de Catégorie 1 (courbe bleue), somme des Catégories 2 et 3 (verte), somme des catégories 4 et 5 (rouge) recensés au niveau mondial sur des périodes de 5 ans de 1970 à 2004. Les pointillés horizontaux sont les moyennes pour chaque catégorie pendant cette période (Webster et al. 2005).

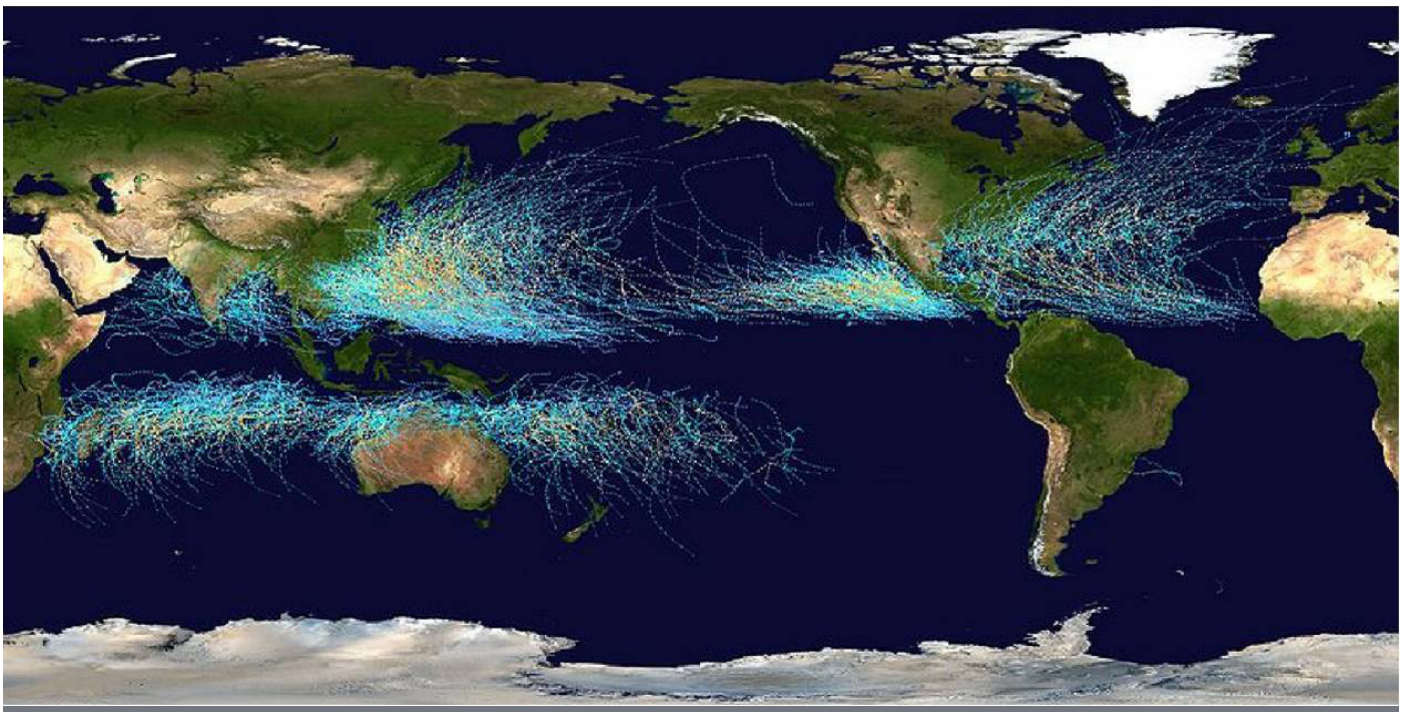


FIGURE 2.11 : Carte des trajectoires cumulées des cyclones tropicaux enregistrés de 1985 à 2005 dans le monde (NASA 2006).

l'intensité ou de la fréquence des cyclones pour la Polynésie française. D'autre part, les fluctuations du phénomène ENSO ont un impact fort sur l'occurrence des cyclones dans le Pacifique Sud, et l'incertitude liée à l'évolution des fluctuations ENSO face au changement climatique contribue à l'incertitude liée à l'évolution du régime des cyclones (Walsh 2004 ; GIEC 2007).

2.4. Elévation du niveau marin

2.4.1. Observations

Une élévation du niveau de la mer, observée au niveau mondial depuis plusieurs années, est directement liée au phénomène de réchauffement climatique. Elle est principalement due à la dilatation thermique des océans qui se réchauffent, mais aussi à la fonte des glaces terrestres : glaciers, inlandsis et calottes polaires.

Le niveau marin mondial, observé par un réseau de 23 marégraphes répartis autour du monde, a augmenté d'environ 20 centimètres depuis 1900 (cf. figure 2.12). Cette élévation semble s'accélérer ; elle était de 1,8 mm/an [+ 1,3 à + 2,3] depuis 1961 et de 3,1 mm/an [+ 2,4 à + 3,8] depuis 1993 (GIEC 2007).

Au niveau du Pacifique Sud, les observations de l'élévation du niveau marin ont été très variables suivant les années et les sous-régions. Cette variabilité est principalement due aux changements de circulation océanique associés aux phénomènes ENSO. En Polynésie française, une élévation d'environ 7,5 centimètres a été observée à Tahiti entre 1975 et 2005 au niveau du marégraphe de Papeete (Sea Level Center 2005). L'élévation observée, relativement régulière, était d'environ de 0,25 cm par an pendant cette période (cf. figure 2.13).

2.4.2. Projections

Le GIEC projette une élévation supplémentaire du niveau marin mondial de 35 centimètres [+ 23 à + 47 centimètres] en moyenne d'ici la fin du siècle (GIEC 2007). Cependant, les experts

Une élévation du niveau marin d'environ 7,5 centimètres a été observée à Tahiti entre 1975 et 2005

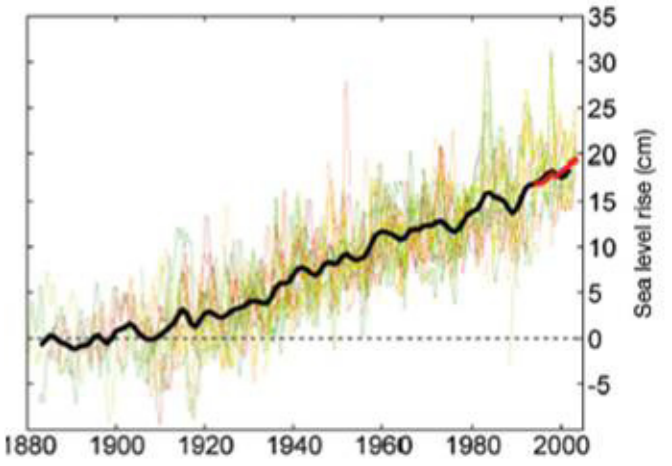


FIGURE 2.12: Elévation du niveau marin mondial en centimètres de 1880 à 2000. Moyenne observée sur 23 marégraphes répartis autour du monde (courbe noire) et mesure par observation satellite depuis 1990 (courbe rouge) (GIEC 2007).

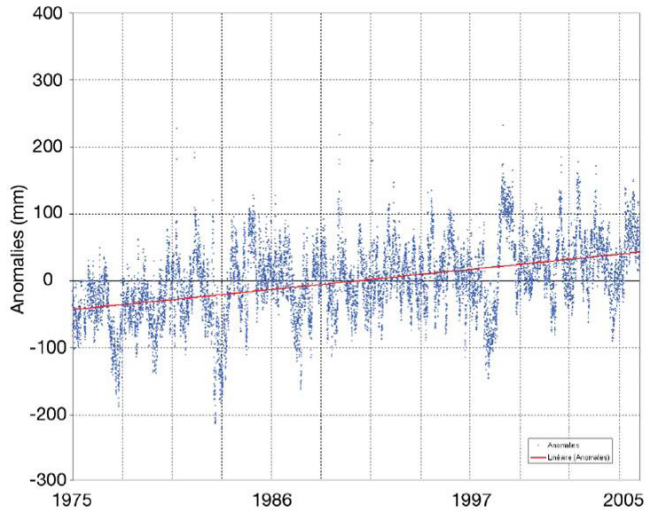


FIGURE 2.13 : Elévation du niveau marin détectée à Papeete entre 1975 et 2005 (Sea Level Center, University of Hawaii 2005)

avouent que cette estimation est très minimale, puisqu'elle ne considère que la dilatation thermique des océans (c'est à dire l'augmentation de volume due au réchauffement de l'eau), et n'inclut pas l'effet de la fonte potentielle des calottes glaciaires. Il n'existe pas encore de consensus scientifique mondial sur la modélisation de la fonte des glaces, ce paramètre à donc été exclu des projections du GIEC. Cependant, une fonte totale de la calotte glaciaire du Groenland uniquement, improbable avant plusieurs siècles, augmenterait le niveau des océans d'environ sept mètres (GIEC 2001). Ceci donne une idée du taux d'incertitude qui persiste encore quant à l'estimation de l'élévation du niveau marin.

Dans la région du Pacifique Sud, l'élévation du niveau marin projeté d'ici la fin du siècle est du même ordre que la moyenne mondiale (0,35 mètres) (Church 2006). Cependant, comme on l'a vu pour les observations, les variations entre les sous régions sont importantes et le niveau d'incertitude est encore élevé. Il n'existe pas de projections plus détaillées pour la Polynésie française.

2.6. Acidification de l'océan

L'augmentation de la concentration du carbone produit par les activités humaines depuis 1750 a conduit à une acidification générale des océans. Une décroissance moyenne mondiale du pH de 0,1 unité a été mesurée. Les simulations du GIEC projettent une réduction supplémentaire du pH de surface des océans du monde comprise entre 0,14 et 0,35 unité en moyenne d'ici la fin du siècle (IPCC 2007 ; Petit et Prudent 2008). Il n'existe pas de projection plus détaillée pour le Pacifique Sud ou la Polynésie française.

2.7. Accentuation du phénomène ENSO

L'impact du changement climatique sur l'occurrence du phénomène ENSO est à ce jour incertain, bien que deux événements récents de ce type, en 1982/1983 et en 1997/1998, se sont révélés être les plus extrêmes du siècle dernier et probablement des 400 dernières années. Dans tous les cas, les conditions climatiques exceptionnelles entraînées par le phénomène ENSO donnent un aperçu de ce que pourront être les impacts du changement climatique à l'avenir et, d'autre part, à travers une augmentation des températures et une diminution des précipitations dans certaines régions, le changement climatique risque d'exacerber considérablement l'ampleur et les impacts du phénomène ENSO dans les années à venir (GIEC 2007).

3 Inventaire des Gaz à Effet de Serre (GES) émis en Polynésie française

3

Conformément à l'article 4.1a de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), tous les pays signataires doivent mettre à jour et divulguer leur inventaire national des gaz à effet de serre dans leur communication sur le changement climatique.

Les données sur les émissions de GES de la Polynésie française sont extrêmement limitées, et il n'existe pas à ce jour d'inventaire de référence.

Seules deux études présentent des estimations préliminaires d'émissions de certains GES localement. Une analyse de la SEDEP en 1999, présente des estimations des émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de monoxyde de carbone (CO), d'oxyde d'azote (NOx) et d'oxyde de souffre (SO_2), mais ces données ne concernent que la zone de Papeete (cf. tableau 3.1). Une autre étude du centre d'Analyse des Informations sur le Dioxyde de Carbone (Carbon Dioxyde Information Analysis Center - CDIAC) du Département de l'Energie des Etats Unis, présente des estimations de CO_2 pour la plupart des pays du monde de 1990 à 2004. Ces estimations très approximatives sont calculées à partir de données collectées par la Division des Statistiques des Nations Unies (United Nations Statistics Division) à partir de la consommation d'hydrocarbures de chaque pays (cf. section 3.4).

3.1. Méthode d'inventaire des Gaz à Effet de Serre (GES)

L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre de ce document a été réalisé suivant les recommandations de la CCNUCC et présenté selon le Common Reporting Format (CRF) du GIEC. Il s'agit du premier inventaire de GES pour la Polynésie française et beaucoup de données sont inexistantes ou estimées. Dans tous les cas, les consignes de la CCNUCC sur les inventaires à GES stipulent qu'un « *inventaire complet n'est pas obligatoire* » et que « *les Parties communiquent à la Conférence des Parties un inventaire national des émissions anthropiques, dans la mesure où leurs moyens le permettent* ».

Les données à partir desquelles cet inventaire a été réalisé sont issues du Service de l'Energie et des Mines principalement. Pour le calcul des émissions de CO_2, deux méthodes ont été utilisées : l'approche de « référence » et l'approche « sectorielle ». Pour la première approche, les calculs des émissions se basent sur les quantités globales d'hydrocarbures importés et consommés. La deuxième approche au contraire, fait l'inventaire des hydrocarbures consommés par secteur

	Quantités produites	Origine du polluant	Principaux lieux d'émissions
Oxydes de soufre SO2 – SO3	3200 tonnes /an 10,2 à 14, 6 kg.hab/an France : 17,4	Electricité : 67% Transport : 33%	ZI Punaruu Centre ville de Papeete Embouteillages
Monoxyde de carbone CO	7000 à 10000 t/an	Moteurs diesel fixes transport	ZI Punaruu Centre ville de Papeete Embouteillages
Diozyde de carbone CO2	700 000t/an 3,2 t hab/an France : 6,2	Transport Electricité Industrie	ZI Punaruu Centre ville de Papeete Embouteillages
Oxydes d'azote NOx	2 500 à 3 000 t/an 13 kg/hab/an France : 25,8	Transport Electricité Agriculture	ZI Punaruu Centre ville de Papeete Embouteillages
Plomb Pb	24 0500 kg/an	Supercarburant	Embouteillages Centre ville de Papeete
Chlorofluorocarbones CFC	43 000 kg/an	Réfrigération 90% Aérosol 10%	Diffus
Composés organiques volatiles COV	Pas de données réalistes en 1999 France : 2100 kt en 2001	Carburant Station service peinture	Proximité des stockages et stations services Cabines de peinture
Particules	Minimum 360t/an 1,6 kg/hab/an (min.) France : 3,5	Transport	Gare des trucks Centre ville Papeete
Ozone O3	Estimation impossible par manque de données	Actions des rayons UV sur les pollutions	Diffus

TABLEAU 3.1: Principaux polluants atmosphériques à Papeete (SEDEP 1999, issu de Gabrié et al., 2006)

3

d'activité. Pour le calcul des émissions de CO_2 dans la section 3.2.1, les facteurs d'émissions utilisés ont été calculés en faisant la moyenne des facteurs d'émissions présentés par la méthode de référence simplifiée dans l'inventaire des GES de la France entre 1990 et 2007 (CITEPA 2009, tableau 29 page 88). Ils sont indiqués dans le tableau suivant (cf. tableau 3.3).

3.2. Emissions par secteur

Les différents secteurs d'émissions retenus par le Common Reporting Format du GIEC sont les suivants : 1) Energétique, 2) Procédés industriels, 3) Solvants et autres produits, 4) Agriculture, 5) Affectation des terres et 6) Déchets.

Hydrocarbure :	Facteur d'émission :
Produits pétroliers	2,65 tonnes de CO_2 émise par TEP brûlée
Gaz naturels	2,20 tonnes de CO_2 émise par TEP brûlée

TABLEAU 3.3 : Facteurs d'émissions des produits pétroliers et des gaz naturels (à partir de données issues de CITEPA, 2009)

3.2.1. Secteur énergétique

Le secteur énergétique comprend toute utilisation d'hydrocarbure fossile pour la production d'énergie électrique ou mécanique, ainsi que les émissions fugitives d'hydrocarbures. Un inventaire détaillé du CO_2 émis par le secteur énergétique de Polynésie française de 2000 à 2008 est présenté dans ce rapport. Il n'a pas été possible de quantifier les émissions des autres GES car les facteurs d'émissions n'ont pas pu être déterminés en raison d'un manque de données.

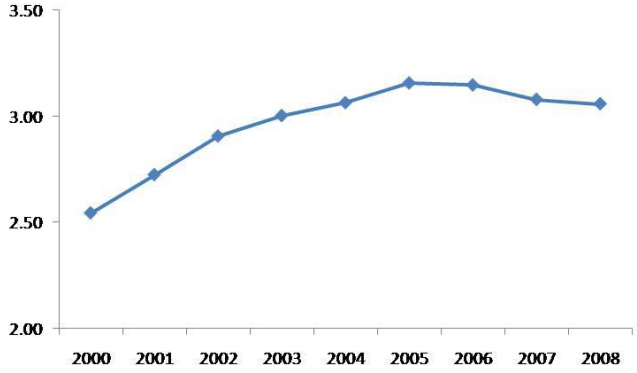


FIGURE 3.6 : Emissions de CO_2 en Polynésie française dues à la combustion d'hydrocarbures liquides de 2000 à 2008 en tonne de CO_2 et en tonnes de CO_2 par habitant (à partir de données du SEM, 2009)

Catégorie	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produits pétroliers	226 124	242 838	259 821	267 883	273 777	282 375	281 324	291 642	289 499
GPL	11 516	11 516	11 388	12 467	12 158	12 214	12 430	12 248	12 420
Total hydroc.	237 640	254 355	271 209	280 349	285 935	294 588	293 754	303 889	301 919
Energie renouv.	33 226	32 670	26 275	27 521	34 157	29 631	35 810	39 299	36 354
% renouvelable	12	11	9	9	11	9	11	11	11
Total éner. Conso.	270 866	287 024	297484	307 870	320 092	324 219	329 564	343 188	338 273

TABLEAU 3.4: Importation d'hydrocarbures liquides et production d'énergie renouvelable en Tonnes d'Equivalent Pétrole (TEP) en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
t CO_2	624 563	668 857	713 580	737 316	752 256	775 163	772 856	799 795	794 497
t CO_2/hab.	2,54	2,72	2,91	3,00	3,06	3,16	3,15	3,08	3,06

TABLEAU 3.5: Emissions de CO_2 en Polynésie française dues à la combustion d'hydrocarbures liquides de 2000 à 2008 en tonne de CO_2 et en tonnes de CO_2 par habitant (à partir de données du SEM, 2009)

3

Approche de référence

L'approche de référence fait l'inventaire des importations d'hydrocarbures globales en Polynésie française de 2000 à 2008 (cf. tableau 3.4). La production d'énergie renouvelable pour l'ensemble du pays est également indiquée dans cette section. On note qu'elle s'échelonne de 9 à 12 % de la consommation énergétique totale. Une analyse plus détaillée de l'évolution des consommations énergétiques sera réalisée dans la section 3.6. Les émissions de CO_2 ont été calculées à partir des facteurs d'émissions présentés dans la section 3.1. Les émissions de CO_2 calculées dans cet inventaire sont plus ou moins cohérentes avec les émissions indiquées par la SEDEP en 2000 (environ 3 tonnes de CO_2 par habitant et par an) (cf. tableau 3.5 et figure 3.6).

Approche sectorielle

L'approche sectorielle fait l'inventaire des hydrocarbures consommés par secteur d'activité (cf. tableau 3.7). Les données présentées sont issues du Service de l'Energie et des Mines (SEM) et ont été synthétisées sur la base de données de l'Institut Statistique de Polynésie Française (ISPF). Pour l'ensemble des secteurs, les émissions de CO_2 ont été calculées à partir des facteurs d'émissions présentés dans la section 3.1. et la part des énergies renouvelables (environ 10% de la consommation globale) a été retirée du calcul des émissions (cf. tableau 3.8 et figure 3.9).

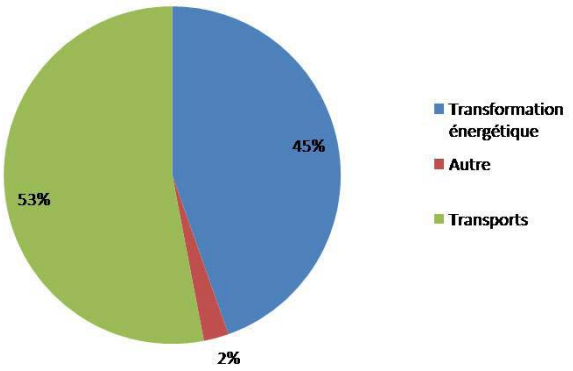


Figure 3.9 : Emissions de CO_2 en tonnes en Polynésie française par activité du secteur énergétique en 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Transformation énergie	108 833	115 020	121 794	126 856	131 354	136 002	143 533	149 959	149 156
Industrie manufacturière	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Résidentiel, tertiaire	9 103	7 797	8 542	9 789	9 164	9 487	9 796	9 364	9 696
Transports	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	174 000	179 503	177 334
Emissions fugitives	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grand total:	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	327 329	338 827	336 186

TABLEAU 3.7 : Consommation énergétique en tonnes d'équivalent pétrole (TEP) en Polynésie française par activité de 2000 à 2008 (n.e. = non estimé) (à partir de données du SEM, 2009)

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Transformation énergie	248 084	265 654	291 486	303 168	306 505	324 155	333 995	346 002	347 671
Industrie manufacturière	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Résidentiel, tertiaire	17 226	14 951	16 972	19 422	17 753	18 773	18 923	17 937	18 762
Transports	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	404 890	414 169	413 350
Emissions fugitives	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grand total:	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	757 809	778 108	779 783

TABLEAU 3.8 : Emissions de CO_2 en tonnes en Polynésie française par activité du secteur énergétique 2000 à 2008 (n.e. = non estimé) (à partir de données du SEM, 2009)

3

- Combustion pour la transformation d'énergie (1A1)

Cette section comprend la combustion d'hydrocarbure pour la production d'énergie électrique injectée dans le réseau EDT et consommée par les différents secteurs d'activité (cf. tableaux 3.10 et 3.11). Les émissions de CO_2 liées à la combustion d'hydrocarbures pour la transformation énergétique représentent environ 45% des émissions du secteur énergétique.

- Industrie manufacturière et construction (code 1A2)

Cette catégorie regroupe la combustion d'hydrocarbures effectuée par les chaudières, turbines, moteurs, fours utilisés dans les industries consommatrices d'énergie comme l'industrie des métaux ferreux, la chimie, l'industrie papetière, l'industrie agroalimentaire. Il n'a pas été possible de dissocier ces consommations énergétiques spécifiques avec les chiffres disponibles. Les consommations relatives à cette catégorie sont donc incluses dans la catégorie transport et transformation d'énergie.

- Combustion pour le résidentiel et tertiaire (code 1A3)

Cette section comprend toute combustion d'hydrocarbures pour le secteur résidentiel et tertiaire. Il faut noter qu'elle ne comprend pas la combustion pour la production d'électricité et pour les transports utilisés par ce secteur, qui font l'objet de sections spécifiques (cf. tableaux 3.12 et 3.13).

- Transports (code 1A4)

Cette section comprend le transport terrestre, ainsi que le transport aérien et maritime domestique (inter-îles), mais ne comprend pas le transport aérien et maritime international (cf. tableaux 3.14 et 3.15). Les émissions de CO_2 liées à la combustion d'hydrocarbures pour le transport représentent environ 53% des émissions du secteur énergétique de Polynésie française. Le transport terrestre englobe 73% de ces émissions, contre 17% pour le transport maritime et 10% pour le transport aérien inter-îles (cf. figure 3.16).

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Electricité BT usage pro.	14 787	15 556	16 618	17 349	17 886	18 719	19 401	19 993	19 688
Electricité MT industrie - hôtel	49 098	51 367	54 923	57 080	58 685	59 871	63 206	66 519	65 810
Eclairage publique	1 213	1 323	1 452	1 438	1 506	1 534	1 508	1 716	1 786
Electricité BT domestique	43 736	46 774	48 801	50 989	53 277	55 879	59 418	61 731	61 872
Total:	108 833	115 020	121 794	126 856	131 354	136 002	143 533	149 959	149 156

TABLEAU 3.10: Consommation énergétique en TEP des différentes catégories de transformation d'énergie en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Electricité BT usage pro.	33 707	35 929	39 772	41 461	41 735	44 615	45 145	46 131	45 892
Electricité MT industrie - hôtel	111 917	118 639	131 447	136 413	136 937	142 699	147 077	153 480	153 396
Eclairage publique	2 764	3 056	3 474	3 437	3 514	3 656	3 510	3 959	4 163
Electricité BT domestique	99 695	108 030	116 793	121 856	124 319	133 185	138 263	142 432	144 219
Total:	248 084	265 654	291 486	303 168	306 505	324 155	333 995	346 002	347 671

TABLEAU 3.11 : Emissions de CO_2 en tonne des différentes catégories de transformation d'énergie en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

3

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gaz professionnel	4 204	247	2 764	4 354	3 087	3 952	4 446	3 510	4 164
Gaz particulier	4 899	7 550	5 778	5 436	6 078	5 535	5 350	5 854	5 532
Total:	9 103	7 797	8 542	9 789	9 164	9 487	9 796	9 364	9 696

TABLEAU 3.12: Consommation énergétique en TEP par la combustion pour le résidentiel et tertiaire en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gaz professionnel	7 955	474	5 492	8 638	5 980	7 821	8 589	6 723	8 058
Gaz particulier	9 272	14 477	11 480	10 785	11 773	10 952	10 334	11 214	10 704
Total:	17 226	14 951	16 972	19 422	17 753	18 773	18 923	17 937	18 762

TABLEAU 3.13: Emissions de CO_2 en tonnes de la combustion pour le résidentiel et tertiaire en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Société transport en commun	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	1 831	1 840	1 840
Transport terrestre (station)	n.e.	84 544	88 341	91 311	96 906	100 419	102 285	108 428	108 368
Boulangers	3 125	2 733	2 369	3 355	2 532	3 672	2 608	1 968	1 105
Carburant entreprise	n.e.	28 760	27 221	29 554	29 710	26 316	18 499	18 201	18 193
Total terrestre	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	125 222	130 437	129 506
Pêche (thonier,...)	8 890	9 372	9 258	9 803	10 937	10 347	10 315	9 039	9 369
Perliculture	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	143	1 555	2 342	2 415	1 944
Transport maritime (inter-iles)	15 034	18 666	20 080	18 569	19 102	20 865	20 601	20 298	19 527
Total marin	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	30 181	32 767	33 259	31 753	30 839
Transport aérien (inter-iles)	12 553	12 918	13 446	14 239	14 724	14 924	15 519	17 313	16 989
Grand total:	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	174 000	179 503	177 334

TABLEAU 3.14: Consommation énergétique en TEP des différents pôles du secteur des transports en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

Catégories	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Société transport en commun	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4 261	4 245	4 288
Transport terrestre (station)	n.e.	195 264	211 423	218 220	226 124	239 343	238 012	250 177	252 596
Boulangers	7 124	6 313	5 670	8 019	5 908	8 752	6 068	4 541	2 577
Carburant entreprise	n.e.	66 424	65 147	70 630	69 327	62 723	43 046	41 995	42 407
Total terrestre	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	291 387	300 959	301 868
Pêche (thonier,...)	20 264	21 646	22 156	23 427	25 520	24 662	24 004	20 856	21 838
Perliculture	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	334	3 707	5 451	5 573	4 530
Transport maritime (inter-iles)	34 269	43 112	48 056	44 377	44 572	49 730	47 938	46 833	45 515
Total marin	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	70 426	78 100	77 393	73 263	71 883
Transport aérien (inter-iles)	28 615	29 836	32 179	34 029	34 357	35 571	36 111	39 947	39 599
Grand total:	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	40 4890	41 4169	41 3350

TABLEAU 3.15: Emissions de CO_2 en tonnes des différents pôles du secteur des transports en Polynésie française de 2000 à 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

- Emissions fugitives

Il n'existe pas d'activité d'extraction de pétrole en Polynésie française, ou de transport, de transformation, de combustion non-productive de charbon ou de pétrole brut ou de gaz naturel non transformé. Les émissions fugitives qui pourraient être associées à ces activités sont donc négligeables.

3.2.2. Procédés industriels

Les gaz classés dans cette catégorie sont émis par les procédés industriels eux-mêmes, et non pas par une consommation d'énergie liée à ces activités. Les procédés industriels qui pourraient émettre des GES en Polynésie française sont la production de ciment, d'asphalte, et de boissons gazeuses. Il n'existe pas de données pour quantifier ces émissions. Il s'agit cependant de productions à petite échelle, les émissions liées à ces activités sont probablement très limitées.

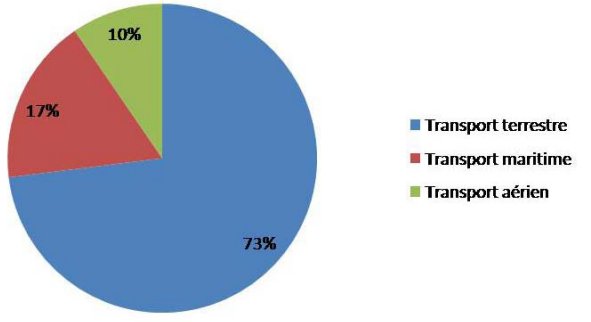


FIGURE 3.16 : Emissions de CO_2 par le transport terrestre, maritime et aérien en Polynésie française en 2008 (à partir de données du SEM, 2009)

3.2.3. Solvants et autres produits chimiques

Cette catégorie regroupe l'ensemble des activités consommatrices de solvants que sont l'application de peinture (dans l'industrie, le bâtiment, à usage domestique…), le dégraissage des métaux et le nettoyage à sec. Il n'existe pas de données d'estimation de ces émissions.

3.2.4. Agriculture

Cette catégorie regroupe l'ensemble des émissions liées à l'agriculture en dehors des activités consommatrices d'énergie (engins agricoles etc.).

Fermentation entérique

La fermentation entérique, produite par la digestion des ruminants, est une source importante de méthane. Les statistiques des animaux d'élevage ont été élaborées par le Service du Développement Rural (SDR) (cf. tableau 3.17).

3

Catégorie	Facteur d'émission de CH_4 (kg/tête/an)	Cheptel en 2008	Emissions de CH_4 en tonnes
Bovins	62,04	4 365	271
Ovins	9,68	600	6
Caprins	11,76	6 150	72
Total :			349

TABLEAU 3.17: Emissions de CH_4 par le cheptel de bovins, d'ovins et de caprins en Polynésie française en 2008 (à partir de données du SDR, 2009)

Autres émissions

- Culture de riz

Les cultures de riz dégagent de fortes émissions de CH_4. Cette culture n'est pas développée en Polynésie française. Les émissions associées à ces activités sont négligeables.

- Sols agricoles, gestion des déjections, brûlis de savanes et brûlis de résidus agricoles

Les sols agricoles sont des émetteurs de N_2O. On distingue les émissions directes des sols (liées à l'épandage des fertilisants synthétiques et des engrais de ferme), des émissions indirectes (provoquées par le lessivage des sols). Les déjections épandues et les brûlis de résidus agricoles sont émetteurs de GES également. Le nettoyage des cocoteraies aux Tuamotu s'effectue essentiellement par le feu, et le brûlis des déchets verts est largement répandu en Polynésie française. Cependant, il n'existe pas de données locales pour estimer l'ensemble de ces émissions.

De nombreux terrains de forêts sont défrichés chaque année pour la construction d'infrastructures ou pour l'extension de la surface agricole

3.2.5. Utilisation des terres et changement d'affectation

Une grande quantité de gaz carbonique et de nitrogène est émise ou absorbée par la biomasse. Tout changement dans la biomasse, à travers le changement de l'utilisation des terres agricoles ou forestières, peut modifier la balance naturelle de ces gaz. Les forêts sont des composantes importantes du système climatique. Leur potentiel de séquestration des gaz est énorme, et elles agissent comme un réservoir des émissions de CO_2. Au niveau mondial, la déforestation est le facteur qui affecte le plus la biomasse et les échanges de gaz liés.

Plantation de forêts

Une étude réalisée par l'ONF international est en cours pour quantifier la biomasse et le stock de carbone présent dans les forêts de Polynésie française, mais ses résultats ne sont pas encore disponibles. Il n'existe pas de typologie détaillée des forêts de Polynésie française, mais seulement des estimations de la surface des différents types de formation végétale (feuillus, résineux, cocoteraie…) (Butaud, 2008). De plus, il n'existe pas de données relatives à l'évolution de l'occupation des sols. Le Service du Développement Rural (SDR) estime que 10 hectares de forêts sont plantés par an en moyenne. Environ 4 hectares sont de la transformation forestière, et viennent généralement remplacer des forêts d'Hibiscus tiliaceus (Purau en tahitien), et 6 hectares sont des zones à extension de biomasse, et viennent remplacer des forêts dégradées ou des zones envahies par les plantes exotiques telles que Miconia ou Lantana. Ces données sont des estimations et ne permettent pas de quantifier avec précision la capture de carbone entrainée par ces plantations.

Réduction de la surface forestière

De nombreux terrains de forêts sont défrichés chaque année pour la construction d'infrastructures ou pour l'extension de la surface agricole. Au-delà de 5 hectares sur terrain plat (ou de 2 hectares sur pente), les particuliers souhaitant défricher, sont tenus de réaliser une notice d'impact auprès du SDR. Pour des surfaces inférieures, une simple autorisation d'abattage doit être demandée à la mairie et au SDR. Mais ces données d'abattage ne sont pas compilées au siège du SDR à Pirae. Il

3

Secteurs	CO_2	CH_4	N_20
1) Energie	779 783		
A. Combustion d'hydrocarbures	779 783		
1) Transformation énergétique	347 671		
2) Industrie manufacturière			
3) Résidentiel et tertiaire	18 762		
3) Transport	413 350		
4) Autres secteurs	neg.	neg.	neg.
5) Autre	neg.	neg.	neg.
B. Emissions fugitives	neg.	neg.	neg.
1) solide	neg.	neg.	neg.
2) Pétrole et gaz naturel	neg.	neg.	neg.
2) Procédés industriels			
A. Production minérale			
B. Industrie chimique	neg.	neg.	neg.
C. Métallurgie	neg.	neg.	neg.
D. Autre production	neg.	neg.	neg.
E. Production d'Halocarbures et SF_6	neg.	neg.	neg.
F. Consommation d'Halocarbures et SF_6	neg.	neg.	neg.
G. Autre	neg.	neg.	neg.
3) Solvants et autres produits			
4) Agriculture			
A. Fermentation entérique	neg.	349	neg.
B. Gestion des déjections			
C. Culture de riz	neg.	neg.	neg.
D. Sols agricoles			
E. Brulis de savanes	neg.	neg.	neg.
F. Brulis de résidus agricoles			
G. Autre	neg.	neg.	neg.
5) Affectation des terres et foresterie			
A. Forêts			
B. Cultures			
C. Pairies			
D. Terres humides			
E. Zones urbanisées			
F. Autres terres			
G. Autre			
6) Déchets			
A. Déchets solides			
B. Traitement des eaux usées			
C. Incinération de déchets			
D. Autre			
7) Autre	neg.	neg.	neg.
TOTAL	779 783	349	

TABLEAU 3.18 : Emissions de Gaz à Effet de Serre en 2008 en Polynésie française en fonction des catégories de l'approche sectorielle du GIEC (neg. = négligeable ; cellules grises = non estimé).

3

n'est donc pas possible de quantifier la surface de forêt détruite chaque année et les émissions de GES entrainées à partir des données disponibles.

3.2.6. Déchets

La décomposition anaérobie de déchets organiques enfouis et le traitement des eaux usées produisent une quantité importante de méthane. Le plus grand centre d'enfouissement de déchets solides de Polynésie française est situé à Paihoro, au Sud de Tahiti et est géré par la SEP. Une torchère a été installée pour brûler le biogaz produit par les déchets enfouis. Environ 180 m3 de biogaz est produit par heure, et il est composé de 50% de CH4 et de 34% de CO_2. Des analyses sont en cours pour estimer les quantités de gaz libérés à la sortie de la torchère mais les données ne sont pas encore disponibles.

La plupart des produits de consommation sont fabriqués en dehors des frontières

Le transport terrestre, marin et aérien (à l'intérieur du territoire) représente environ 53% des émissions de C02 de Polynésie française

3.3. Analyse

Le tableau 3.18. indique les émissions globales de CO_2, CH4 et N_2O en Polynésie française en 2008 quantifiée à ce jour (cf. tableau 3.18). Il montre que de nombreuses données sont encore indisponibles et que l'inventaire est loin d'être complet, principalement pour les gaz autres que le CO_2. Les émissions relatives à l'affectation des terres n'ont pas pu être estimées alors qu'elles pourraient modifier largement ces premières estimations.

Les émissions de CO_2 en Polynésie française ont suivi une augmentation soutenue et constante de 2000 à 2005, elles étaient environ de 624 000 tonnes en 2000 et de 775 000 tonnes en 2005. Depuis 2005, l'augmentation a subi un léger ralentissement pour arriver à 794 000 tonnes de CO_2 émises en 2008. L'augmentation des émissions observée est en partie due à l'augmentation significative de la population du pays, qui est passée de 245 000 habitants en 2000 à 259 000 en 2008, et au dynamisme économique associé. Le parc automobile est passé d'environ 45 000 véhicules en 1995 à 75 000 véhicules en 2005 (Gabrié et al., 2006). Cependant, la diminution des émissions observée depuis 2005 (ramenée au nombre d'habitant) est probablement due au ralentissement économique, et notamment à la diminution de l'activité touristique.

En Polynésie française, l'électricité est principalement produite à partir de combustibles fossiles liquides importés. Le pays n'a pas recours à l'énergie nucléaire, moins émettrice en CO_2. Les émissions de CO_2 étaient environ de 3 tonnes par habitant en 2008. Selon le GIEC, le niveau maximal d'émission que la Terre peut supporter pour stopper l'accroissement de l'effet de serre est de 1,8 tonne de CO_2 par personne par an (GIEC 2007). Les émissions de la Polynésie sont donc déjà presque 2 fois supérieures au niveau maximum recommandé par les scientifiques. De plus, les estimations présentées dans ce rapport ne comprennent pas les transports internationaux de biens et de personnes, car ces données ne sont pas disponibles. L'ajout des émissions provoquées par les transports internationaux pourrait considérablement augmenter les estimations, étant donné que la plupart des produits de consommation courante en Polynésie sont importés depuis plusieurs milliers de kilomètres. Un simple aller-retour en avion en classe économique entre la Polynésie française et la métropole émet 6.9 tonnes de CO_2, soit environ 3.8 fois ce que la terre peut supporter par personne et par an. En outre, les estimations présentées ne comprennent pas non plus le CO_2 émis pour fabriquer les produits manufacturés importés. L'industrie est peu développée en Polynésie française, et la plupart des produits de consommation sont fabriqués en dehors des frontières. Encore une fois, l'ajout des émissions provoquées par la fabrication de l'ensemble des produits importés en Polynésie française augmenterait considérablement les estimations. Ainsi, les estimations présentées dans ce rapport sont largement sous-évaluées par rapport aux émissions réelles de la Polynésie française.

3

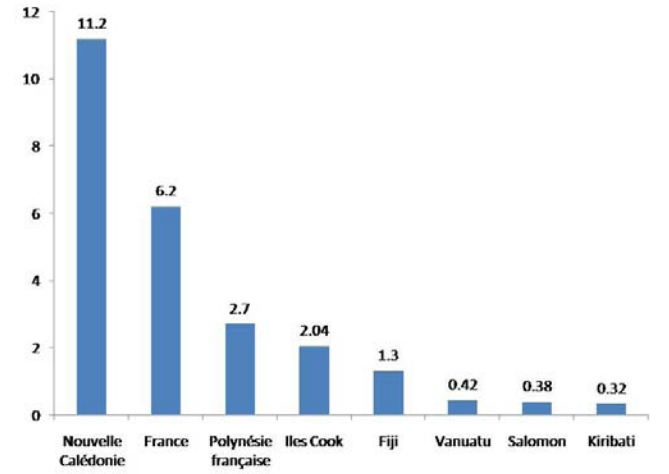


FIGURE 3.19: Emissions de CO_2 par habitant en Polynésie française, en France, et dans plusieurs pays du Pacifique en 2004 (CDIAC 2005 à partir des données de l'United Nations Statistics Division)

Les statistiques de l'ONU permettent une comparaison des émissions de Polynésie à celle de la France et à ses voisins du Pacifique (cf. figure 3.19). En 2004, avec environ 2,7 tonnes de CO_2 par habitant, les émissions de la Polynésie étaient environ 2,5 fois inférieures à celles de la France et 4 fois inférieures aux émissions de la Nouvelle Calédonie. Cependant, ces comparaisons ne sont pas vraiment pertinentes, car l'industrie lourde de la France et l'activité minière de la Nouvelle Calédonie augmentent significativement leurs émissions. Par rapport à ses voisins du Pacifique aux conditions géographiques et socio-économiques plus similaires, comme les îles Fidji ou les îles Cook, la Polynésie française a des émissions supérieures. Et ses dégagements de CO_2 sont environ 10 fois supérieures à ses voisins du Pacifique moins avancés comme les Vanuatu, les îles Salomon et les Kiribati. De manière générale, et en tenant compte des émissions « cachées », la Polynésie française a donc des émissions de CO_2 relativement importantes, probablement comparables à celles des pays industrialisés.

Les données sur les émissions de gaz à effet de serre de la Polynésie française sont extrêmement limitées

4 Mesures d'attenuation du changement climatique entreprises en Polynésie française

4

Selon le GIEC, l'atténuation du réchauffement climatique correspond aux interventions humaines visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre (GIEC 2007).

L'atténuation du réchauffement climatique diffère de l'adaptation qui, au contraire, implique des actions visant à minimiser les effets du réchauffement climatique. Les actions proposées en matière d'atténuation sont généralement 1) la réduction des émissions liées à la consommation énergétique à travers la maîtrise de l'énergie, 2) la réduction des émissions liées à la production énergétique par le développement d'énergies propres et 3) le développement de puits de carbone (par exemple, par la plantation de forêts).

L'autonomie énergétique est un des objectifs du Président de la Polynésie française Oscar Temaru, qui pendant la présentation de son programme politique le 11 février 2009, a indiqué que « *l'autonomie énergétique implique une politique volontariste d'économie d'énergies et de développement des ressources renouvelables provenant de l'océan, des rivières ainsi que du vent, du soleil et de la géothermie ; des mesures financières et fiscales favorisant l'usage des énergies renouvelables; une politique d'économie d'énergie intensifiée pour réduire la consommation d'électricité et la dépendance au fioul importé ; une réflexion nouvelle sur les transports terrestres pour diminuer la consommation en carburants, le projet d'un monorail autour de Tahiti devant être étudié rapidement* ».

4.1. Réglementation relative à l'atténuation en Polynésie française

- Arrêté n° 0901 CM du 25 juin 2009 relatif aux prix d'achat hors taxe de l'énergie électrique issue de générateurs d'énergies nouvelles et renouvelables (EnR).

Le prix d'achat de l'électricité produite par toute personne physique ou morale propriétaire d'installations effectuées au plus tard le 31 décembre 2010 de production d'électricité utilisant des énergies renouvelables, est fixé à 12,06 F CFP/kWh pour l'énergie hydraulique, 14,5 F CFP/kWh pour l'énergie éolienne et entre 35 et 45 F CFP/kWh pour l'énergie solaire photovoltaïque selon la puissance des installations de production. Les prix prévus sont fixés pour une durée de 20 ans pour l'énergie éolienne, 25 ans pour l'énergie solaire photovoltaïque et 35 ans pour l'énergie hydraulique.

- Arrêté n° 760 du 29 mai 2009 relatif à l'incitation fiscale pour encourager les investissements destinés à produire des énergies renouvelables.

Le financement réalisé dans un projet d'investissement concernant les énergies renouvelables ouvre droit à un crédit d'impôt de 45% du montant du financement. Cependant, ce crédit d'impôt est de 35% lorsque le programme d'investissement consiste en la production d'énergie hydroélectrique dans les vallées.

- Arrêté n°762CM du 29 mai 2009 relatif à l'incitation fiscale pour encourager les investisseurs à équiper les programmes de logements en énergies renouvelables.

Les programmes d'investissement dans le secteur du logement qui reçoivent des équipements d'énergies renouvelables répondant aux seuils fixés par l'arrêté, bénéficient d'une majoration de 5% du taux de crédit d'impôt applicable.

- Arrêté n°610CM du 13 mai 2009 relatif à l'incitation fiscale pour encourager les promoteurs immobiliers à équiper leurs logements en chauffe-eaux solaires.

Les programmes de logements ne sont éligibles au dispositif de défiscalisation qu'à la condition d'être équipés en chauffe-eau solaires individuels ou collectifs.

- Loi du Pays n° 2009-3 du 11 février 2009 portant sur aménagement d'un régime fiscal et douanier privilégié en matière d'énergie et de développement durable, Journal Officiel 2009 n° 12 NS du 11/02/2009 à la page 308.

La loi stipule que « *toute personne qui s'engage à construire sur le territoire de la Polynésie française une ou plusieurs installations de production d'énergie (y compris de production d'eau chaude) à partir d'une source d'énergie renouvelable, peut importer les composants desdites installations en exonération de tout ou partie des droits et taxes liquidés par le service des douanes, y compris la taxe pour l'environnement, déjà exonérée depuis 2006, l'agriculture et la pêche, la taxe spécifique grands travaux et routes et la taxe de développement local, à la condition que cette personne et son programme d'activité aient reçu l'agrément préalable du conseil des ministres de la Polynésie française* ».

- Arrêté n° 1473 CM du 16 octobre 2008 relatif au régime général des prix et des marges des produits aux différents stades de la commercialisation en Polynésie française.

L'arrêté a passé les ampoules basse consommation ou fluorescentes en Produit de Première Nécessité (PPN), ce qui devrait entraîner une baisse des prix de vente.

- Arrêté 2008-1969/CM portant autorisation préalable de production d'énergie solaire photovoltaïque au centre commercial Carrefour à Punaauia.

- Arrêté 2008-1968/CM portant autorisation préalable du projet de centrale maréthermique offshore (5MW) de la société Pacific Otec.

- Arrêtés 2008-1562/CM, 2008-885/CM, 2008-884/CM et 2007-645/CM portant l'approbation d'une convention et du cahier des charges de la concession de forces hydrauliques relatif à l'aménagement et l'exploitation des forces hydrauliques respectivement: du récif de Turipahuri, commune de Papara; de la

4

vallée de la Vavi, commune de Taiarapu-Ouest; de la vallée de la Vaitehoro, commune de Taiarapu-Est; et de la vallée de la Papeiha.

4.2. Maîtrise de l'énergie

Une atténuation des émissions de gaz à effet de serre est possible à travers une meilleure maîtrise de l'énergie, qui passe avant tout par un changement des modes de vie de la population, mais aussi par l'optimisation énergétique des bâtiments et des outils de production industrielle, l'optimisation des moyens de transports terrestres existants (transports en commun, incitation au covoiturage) et le développement de transports propres comme les véhicules hybrides ou électriques.

Le kWh le plus respectueux de l'environnement est celui qui n'est pas consommé ; il est aussi le moins cher. Par exemple, 200 000 lampes à basse consommation, pour une valeur d'achat de 120 millions F CFP ou 40 000 réfrigérateurs classe A, pour un coût d'achat de 2 880 millions F CFP, pourraient réduire la consommation d'énergie électrique de 10 GWh par an (François Dupont, communication personnelle 2009), ce qui équivaudrait à une dépense d'électricité non effectuée d'environ 280 millions de F CFP par an. De même, selon l'EDT, avec un investissement de 5 milliards de F CFP dans la maîtrise de l'énergie (ampoules basse consommation ou à LEDs, chauffe-eaux solaires, équipements électriques de classe A, efficacité énergétique des installations professionnelles) il serait possible d'économiser 40 GWh par an, soit l'équivalent de 8% de la consommation de Tahiti en 2008. Pour une production d'énergie renouvelable équivalente il faudrait investir 21 milliards de F CFP pour un parc solaire photovoltaïque de 28 hectares ou 10 milliards de F CFP pour l'hydroélectricité (François Dupont, communication personnelle 2009). La maîtrise de l'énergie apparaît d'ores et déjà comme la stratégie d'atténuation la plus efficace et la moins coûteuse.

4.2.1. Sensibilisation à la sobriété énergétique

La première étape de la maîtrise d'énergie passe par un changement des habitudes des populations et une éducation à la sobriété énergétique. Les messages clés à faire passer à la population, aux scolaires, aux administrations et collectivités et aux entreprises sont connus, mais ils méritent toujours un rappel :

- Eteindre systématiquement les lumières en quittant une pièce.
- Eteindre les appareils électriques sans les laisser en position de veille.
- Remplacer les ampoules à incandescence par des ampoules à basse consommation ou à Leds
- Limiter la climatisation à 25°C au même 28°C au minimum et l'éteindre en quittant une pièce
- Acheter des appareils électroménagers récents de classe A qui consomment beaucoup moins d'électricité que les modèles anciens ou de classes supérieures (cf. figure 4.1).

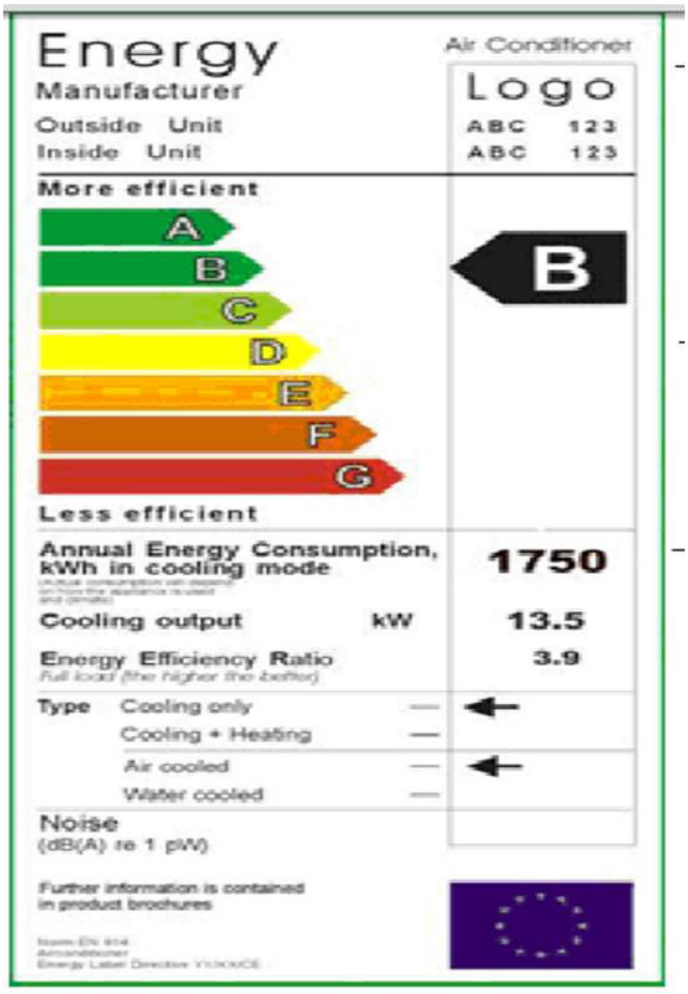


FIGURE 4.1 : L'étiquette énergie classe les appareils électroménagers selon leur performance énergétique sur une échelle allant de A pour les plus économes jusqu'à G pour les plus gourmands. Elle indique notamment la consommation annuelle d'électricité en kWh (SEM, 2008)

- Investir dans un chauffe-eau solaire.
- Utiliser des éclairages solaires à LEDs pour éclairer les jardins ou les allées.
- Préférer le lavage à la machine à basse température.
- Préférer le lavage de la vaisselle à la main.
- Se déplacer à pied ou en vélo pour les petits trajets.
- Privilégier le covoiturage et utiliser au maximum les transports en commun ou les véhicules électriques/ hybrides pour ses déplacements.
- Trier les déchets.
- Ne pas gaspiller le papier et, par exemple, utiliser les deux faces des feuilles.
- Acheter des produits respectueux de l'environnement.

Le service de l'énergie fournit des supports adaptés pour évaluer la consommation au quotidien des appareils électroménagers

4

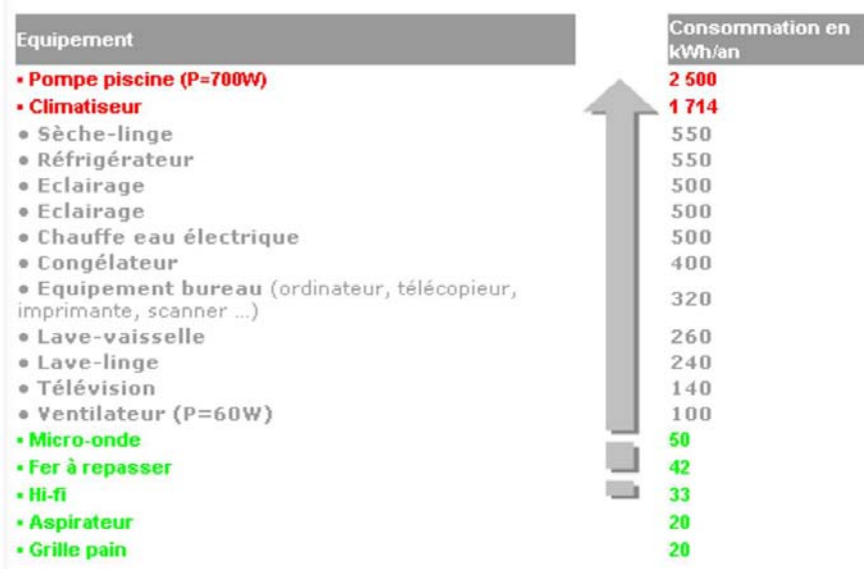


FIGURE 4.2 : Consommation électrique des principaux appareils électroménagers utilisés en Polynésie française (SEM, 2008)

des habitations polynésiennes (cf. figure 4.2). De la même façon, plusieurs campagnes et initiatives visant à sensibiliser la population sur l'importance de la maîtrise de l'énergie et de changer les habitudes de consommation ont été lancées en Polynésie par différents organismes et associations (cf. section 7).

4.2.2. Optimisation énergétique des bâtiments

Un meilleur design des bâtiments lors de la construction peut entrainer des avantages économiques dus aux économies d'énergie, tout en réduisant les émissions de GES, mais peut également réduire la consommation d'eau et atténuer les impacts négatifs sur l'environnement.

Audit énergétique

Pour améliorer l'efficacité énergétique des installations professionnelles, l'EDT propose une offre d'audit énergétique aux gros clients (industrie et tertiaire) en faisant un bilan énergétique de leur installation et proposant un plan d'action de maîtrise d'énergie (climatisation, éclairage, froid, informatique, etc.). L'EDT a récemment démarré l'audit énergétique du bâtiment administratif de l'avenue Pouvana'a a Oopa. D'autres audits devraient être réalisés, avec une priorité donnée aux bâtiments administratifs les plus énergivores (Service de l'énergie et des mines, 2009). Le bureau local de l'ADEME fournit également un soutien, essentiellement auprès des entreprises, pour les démarches de diagnostic énergétique et de bilan carbone, et également un soutien financier aux investissements d'amélioration des performances énergétiques.

Maisons OPH bioclimatiques

Depuis 1982, le Gouvernement promeut la diffusion de maisons en kit solides, résistantes aux cyclones, faciles à assembler et éco-compatibles. L'Office Polynésien de l'Habitat (OPH), chargé du programme depuis 1996, vient de finir une nouvelle mise à jour de maison en kit en bois bioclimatique à haute performance énergétique qu'il voudrait tester en 2009 avant l'usage généralisé (cf. figure 4.3). Dans cette optique, l'OPH souhaite collaborer avec la Station Gump de Moorea, Université de Californie Berkeley, pour mener une étude architecturale et environnementale, ainsi qu'une analyse de viabilité du design de la nouvelle maison en kit OPH en bois bioclimatique (Neil Davies, communication personnelle 2009). Dans le cadre du projet, la Station Gump serait chargée de mener des études de performances énergétiques et environnementales du prototype de la maison et de proposer, éventuellement, des améliorations additionnelles. L'étude pourrait également évaluer les GES émis par la maison et contribuer à l'audit énergétique du pays.

4.2.3. Développement des transports propres

La combustion d'hydrocarbure pour le transport était responsable de 53% des émissions de CO_2 en 2008 en Polynésie française et le transport terrestre représentait 73% des émissions du transport total (cf. section 3.). Les immatriculations de voitures progressent constamment et les voitures 4x4, particulièrement gourmandes en carburant, enregistrent un succès important (Gabrié et al., 2006). En 2007, le 4x4, était le véhicule préféré des acheteurs polynésiens, avec près de la moitié du parc automobile (28 % pour les pick-up et 21 % pour les SUV) (IEOM, 2008). De plus, le covoiturage est très peu développé en à Tahiti, alors que la plupart des usagers se rendent au même endroit (à Papeete) aux mêmes heures et pourraient facilement partager leur véhicule. Il a été estimé qu'une augmentation significative du covoiturage pourrait entrainer une réduction de jusqu'à 5% des consommations d'hydrocarbures de Polynésie française (2D attitude, 2008). Des initiatives de promotion du covoiturage ont été lancées au sein du lycée La Mennais de Papeete avec le soutien de l'Association 2 D attitude, par

Le réseau de transport collectif de Polynésie française est encore balbutiant et il ne représente pas à ce jour une vraie alternative à la voiture

4

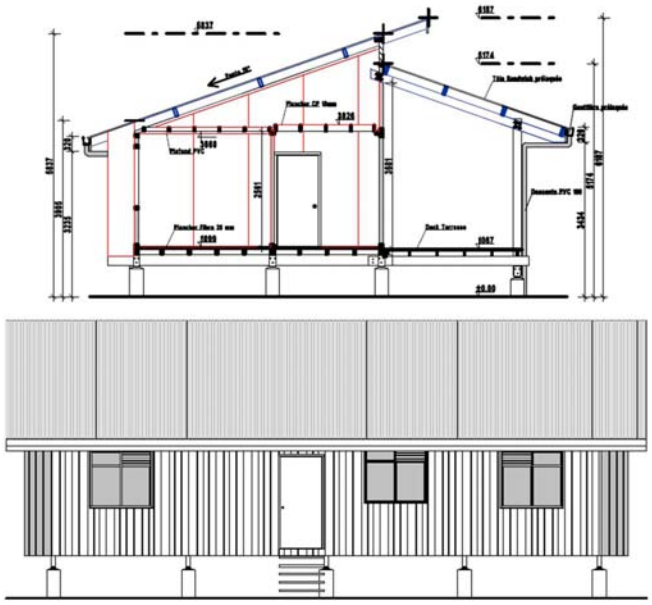


FIGURE 4.3 : Plan de la dernière version de la maison OPH en kit en bois bioclimatique (OPH, 2009)

l'Association Familiale Catholique, l'Office Polynésien de l'Habitat ou avec la création de sites Internet dédiés (Blog Taravao et Allo pere'o). La Mairie de Papeete propose depuis quelques années des parkings relais aux entrées est et ouest de la ville avec une desserte par navette. Par ailleurs, la Société Moana Roa développe le marché de voitures électriques. Cependant, en absence d'aides publiques, elles restent encore peu attractives par rapport aux autres voitures, avec un coût d'achat deux fois supérieur en moyenne.

Le réseau de transport collectif de Polynésie française est encore balbutiant et il ne représente pas à ce jour une vraie alternative à la voiture (Bon, 2005). En 1997, le gouvernement de Polynésie française a engagé une réflexion portant sur la réforme et la modernisation du transport collectif sur l'île de Tahiti, mais les investissements en matière d'infrastructures n'ont pas été à la hauteur des besoins. Les transports en commun de Polynésie française n'offrent pas encore une réelle alternative à l'automobile. Les raisons sont nombreuses : illisibilité des lignes, non respect des horaires (par ailleurs non publiés et donc inconnus du grand public), absence de service dans certaines vallées et lotissements, plages horaires des services insuffisantes (particulièrement en soirée), insécurité et inconfort des véhicules (non respect des normes en vigueur). Par conséquent, la fréquentation continue de chuter (Bon, 2005).

La Société MOANA ROA développe le marché de bus électriques et promeut la création d'un réseau de navettes maritimes électriques à l'intérieur du lagon de Tahiti, pour résoudre à la fois le problème de la consommation et des bouchons de Papeete. Equipées de toits solaires, ces navettes maritimes, associées à un réseau intra-muros de bus électriques, pourraient limiter la circulation des automobiles en ville, en reliant Punaauia à Arue via Papeete (Guitard, 2008).

4.3. Développement des énergies renouvelables

La combustion d'hydrocarbure engendrée par la production d'énergie électrique représentait 45% des émissions de CO_2 de Polynésie française en 2008 (cf. section 3.). C'est le deuxième pôle d'émission d'importance après les transports. La production annuelle d'énergie d'origine thermique en Polynésie française, de 552 GWh en 2008, engendre l'émission de 348 000 tonnes de CO_2 pour une dépense d'environ 5 milliards de F CFP pour le pays d'achat de carburant importé (EDT, 2008). En 2008, la production d'énergie d'origine renouvelable (principalement hydroélectrique) à Tahiti représentait 28% de la production totale d'énergie (EDT, 2009), alors que dans les autres îles de Polynésie les énergies renouvelables (principalement hydroélectrique aux Marquises) représentaient seulement 2% de la production totale (EDT, 2009). L'énergie hydraulique (ou hydroélectrique) est le pôle prépondérant de production d'énergie renouvelable, il représente 90% des énergies vertes, suivi de loin par le solaire thermique (chauffe-eaux solaires) qui représente environ 6% des énergies vertes (cf. figure 4.4).

Une des difficultés majeures du développement des énergies renouvelables est l'obligation pour le réseau de distribution publique de disposer à chaque instant de moyens fiables de production pour assurer la puissance nécessaire à la courbe de

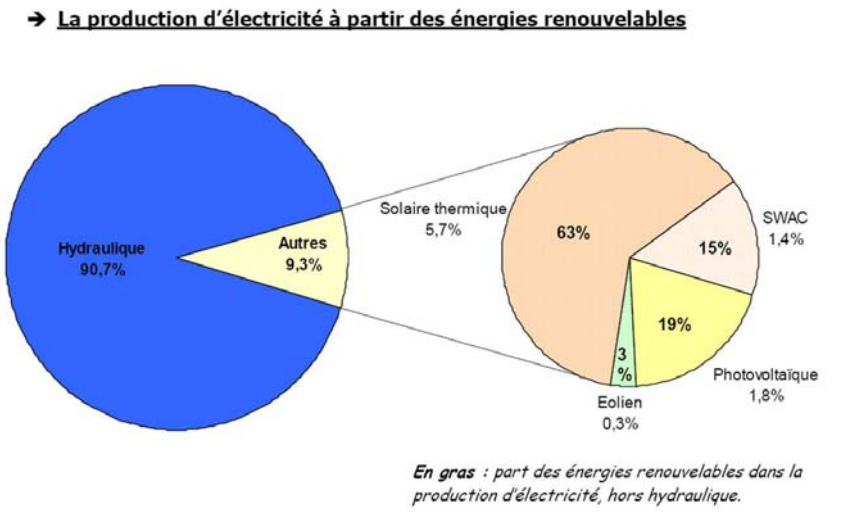


FIGURE 4.4 : Part des différents types d'énergies renouvelables en Polynésie française en 2008 (SEM, 2009)

4

La production hydroélectrique a encore un très grand potentiel de développement en Polynésie française

Les installations hydroélectriques sont destructrices pour la faune et la flore des vallées encore préservées

charge du réseau qui oscille entre 50 MW en période creuse (la nuit) et 95 MW en période de pointe (entre 10h et 16h) (cf. figure 4.5). Cette puissance garantie doit être assurée même en période d'arrêt de certains moyens de production (comme la diminution du débit d'eau pour l'hydraulique, l'absence de vent pour l'éolien ou de soleil pour le solaire). Un mix énergétique est donc indispensable avec des moyens de production avec puissance garantie utilisables instantanément (telles que les centrales thermiques), et des stockages d'énergie, ce qui entraîne un surinvestissement obligatoire qui limite le développement des installations.

Le Ministère des grands travaux et de l'énergie de Polynésie a présenté récemment un plan de Programmation Pluriannuelle des Investissements de production électrique (PPI) pour l'île de Tahiti, de 2009 à 2020 (Ministère des Grands Travaux et de l'Energie, 2009). Les deux objectifs principaux de ce plan sont de 1) développer l'indépendance énergétique du Pays et la sécurité d'approvisionnement et de 2) préserver l'environnement et renforcer la lutte contre l'effet de serre. Les objectifs annoncés par ce plan sont une production d'électricité à partir des énergies renouvelables à hauteur de 50% de la consommation électrique pour 2020 et 100% de la consommation en 2030. Ce plan impliquerait une production sur Tahiti entre 160 GWh (scénario de référence) et 233 GWh (hypothèse haute) d'électricité à partir des énergies renouvelables d'ici à 2020, en plus de la production hydroélectrique existante (cf. tableau 4.6). L'objectif de 160 GWh par an d'ici 2020 représenterait une économie de 40 millions de litres de carburant en 2020 et éviterait 130 000 tonnes de rejet de CO2 dans l'atmosphère par an. Le plan présente de manière détaillée les moyens que le pays entend mettre en œuvre pour remplir ses objectifs et les investissements projetés (cf. tableau 4.6). Le coût global des investissements nécessaires pour réaliser ce plan sont estimés à 44 milliards de F CFP, soit environ 4,4 milliards de F FCP par an. Le plan mentionne que ces investissements seront réalisés par le secteur privé et encouragés par la défiscalisation. La politique de défiscalisation représentera quant à elle 26 milliards de F CFP d'ici 2020, soit environ 2,6 milliards par an. Le plan estime enfin que l'ensemble des investissements pourrait engendrer à l'horizon 2020 une économie globale réalisée sur le coût du kWh de près de 2 milliards de Francs Pacifique par an. Ce plan ambitieux pourrait développer considérablement les installations d'énergie renouvelable et réduire les émissions de GES de Polynésie française. Cependant, ses objectifs ne sont pas contraignants, et la société civile déplore que ce plan n'ait pas fait l'objet d'une consultation des acteurs pour son élaboration.

4.3.1. Hydroélectrique

L'énergie hydroélectrique, ou l'hydroélectricité est obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des différents flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins...) en énergie électrique par l'intermédiaire d'une turbine et d'un alternateur. Contrairement au solaire, l'énergie hydro-électrique est fortement influencée par les économies d'échelle : 1kWh produit par une installation de grande taille revient beaucoup moins cher qu'1 kWh produit par une installation de petite taille. Elle est sujette à des variations de débit d'eau importante, mais a comme avantage d'être assez stable, le débit d'un cours d'eau ne variant que rarement de façon brutale (2D attitude, 2008). L'énergie hydroélectrique est l'énergie renouvelable la plus répandue en Polynésie française. À Tahiti, depuis 1997 l'hydroélectricité assure entre 25% et 45% de la production d'énergie électrique de l'île en fonction du débit des rivières (EDT, 2009). La production a encore un très grand potentiel de développement. Cependant, les écologistes s'inquiètent de l'impact des barrages hydroélectriques sur la biodiversité terrestre et marine et sur le fonctionnement des écosystèmes d'eau douce. Les vallées prospectées pour l'installation de centrales sont souvent des zones préservées des activités humaines, avec la présence de nombreuses espèces animales et végétales protégées (Jean-Yves Meyer, communication personnelle 2009). Le développement de l'énergie

4

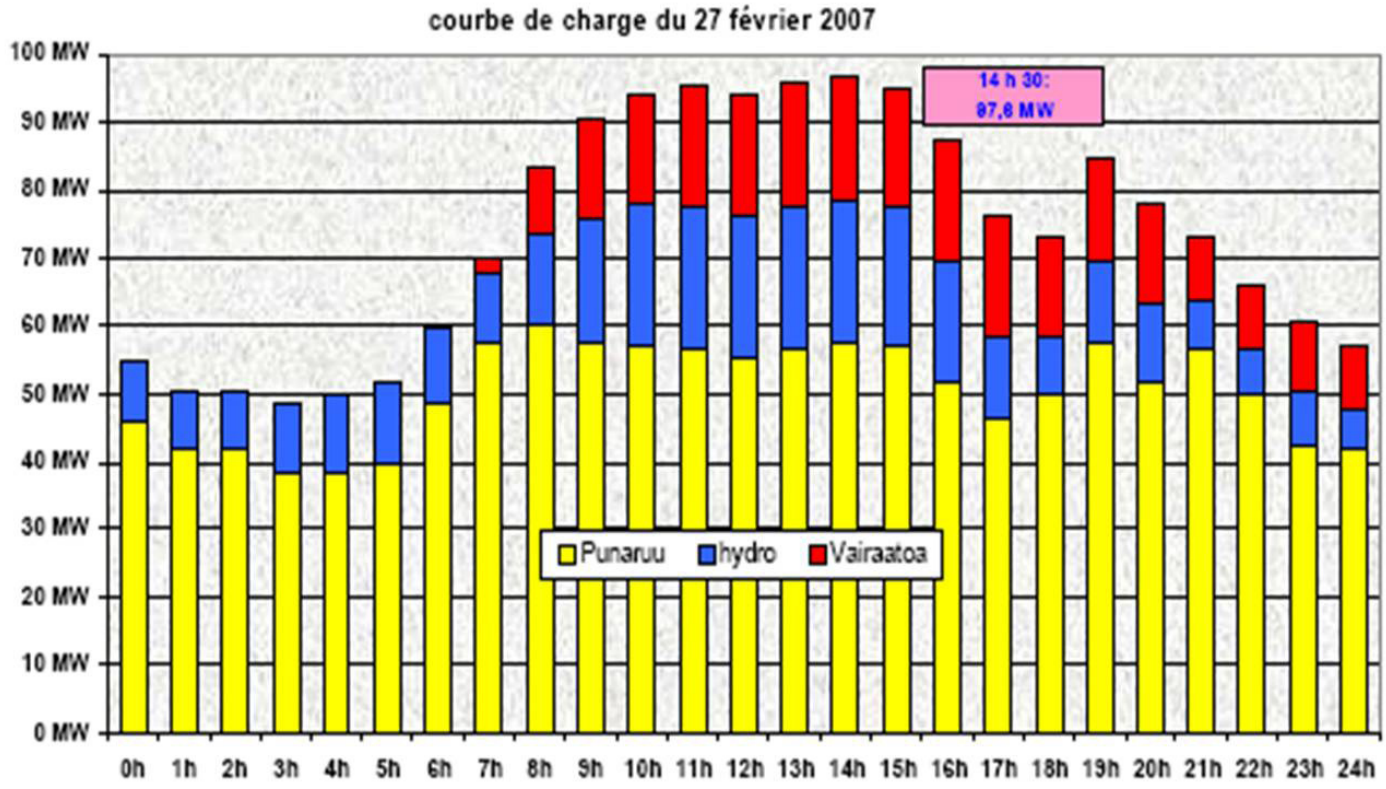


FIGURE 4.5 : Courbe de charge d'un jour de semaine à Tahiti (le 27 février 2007). En jaune, la puissance assurée par la centrale thermique de la Punaruu, en rouge par celle de Vairaatoa et en bleu par le réseau hydraulique (EDT, 2009).

TYPE DE PRODUCTION ELECTRIQUE ENVISAGE	HYDRAULIQUE	EOLIEN	SOLAIRE PV (HABITAT)	SOLAIRE PV (IMMEUBLES HORS HABITAT)	SOLAIRE PV (CHAMPS SOLAIRES TOTAL 100 HECTARES)	BIOMASSE (DECHETS)	HOULOMOTRICE	CLIMATISATION EAU FROIDE DES PROFONDEURS (EQUIVALENT ELECTRIQUE)	TOTAL
PUISSANCE ELECTRIQUE POTENTIELLE GLOBALE SUR TAHITI (MW)	50	70	66	12	100	9	8	7	**322**
ENERGIE ELECTRIQUE POTENTIELLE GLOBALE SUR TAHITI (GWH)	156	140	94	18	150	50	28	38	**674**
OBJECTIF DE PRODUCTION INSTALLEE (MW) 2009-2020	**50**	**5**	**10**	**6**	**6**	**3**	**0,5**	**3**	**84**
OBJECTIF D'ENERGIE PRODUITE ANNUELLEMENT EN 2020 (GWh)	**156**	**10**	**15**	**9**	**9**	**16,5**	**1,8**	**15**	**232**
COUT D'INVESTISSEMENT ESTIME PAR MW (EN MXPF)	450	240	800	700	650	550	1 000	760	
COUT D'INVESTISSEMENT ESTIME GLOBAL 2009-2020 (EN MXPF)	22 500	1 200	8 000	4 200	3 900	1 650	500	2 280	**44 230**

TABLEAU 4.6 : Programmation pluriannuelle 2009-2020 des investissements de production électrique (PPI) pour Tahiti (Ministère des grands travaux et de l'énergie, PPI 2009)

4

hydroélectrique doit se faire en accord avec la stratégie sur la biodiversité de Polynésie française.

A Tahiti, la production hydroélectrique se répartit sur 21 centrales situées dans 5 vallées: Papenoo, Faatautia, Vaihiria, Vaite et Titaaviri (EDT, 2009). En 2008, le Gouvernement a approuvé une convention pour l'aménagement et l'exploitation de centrales hydrauliques dans les vallées de la Vavi (commune de Taiarapu-Ouest), de la Vaitehoro (commune de Taiarapu-Est) et de la Papeiha. Dans la dernière, l'EDT prévoit la création entre 2012 et 2013 d'un barrage de 10 MW de puissance pour une production de 24 GWh pour un cout de 6,6 milliards de F CFP (EDT, 2009). Hormis Tahiti, les Marquises sont les seules îles à produire de l'hydroélectricité. A Nuku Hiva, l'hydroélectricité couvre actuellement 23% de la production totale d'énergie de l'ile (EDT, 2009). Entre 2009 et 2011, l'EDT prévoit trois projets : l'optimisation de la centrale de Taipivai, l'aménagement hydraulique de Hakaui et le turbinage AEP de AAkapa (ADEME, 2009). Selon l'EDT, il y a encore un potentiel de développement important de l'hydroélectricité aux Marquises, et de la micro-hydroélectricité dans les îles Sous le Vent et aux Australes. Par ailleurs, plusieurs microcentrales hydroélectriques sont actuellement à l'étude par la SEDEP à Tahiti et aux Marquises (SEDEP, 2009).

4.3.2. Solaire photovoltaïque

La lumière du soleil peut être utilisée pour produire deux types d'énergie: l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie solaire thermique (chauffe-eaux solaires principalement), traitée dans la section suivante. Par des cellules photovoltaïques composées de petites tranches de silicium, la lumière du soleil est transformée directement en électricité. L'énergie solaire photovoltaïque est très peu sensible aux économies d'échelle. Pour réaliser un champ géant de panneaux photovoltaïques, il faut utiliser en plus grand nombre les mêmes modules que ceux qui servent à électrifier les maisons en site isolé. Cette caractéristique rend l'énergie solaire intéressante pour les petites structures, mais engendre un coût excessif pour les plus grosses. Cette énergie a par ailleurs un rapport investissement/production électrique très bas et une production très variable, due aux conditions météorologiques et au cycle jour/nuit (2D attitude, 2008).

Installations solaires indépendantes

Le pays a lancé en 1997 l'initiative PHOTOM, pour la distribution d'électricité solaire aux installations domestiques non raccordées au réseau de distribution publique. Un dispositif de défiscalisation a soutenu sa mise en œuvre en permettant le financement à moindre coût du contrat de fourniture d'énergie, d'une durée de 15 ans. Les utilisateurs paient au total 1 009 800 F CFP sur 15 ans (soit environ 5 600 F CFP par mois), au lieu du double. En 2006, le montant des investissements dans le cadre de ce programme a été évalué à 127,8 millions de F CFP avec 85 nouveaux foyers équipés d'une installation solaire

Le solaire offre une alternative énergétique aux privés non raccordés au réseau de distribution publique

(141 en 2004 et 76 en 2005), portant à 1 334 le nombre total de foyers équipés dans le cadre de ce programme (IEOM, 2007). L'initiative a bénéficié de la défiscalisation métropolitaine, d'une exonération douanière polynésienne et des aides de l'ADEME (Gabrié et al., 2006). Au même titre que le programme PHOTOM, le programme CONNECTIS est ouvert aux installations solaires raccordées au réseau public EDT. Ce programme a été lancé en 2005 et bénéficie également d'une défiscalisation métropolitaine, d'exonération douanière locale, et d'aides de l'ADEME. Il a permis d'équiper une trentaine d'installations par an depuis 2005 (Gabrié et al., 2006).

Un arrêté ministériel avait fixé temporairement le prix de vente du kilowattheure au réseau EDT 35F F CFP pour toute personne propriétaire d'installations solaires du 1er janvier au 30 juin 2009 (Arrêté 2008-1904/CM). Cette mesure a encouragé l'installation de panneaux solaires par les privés, mais le délai d'application était trop court pour pouvoir déclencher un investissement massif. Cependant, par un arrêté du 25 juin 2009, le gouvernement a pérennisé le rachat de l'énergie solaire photovoltaïque pour une durée de 25 ans à hauteur de 35 à 45 F CFP/kWk pour toute installation réalisée avant le 31 décembre 2010. Cette mesure devrait permettre un développement rapide d'installations solaires domestiques.

La Banque de Polynésie a inauguré en avril 2009 à Faa'a une éco-agence fonctionnant entièrement au solaire, en mode de substitution de réseau, pour un investissement de 30 millions F CFP, une installation de 250 m² de panneaux photovoltaïques réalisée par MOANA ROA (Alain Guitard, communication personnelle 2009). L'installation intègre des batteries qui garantissent une journée complète d'autonomie. Un nouveau projet, actuellement à l'étude, prévoit le passage aux énergies solaire et éolienne pour l'agence de la Banque de Polynésie de Taravao, toujours selon le même mode de substitution de

4

FIGURE 4.7 : Centrale solaire-diesel de Makatea dans les Tuamotu

réseau. De même, le conseil des ministres a approuvé en 2008 un arrêté autorisant l'installation d'une centrale photovoltaïque sur le toit du supermarché Carrefour de Punaauia. La société Ecoenergy produira de l'électricité à partir de cette future centrale, qui devrait permettre d'assurer une fourniture d'énergie de l'ordre de 1,5 GWh sur une année, soit 25% de la consommation électrique totale du magasin (Arrêté 2008-1969/CM). En 2008, l'Université de Polynésie était aussi dotée d'un parc photovoltaïque de 56 kWc, avec un potentiel de production d'énergie solaire prévu de 74 000 kWh par an (Blanchard, 2008). D'autres projets immobiliers intègrent ces modes de productions (par exemple l'immeuble Le Bihan à Pirae).

Installations solaires du réseau EDT

Par ailleurs, le réseau EDT a expérimenté ponctuellement une production d'énergie solaire en installant en septembre 2005 une centrale hybride solaire-diesel dans l'atoll de Makatea dans les Tuamotu (90 habitants environ) pour un coût total de 60 millions de F CFP subventionné à hauteur de 27% par l'ADEME (cf. figure 4.7). Trois cents panneaux photovoltaïques alimentent une batterie qui, grâce à un onduleur, fournit l'énergie électrique aux clients du réseau. Un groupe électrogène fournit l'appoint d'énergie si la production solaire est insuffisante. En 2007, 63 200 kWh d'énergie ont été produits, dont 61% à partir d'énergie solaire. Grâce à cette centrale hybride, la consommation de gazole en 2007 a été réduite de 70% (EDT, 2009).

L'EDT étudie la faisabilité d'installations similaires à Tetiaroa, à Maiao et certaines petites vallées aux Marquises. Cependant, l'énergie photovoltaïque reste une énergie extrêmement chère, le prix de revient d'un kWh à Makatea pour l'EDT est d'environ 80 F CFP alors qu'il est d'environ 23 F CFP à Tahiti, soit presque 4 fois moins (cf. figure 4.8). Le kWh est vendu à 27,9 F CFP en moyenne aux usagers, l'installation de Makatea n'est donc pas du tout rentable pour l'EDT. Il sera donc difficile de généraliser le recours au photovoltaïque pour l'ensemble du réseau, à moins que le prix du pétrole continue sont augmentation fulgurante ou que le prix des panneaux photovoltaïques chute rapidement. En attendant la mise en œuvre d'une réalité des coûts de l'énergie, le recours au solaire est plus adapté aux installations isolées.

De manière générale, le parc photovoltaïque de la Polynésie française en 2008 avait une puissance de 1 714 kWc d'installations isolées (soit 4 fois plus qu'en 2000), de 700 kWc d'installations connectées au réseau (soit 11 fois plus qu'en 2004) et de 45 kWc pour la centrale hybride solaire-diesel de Makatea (Service Energie et des Mines, 2009).

4.3.3. Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est crée par des capteurs qui transforment l'énergie du rayonnement solaire en chaleur véhiculée par de l'eau, notamment pour fournir de l'eau chaude sanitaire à travers les chauffe-eaux solaires. Le solaire thermique est la seule source d'énergie renouvelable individuelle dont le développement se poursuit sans qu'il ne soit plus nécessaire de recourir à aucune subvention en Polynésie française, ce qui prouve sa forte rentabilité à relativement court-terme (2D attitude, 2008). Selon l'ADEME, dans une installation domestique, le retour sur investissement d'un chauffe-eau solaire est de 2 ans par rapport à un chauffe-eau électrique et de 5 ans par rapport à un chauffe-eau à gaz, hors aide publique. L'ADEME estime la consommation électrique d'un foyer évitée à environ 5% grâce à ces installations. En 2008, 20 150 chauffe-eaux solaires étaient installés en Polynésie française (soit le double qu'en 2006) ; 30% de l'eau chaude sanitaire sur Tahiti était alors d'origine solaire (Service de l'Energie et des Mines, 2009). L'ADEME a soutenu jusqu'en 2005 l'installation de chauffe-eaux solaires collectifs (15 000 chauffe-eau solaires installés ont profité de ces aides). En 2006, l'ADEME a arrêté ces aides, étant donné que le marché était considéré comme mature (Gabrié et al., 2006).

4.3.4 Eolien

L'énergie éolienne est l'énergie tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou un moulin à vent. C'est une autre forme d'énergie très sensible aux économies d'échelle, comme l'hydroélectricité et à la différence du solaire photovoltaïque. Les éoliennes de grande taille sont parmi les sources d'énergie renouvelables les moins chères au kWh produit. Si les conditions cycloniques ne permettent pas d'implanter des éoliennes géantes de 2 MW, les éoliennes de moyenne puissance adaptées aux régimes de vent tropicaux et qui peuvent se replier en cas de cyclone représentent une bonne solution. La difficulté principale pour la mise en place d'une production éolienne importante est l'instabilité de cette ressource: lorsque le vent dépasse une certaine vitesse (vers 90

4

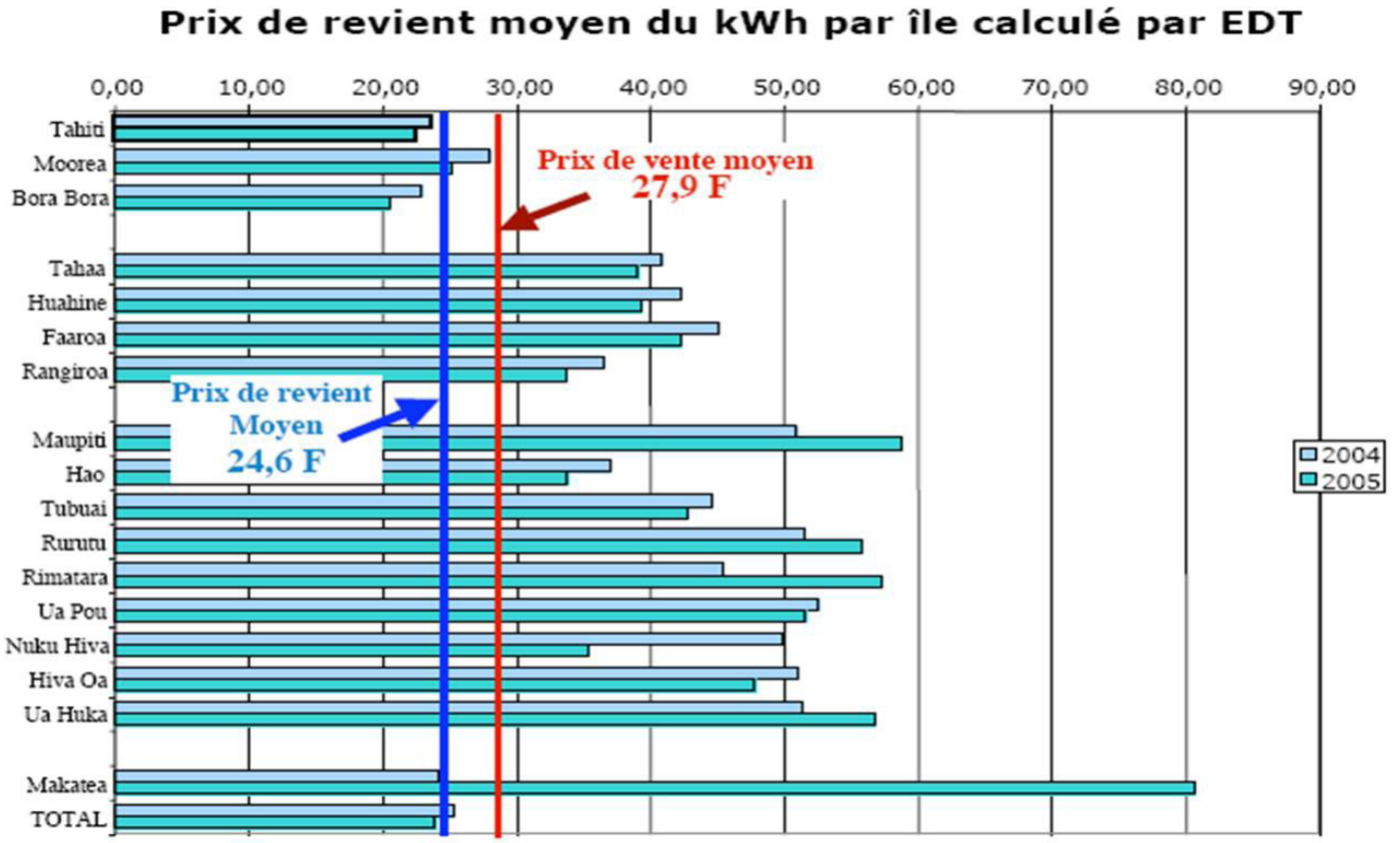


FIGURE 4.8 : Prix de revient moyen de la production d'un kWh par île calculé par l'EDT (Blanchard, 2008).

km/h), l'éolienne se « met en drapeau » afin d'éviter toute casse mécanique. Cette baisse soudaine de la production éolienne peut cependant déstabiliser le réseau électrique si la part d'énergie éolienne est trop importante (2D attitude, 2008). Le potentiel éolien par île et par zone est encore peu connu et il n'existe que très peu d'étude réalisée par ou pour le Pays (Blanchard, 2008). Selon l'EDT, la Polynésie française compte sur un potentiel éolien faible, compris entre 25 et 300 kW (EDT, 2009). La société a lancé en 2008 un programme de mesures du gisement éolien : 8 sites sont équipés d'anémomètres (EDT, 2009). Cependant, les installations éoliennes installées par Moana Roa aux Tuoamotu depuis 2004 montrent clairement que les atolls sont des endroits très régulièrement ventés où l'éolien est tout indiqué pour produire une énergie fiable et régulière (Alain Guitard, communication personnelle 2009).

A Rurutu, aux Australes, un programme expérimental de production d'énergie éolienne a démarré en 1999, avec 2 éoliennes de 40 kWh installées par l'EDT. Elles ont fourni jusqu'à 20 % des besoins énergétiques de l'île, mais les équipements obsolètes ont conduit à l'arrêt de la production depuis 2003. Les résultats en dessous des prévisions peuvent être dus à leur système à deux pales peu réactives aux changements de directions (Gabrié et al., 2006) ou aux choix d'investissement et de gestion (Mizael Faucon, communication peronnelle, 2009).

Une ferme éolienne a été mise en service sur l'ile de Makemo, aux Tuamotu, en janvier 2008 par la Société d'Economie Mixte Te Mau Ito Api, dont les actionnaires sont la SEDEP, la SPRES et la Polynésie française. La ferme compte 6 éoliennes de 30-35 kW, des chargeurs de batteries, 1 parc de batteries de 1460 kWh, 3 onduleurs de 100 kW, 2 groupes électrogènes de secours, un nouveau réseau électrique et une installation de compteurs à prépaiement. L'alimentation et le pilotage du réseau électrique de la commune (900 habitants environ) est effectuée par les éoliennes (70%), par les batteries en cas de baisse du vent (autonomie complète de 12 heures) et par les groupes électrogènes de secours en cas de pénurie de vent longue. A ce jour, le projet a apporté une série de bénéfices : il a stabilisé le réseau grâce à une bonne qualité de l'électricité produite (le temps de coupure annuel est le plus faible des Tuamotu), a supprimé la pollution sonore générée par l'ancienne centrale située au cœur du village (éoliennes silencieuses), a diminué la consommation de gazole de l'île (8 000 litres par mois au lieu de 24 000 litres par mois avant l'installation des éoliennes), a permis la maîtrise des dépenses énergétiques chez les abonnés grâce aux compteurs à prépaiement et à équilibre économique

de l'exploitation, étant donné que les tarifs sont identiques aux tarifs EDT de Tahiti (SEDEP, 2009).

A petite échelle, le nombre d'éoliennes à usage domestique ou pour la petite hôtellerie en Polynésie est encore faible: une installation mixte 15 kW éolien/ 2kWc solaire a été réalisée en 2004 à Maupiti (pension de famille Poe Iti) et en 2007 à Hao, une installation mixte 22,5 kW éolien/ 3 kWc solaire, à la résidence Dantzer (Moana Roa, 2009). Une petite installation hybride (1,2 kW eolien / 1,5 kWc solaire sur suiveur / 0,3 kW microhydro) équipe depuis début 2008 la station radio Sailmail de Manihi (Moana Roa, 2009).

4.3.5. Hydrolien

L'énergie hydrolienne est l'équivalent de l'éolienne en milieu marin et présente des pales immergées dans les passes des atolls, où le courant est puissant. Cette technologie récente est en plein essor en Europe où de nombreuses turbines sont en test, notamment à l'European Energy Marine Center (Corinne Guitard, communication personnelle 2009). L'avantage des courants marins est qu'ils sont beaucoup plus prévisibles que les vents et que l'impact environnemental est bien moins important qu'avec des éoliennes, avec une production énergétique importante (Corinne Guitard, communication personnelle 2009). L'énergie hydrolienne pourrait représenter une autre alternative renouvelable pour la Polynésie mais n'est pas développée à présent.

Le potentiel de l'énergie éolienne est encore peu connu en Polynésie française

Un projet expérimental d'hydroliennes porté par l'EDT est en cours d'examen. Il envisage de tester la faisabilité du dispositif dans les passes de l'atoll de Rangiroa pour une production attendue de 20 kW et 30 kW et un coût de 81 MF CFP (EDT, 2009). Moana Roa étudie également un projet de centrale hydrolienne de moyenne puissance dans les ISLV et les Tuamotu (Moana Roa, 2009). L'antenne de l'Ifremer de Tahiti a récemment décidé de monter une équipe pour travailler sur les énergies renouvelables d'origine marine, en collaboration avec l'Ifremer de Brest (France). Dans ce cadre, ce centre de recherche envisage de se consacrer en priorité aux études de courantologie afin de tester la faisabilité de la production d'énergie à partir d'hydroliennes installées dans les passes des atolls (Marc Taquet, communication personnelle 2009).

4.3.6. Climatisation eaux profondes (SWAC)

Les eaux profondes peuvent être utilisées pour produire de la climatisation « verte » : il s'agit d'aspirer de l'eau de mer en profondeur (jusqu'à 800 mètres) et d'en utiliser la fraîcheur (environ 5°C) à l'aide d'un échangeur connecté au circuit de climatisation (cf. figure 4.9). Cette méthode est encore appelée SWAC (Sea Water Air Conditioning). Selon la SEDEP, les avantages de cette technologie sont la pérennité et la disponibilité de la ressource et le prix immédiatement compétitif pour l'usager.

La société Pacific Beachcomber SC (PBSC) a été pionnière dans le développement de ce système puisqu'elle a utilisé cette application avec succès au sein de l'hôtel Intercontinental Resort & Thalasso Spa à Bora Bora en 2006, pour la première fois au niveau mondial dans le domaine hôtelier (PBSC, 2009). Le système est capable de réduire l'énergie nécessaire de 300 kW à 15 kW pour le système de climatisation (Gabrié et al., 2006). Ce système devrait être également installé au sein de l'hôtel the Brando à Tetiaroa.

La société SA FROID DE POLYNESIE, créée en septembre 2007 et constituée par la SEDEP avec d'autres entreprises locales, est actuellement en train d'élaborer des études d'exécution et le montage financier d'un projet de station de pompage et de distribution d'eau froide desservant le nouveau centre hospitalier de Pirae. La mise en service de la première tranche du réseau, devrait être réalisée début 2011 et la production prévisionnelle est estimée à 20 GWh électrique de fuel substitués par an, avec un potentiel de 25 GWh/an à pleine extension de la première tranche (2,5 km maximum) (SEDEP, 2009). L'EDT avait estimé que l'utilisation d'un système SWAC pour le nouvel hôpital de Tahiti (Taaone) aurait permis de réduire les frais de climatisation de 250 millions de Francs F CFP par an (IEOM, 2007). La société SA FROID DE POLYNESIE prévoit de développer le système SWAC en Polynésie à travers l'extension du réseau à toute la zone urbaine dense de Punaauia/Arue par la création de puits

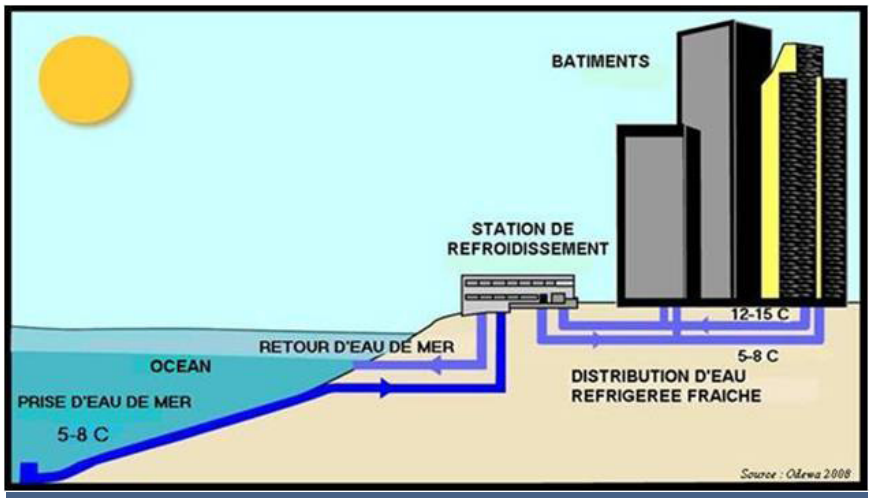


FIGURE 4.9 : Principe de base du SWAC (www.odewa.org)

supplémentaires. Le potentiel de substitution est de 20 MW installés et de 100 GWh de production annuelle (soit plus de 15% de la production totale d'électricité de l'île de Tahiti) (SEDEP, 2009). Si l'expérience de Bora Bora a montré est que le SWAC peut être validé technologiquement sur de courtes distances, la réalisation du projet concernant l'Hôpital de Pirae permettra d'analyser les coûts réels d'installation et d'utilisation de cette technologie également pour des installations éloignées du tombant récifal. Par ailleurs, la société De Profundis a mis au point une technologie SWAC qui permet de démocratiser ce mode de climatisation naturelle aux bâtiments de plus petite taille (entre 50 et 100 pièces) alors que le SWAC d'origine s'adresse à des espaces plus importants de l'ordre de 300 pièces (Mizael Faucon, communication personnelle 2009).

4.3.7. Energie thermique des mers/énergie maréthermique (OTEC)

L'énergie maréthermique ou thermique des mers (ETM) ou encore OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) est produite par le différentiel des températures entre l'eau de surface et l'eau profonde à travers des centrales maréthermiques. Il s'agit d'énormes bouées d'une circonférence d'une cinquantaine de mètres posées au large et qui aspirent l'eau de profondeur. La différence de température permet de refroidir et réchauffer un mélange ammoniaqué qui, en s'évaporant, produit une pression permettant en bout de chaîne le fonctionnement d'une turbine. En décembre 2008, le conseil des ministres a validé un projet de centrale maréthermique offshore de 5 MW bruts, mené par la société PACIFIC OTEC.

4.3.8. Energie houlomotrice

La houle peut être utilisée pour produire de l'électricité à travers une centrale houlomotrice, une construction réalisée en mer à l'avant du récif reposant sur une structure fixée à une profondeur d'environ 10 mètres (cf. Figure 4.10). Le potentiel moyen de la houle en Polynésie française est de 27 kW par mètre de côte. Les houles dominantes proviennent du Sud, et sont présentes 9 mois sur 12 (SEDEP, 2009). La société Ito Are, crée en 2006 entre la SEDEP et Wavegen (Groupe Voith Siemens Hydro), est en train de monter un projet de construction off-shore de la première centrale houlomotrice de Polynésie française et une des premières au monde en amont du récif Turipahure de Papara. Actuellement, la société prépare le montage financier du projet et mène les études d'exécution, l'objectif étant de construire la centrale pilote début 2010 pour pouvoir la mettre en service mi-2010. Le projet prévoit l'installation de 500 kW et une puissance moyenne de 300 kW sur 9 mois. La production prévisionnelle serait alors de 2 GWh/an, soit l'équivalent de 600 foyers sur l'île de Tahiti (SEDEP, 2009). Ce projet a représenté un investissement de 400 millions de F CFP et le Pays est intervenu seulement au titre de la défiscalisation (Présidence de la Polynésie). La société Ito Are entend développer cette technologie à l'avenir à travers le renforcement de la centrale de Papara et la construction d'autres centrales sur les îles sous le vent (Moorea), puis sur d'autres archipels (SEDEP, 2009). Cependant, les infrastructures de ce type de centrale, longue d'une trentaine de mètres, sont relativement lourdes et ont un impact non négligeable sur l'environnement (IEOM, 2007). Ces centrales, dont celle-ci est un exemplaire de test, ont une capacité productive modeste pour Tahiti, mais montreraient tout leur potentiel dans les archipels (2D attitude, communication personnelle 2009).

4.3.9. Géothermie

L'énergie géothermie désigne l'énergie issue de l'énergie de la croute terrestre interne convertie en chaleur. Compte tenu

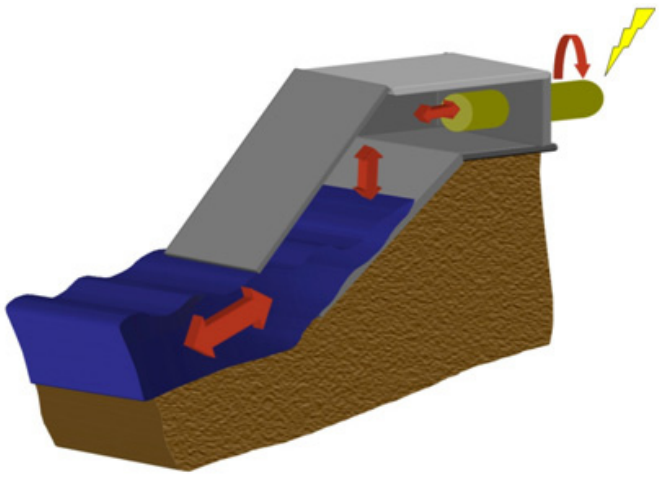


FIGURE 4.10 : Centrale houlomotrice de procédé Wavegen, en projet à Papara (Wavegen, 2008)

4

des températures de surface à Tahiti, la géothermie pourrait y avoir des applications secondaires en vaporisation (turbine électrique) ou en cycle de Carnot (frigories) mais pas primaires en chauffage des bâtiments (Gabrié et al., 2006). Ce système n'est pas déployé actuellement en Polynésie française mais des recherches de potentialités géothermiques de l'île de Tahiti ont été menées par le BRGM en 2007. Pendant les recherches, aucune source géothermale en surface n'a été observée à Tahiti. Par contre, des indices d'activité en profondeur (gaz carbonique, roches différenciées, sources minéralisées, …) ont été enregistrés. Les études ont montré que la structure géologique (massifs et dykes) de Tahiti favorise l'infiltration et le stockage d'eau chaude en profondeur (Blanchard, 2008). Les études liées à cette technologie sont très onéreuses (2D attitude, 2008).

4.3.10. Biomasse et biocarburants

La biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques qui peuvent devenir des sources d'énergie. Ces matières organiques proviennent des plantes qui sont capables de capter et stocker l'énergie solaire grâce à la chlorophylle. Elles peuvent être utilisées directement (bois énergie) ou comme matière pour le compostage. Elles peuvent aussi créer du biogaz et ou des biocarburants. Le biogaz est le résultat de la fermentation anaérobie des déchets organiques, alors que les biocarburants sont des produits de l'agriculture pouvant se substituer à l'essence, au gazole ou au fioul domestique, et qui peuvent être utilisés purs ou mélangés aux produits pétroliers. L'énergie tirée de la biomasse peut dans la plupart des cas être considérée comme une énergie renouvelable.

Biomasse

La société SARL KEAPA NUI, analyse la faisabilité d'un projet d'autosuffisance totale de l'archipel des Marquises par la valorisation durable des ressources locales de biomasse (des plantations de pins des Caraïbes exotiques non exploitées pour la plupart) en la substituant aux groupes électrogènes à gazole. La société est en train d'élaborer le montage financier du projet, de mener des études d'exécution, de lancer des appels d'offres pour fournisseurs et de rédiger une convention d'approvisionnement en bois et de pérennisation de la ressource avec le Service du Développement Rural. La réalisation de la première tranche du projet devrait permettre l'autonomie énergétique totale de l'île de Nuku Hiva par la valorisation de la forêt de pins, la pérennisation de la gestion forestière et l'implantation d'une activité de transformation du bois matériau. Pour la suite, la société envisage la promotion de l'autonomie de chaque île de l'archipel sur la base de ses ressources propres de biomasse (forêts existantes, régénération de la cocoteraie…). Le projet prévoit une centrale à déchets de bois à turbine à vapeur de 1 500 kW, soit une production prévisionnelle de 4 GWh par an. Ce projet pourra profiter de nombreux avantages : la pérennité et disponibilité de la ressource (énergie de stock), une puissance garantie, un prix immédiatement compétitif (équivalent au coût de production gasoil compte tenu du surcoût de transport de Tahiti aux Marquises) (SEDEP, 2009). Cependant, de nombreux scientifiques s'inquiète sur les impacts négatifs potentiels de la filière bois-énergie sur la biodiversité des îles si elle est mal gérée. De nombreux projets de plantations massives d'espèces introduites (Miscanthus, Jatropha, etc…) ont été promus dans de nombreuses îles du Pacifique et dénaturent la biodiversité locale (Jean-Yves Meyer, communication personnelle 2009). Le développement de la biomasse pour l'énergie doit se faire en accord avec la stratégie sur la biodiversité de Polynésie française.

Les pins des Caraïbes non exploités aux Marquises pourraient offrir un potentiel de bois-énergie

La société SARL Energie Biomasse, créée en décembre 2008 entre la SEDEP, Enviropol (gestionnaire du CET de Paihoro) et Technival (en charge du traitement des déchets verts sur plusieurs communes de l'ile) est aussi impliquée dans un projet de valorisation énergétique de la biomasse en substitution partielle aux groupes électrogènes par optimisation des flux de déchets sur l'île de Tahiti. Le projet prévoit une centrale à déchets de bois munie d'une turbine à vapeur de 1 500 kW et une turbine à biogaz de 500 kW, avec une production prévisionnelle de 12 GWh. La société élabore le montage financier du projet et mène des études d'exécution. Ce projet pourra profiter d'une ressource pérenne et disponible et d'un prix immédiatement compétitif (équivalent au coût de production fuel sur l'île de Tahiti) (SEDEP, 2009). La SEDEP a également étudié l'utilisation des déchets issus de la coprahculture et de la régénération de la cocoteraie pour compléter la production électrique de Makemo.

Biocarburants

Les biocarburants ne sont pas développés en Polynésie française, sauf à titre de démonstration. Le coprah, dont le prix d'achat est subventionné par le Pays, et dont la production en 2007 était de 6000 T (2D attitude, 2008), est considéré comme une source intéressante de biocarburant dans les îles, car il permettrait : de dynamiser l'économie des îles éloignées, de résoudre les problèmes de dépendance énergétique de la Polynésie et de trouver du travail pour de nombreux jeunes sans qualification. Cependant, cette solution ne se prouve pas réaliste pour des raisons économiques (le coprah est encore cinq fois plus cher que le prix du pétrole actuel), énergétiques

4

(l'énergie dépensée pour le transport et le pressage est trop importante au regard de l'énergie produite) et d'échelle (la totalité de la production de coprah polynésien représenterait moins d'1% de la consommation énergétique) (2D attitude, 2008). Toutefois, étudier la faisabilité de la production de biocarburant à partir du coprah reste intéressant, notamment dans des petites îles ou atolls où la pression et l'utilisation du coprah auraient lieu sur le lieu de production (2D attitude, 2008). L'EDT estime que des mini-huileries de coprah de 100 à 400 tonnes par an pourraient produire 0,1 à 0,4 GWh (EDT, 2009). Aux Tuamotu, l'EDT et l'Huilerie de Tahiti développent un projet pilote pour valoriser l'huile de coprah. Le projet est prévu pour 2010 et devrait fournir une production de 250 000 kWh pour une puissance de 80 kW et un cout de 70 millions de F CFP (ADEME, 2009). Le coprah pourrait aussi être utilisé en tant que carburant de transport sur les lieux de productions (bateaux et voitures) (2D attitude, communication personnelle 2009).

Contrairement au coprah, les algues oléagineuses représentent une source de biocarburant alternative qui semble très prometteuse. Elles semblent avoir d'excellents rendements de production, grandement supérieurs aux biocarburants classiques (environ 20 tonnes/ha) et peuvent être cultivées dans des espaces non fertiles. Le procédé de production de biocarburant à partir des algues est encore en phase de recherche, et il n'est encore pas prêt pour une production de masse (2D attitude, 2008). L'Ifremer Polynésie a l'intention de participer, à l'aide des laboratoires métropolitains, aux expertises dans le domaine de la production de biocarburant à partir des micro-algues, une thématique sur laquelle ce centre de recherche a une équipe très active en Europe implantée à Nantes (Marc Taquet, communication personnelle 2009).

4.3.11. Utilisation énergétique des déchets

Les déchets peuvent également être une source d'énergie. Le procédé le plus classique consiste en une incinération des déchets, mais de nouveaux procédés, comme la pyrolyse, semblent prometteurs. La pyrolyse est la décomposition d'un corps organique par la chaleur dans un environnement anaérobie (sans oxygène, évitant la combustion) pour obtenir d'autres produits (en particulier un « syngaz », combustible, et un résidu charbonneux neutre dénommé « char »). La société américaine IES (International Environmental Solutions) est en train de développer en Polynésie française un projet visant à utiliser les déchets pour produire, par la pyrolyse, de l'énergie et éventuellement d'autres produits tels que de l'hydrogène, du gazole et du« biochar », le résidu charbonneux provenant de la pyrolyse des déchets verts (biomasse), similaire au charbon de bois. Le biochar est en fait un produit résultant de la capture du carbone contenu dans le CO2 de l'atmosphère par la biomasse et son processus naturel de photosynthèse. Il est très efficace pour l'amendement des sols et permet par la même occasion de ramener ainsi le carbone puisé dans l'atmosphère, sous terre, constituant ainsi la seule matière dont la production permet d'inverser véritablement le processus engendré par la combustion des combustibles fossiles. Ce projet concerne initialement les îles de Tahiti, Moorea et Bora Bora. Selon IES, une implantation capable de transformer 43 tonnes de déchets par heure, pourrait produire plus de 35 MWh d'énergie. Contrairement à l'incinération, la pyrolyse ne produit pratiquement pas d'émissions et aucune cendre volatile. La seule matière solide qui en résulte directement, un « char » neutre, représente moins de 10% du volume d'origine des déchets. Le système de pyrolyse d'IES bénéficie, depuis quelques années déjà, du soutien des associations locales luttant pour la protection de l'environnement telles que BioFenua notamment (Skip Staats, communication personnelle 2009).

Le coprah est considéré comme une source intéressante de biocarburant dans les îles isolées

4.3.12. Tetiaroa 100% verte

La société Pacific Beachcomber SC (PBSC) met en œuvre un projet sur l'atoll de Tetiaroa dénommé « The Brando », qui a pour objectif la construction d'un « éco-hôtel » et la création d'un « éco-centre de recherche ». L'aspect innovateur du projet réside dans l'absence d'un réseau énergétique disponible sur l'atoll et de la volonté de PBSC de minimiser au maximum le recours à l'énergie fossile. Les technologies finales qui seront utilisées sont encore en cours d'étude, mais le but principal est d'alimenter entièrement les structures construites par un réseau autonome d'énergies 100% renouvelables. Les plans incluent : une station d'épuration des eaux usées et une station de désalinisation pour l'eau potable seront aussi crées (cf. Figure 4.11). Le projet intègre le développement d'un mix énergétique, comprenant les sources d'énergies renouvelables suivantes : 1) une structure de Sea Water Air Conditioning (SWAC) pour climatiser l'ensemble des bâtiments du projet, 2) 7 000 panneaux photovoltaïque positionnés le long de piste d'atterrissage et sur la partie nord du motu Onetahi, 3) une centrale thermique à l'huile de coprah en cas de baisse de rendement des installations photovoltaïques (Laurent Le Breton, communication personnelle 2009). Ce projet pourrait servir d'exemple symbolique pour montrer que la Polynésie offre de nombreuses opportunités de développement d'énergies renouvelables, notamment dans les îles éloignées encore privées de réseaux énergétiques. Cependant, la construction

4

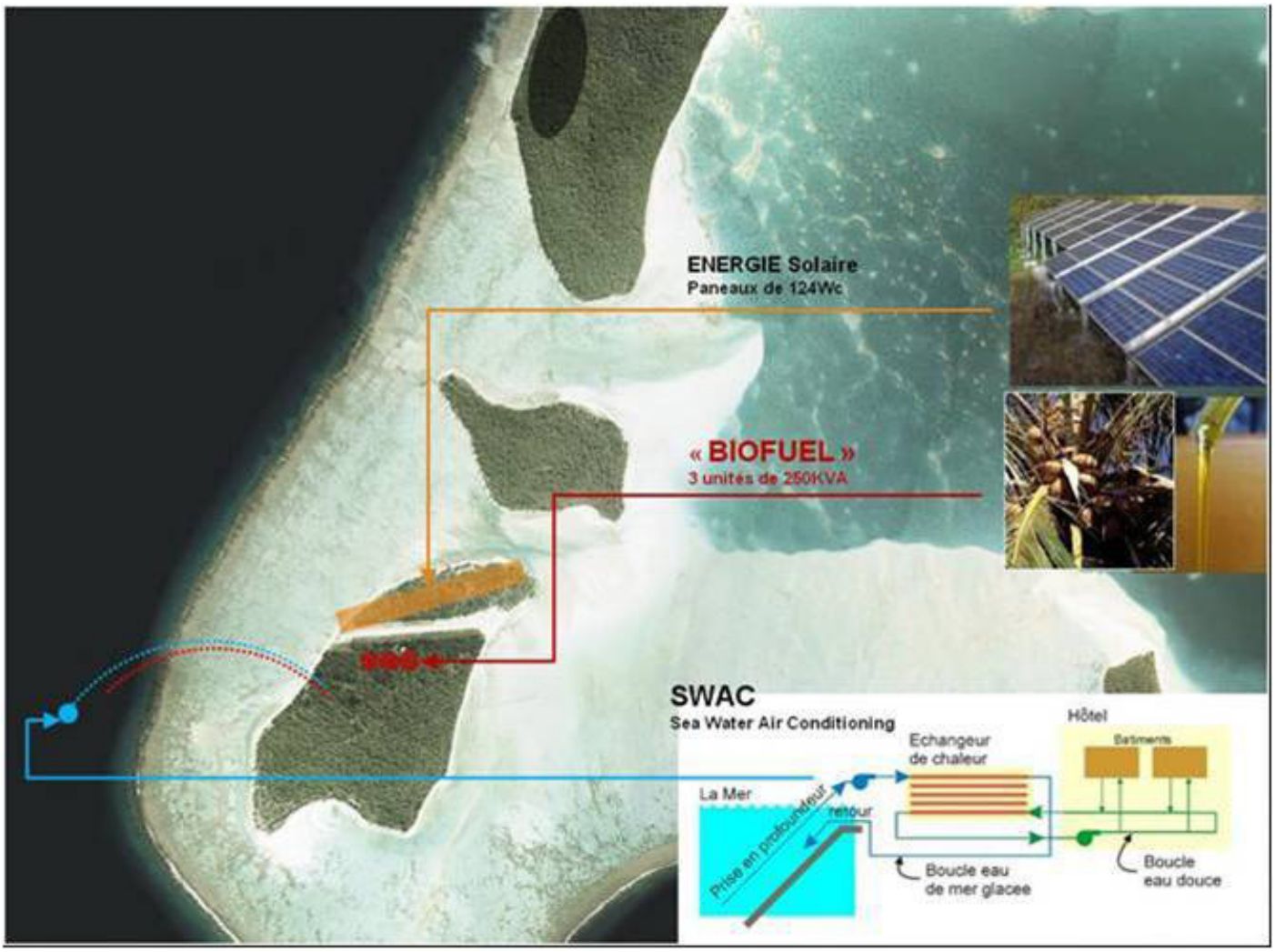


FIGURE 4.11 : Projet de mix-énergétique sur l'île de Tetiaroa

d'un complexe touristique à Tetiaroa entrainera également des pressions fortes sur l'environnement de cet atoll encore préservé.

4.4. Stockage du carbone

Outre la maitrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelables, le stockage du carbone est généralement une autre option proposée pour réduire les émissions de CO_2 et atténuer le réchauffement climatique. Le stockage du carbone passe notamment par la plantation de forêts qui captent le CO_2 par la photosynthèse pour le transformer en matière organique. L'option du stockage du carbone par les forêts paraît moins adaptée à la Polynésie française qu'à d'autres pays en raison des surfaces foncières limitées disponible pour la plantation d'arbres. L'impact en serait donc très limité, compte tenu des ordres de grandeur à obtenir. De plus, il serait très néfaste pour la biodiversité du pays, de détruire des zones naturelles à fort taux d'endémisme pour planter des forêts à croissance rapide souvent exotiques, qui engendre de véritables déserts biologiques. Cela étant, la plantation d'espèces indigènes pourrait être encouragée en Polynésie française, notamment dans les zones anthropisées, les bords de route, les zones dégradées par l'érosion ou les espèces envahissantes, les littoraux menacés par l'élévation du niveau marin et l'intensification des cyclones par exemple. Le stockage du carbone pourrait passer également par la plantation d'arbres fruitiers, autant que possible à travers l'agriculture biologique, et favoriser ainsi l'indépendance alimentaire du pays (Bio Fenua, communication personnelle 2009). Dans tous les cas, plus que le développement de forêts nouvelles pour stocker le carbone, il semble indispensable de limiter au maximum la

conversion de forêts naturelles existantes en zones agricoles ou en zones urbanisées, pour éviter d'une part, d'émettre le CO_2 contenu dans ces puits de carbone et pour limiter d'autre part, la destruction des habitats naturels et l'extinction des espèces indigènes inféodées à ces écosystèmes.

4.5. Conclusion

Une étude récente compare les performances des différentes alternatives d'énergie renouvelables en Polynésie française et identifie les priorités de développement (Blanchard, 2008). Une méthode de notation (du vert au rouge) évalue la faisabilité à 5 et 15 ans des technologies, leur adaptabilité au pays, l'existence des capacités de recherche en Polynésie française, le coût de l'investissement et la puissance garantie (cf. tableau 4.12). Selon l'auteur de cette étude, l'hydroélectricité reste la première priorité de développement d'énergie renouvelable car elle semble la plus facile à mettre en œuvre à court terme à un prix relativement bas. Le solaire, la géothermie et l'éolien présentent également un potentiel de développement approprié à court terme. Il est important de rappeler que la maîtrise de l'énergie (non présentée dans ce tableau) reste l'option la moins coûteuse et la plus rapide pour diminuer la facture énergétique de la Polynésie française.

	Faisabilité		Adapt. aux îles	Exist. PF	Coût kWh	Puiss. garantie
	5 ans	15 ans				
Hydroélectricité						
Solaire						
Géothermie						
Eolien						
Mécanique des mers						
Froid des mers						
ETM (Thermique->Electricité)						
Osmose					?	
Biomasse et déchets						
Nucléaire						

TABLEAU 4.12 : Performances des différentes alternatives d'énergies renouvelables en Polynésie française (Blanchard, 2008). Vert = bon, orange = moyen, rouge = mauvais.

5 Vulnérabilités de la Polynésie française face aux effets du changement climatique

5

Le dernier rapport du GIEC, émis en 2007, ainsi que le rapport de Nicholas Stern (2006), dressent un tableau très inquiétant des impacts observés et potentiels du changement climatique sur l'environnement, les économies et les sociétés mondiales.

Il apparait que les îles tropicales seront probablement parmi les régions les plus touchées par cette menace en raison de leur dépendance aux ressources naturelles fragiles et limitées, de leur exposition aux cyclones, à l'acidification de l'océan et à l'élévation du niveau marin. Cependant, les vulnérabilités spécifiques de la Polynésie française face au changement climatique sont encore peu connues. Il n'existe que très peu de documents de synthèse et les données sont limitées et dispersées. Ce paragraphe présente un premier état des lieux sur les impacts observés ou potentiels du changement climatique sur l'environnement, l'économie et la société de Polynésie française. Dans la partie suivante relative à l'adaptation, les initiatives entreprises pour faire face à ces vulnérabilités seront exposées.

5.1. Impacts potentiels du changement climatique sur les milieux naturels et l'environnement

A travers une modification des composantes climatiques et physico-chimiques, le changement climatique aura des conséquences directes sur les milieux naturels, c'est à dire la biodiversité terrestre et marine, les ressources côtières et les ressources en eau. Selon le GIEC, environ 20 à 30 % des espèces sur l'ensemble du globe seront probablement soumises à un risque accru d'extinction si le réchauffement moyen mondial dépasse 1,5 à 2,5°C d'ici 2100 ; et si le réchauffement dépasse 3,5°C, les modélisations suggèrent une extinction de 40 à 70 % des espèces mondiales (GIEC 2007).

Les écosystèmes de Polynésie française sont particulièrement vulnérables à cette menace nouvelle. Les habitats insulaires sont par nature des équilibres fragiles. La biodiversité terrestre de ces milieux, souvent très spécifique, a évolué en vase clos pendant plusieurs millions d'années. Les chaînes alimentaires sont réduites en absence de grands prédateurs. Une perturbation, même minime, peut avoir des répercussions importantes sur l'ensemble de l'équilibre naturel. La diversité marine concentre une flore et une faune très riche et particulièrement bien préservée. Cependant les écosystèmes de Polynésie font face à de pressions multiples: espèces envahissantes, destruction des habitats, surexploitation des ressources, pollution, etc. Et les habitats auront une résistance d'autant plus faible face aux agressions nouvelles comme le changement climatique.

5.1.1. Impacts sur la biodiversité marine

La faune et la flore marine de Polynésie française concentrent une diversité biologique remarquable, notamment à travers l'immense surface de corail et la grande diversité de conformation récifale du pays. Dans cette section, les vulnérabilités spécifiques du patrimoine biologique marin face au réchauffement des températures de surface, à l'élévation du niveau marin et à l'acidification de l'océan seront présentées.

La dégradation des coraux entrainée par le changement climatique pourrait affecter certaines espèces de poissons de récif

Coraux

Les récifs coralliens sont les écosystèmes marins les plus riches en biodiversité. Ils ne couvrent que 0,2 % de la surface des océans, mais contiennent environ 25 % de leurs espèces (Roberts, 2003). Pour cette raison, ils sont souvent qualifiés de « forêts vierges des océans ». Seulement, les récifs sont aussi les écosystèmes les plus vulnérables du monde. Aujourd'hui, il est estimé que 20 % des coraux dans le monde ont déjà été détruits, que 24 % autres sont en danger imminent de disparition, et que 26 % autres sont en danger de disparition à plus long terme (Wilkinson, 2004). En effet, les récifs sont sévèrement affectés par la surpêche, la pollution, le développement côtier, la sédimentation, les espèces envahissantes, les épidémies et plus récemment par le blanchissement dû au changement climatique (IUCN, 2006).

Les récifs de Polynésie française sont, de manière générale, particulièrement préservés. Notamment les formations des pentes externes des Tuamotu sont parfaitement conservées car elles ne subissent presque pas de pression anthropique. Seuls les récifs de certaines zones des îles de la Société ont subi des dégradations massives dues aux remblais sur les récifs frangeants pour gagner du terrain sur la mer, au dragage pour l'extraction de la « soupe de corail », à l'hyper-

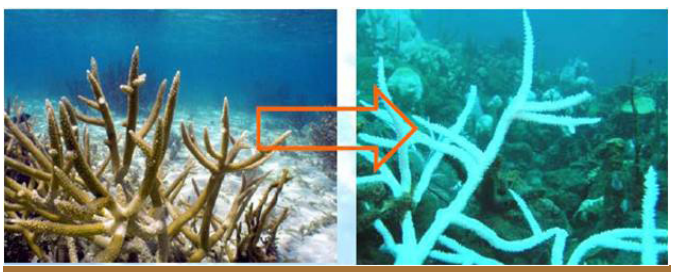


FIGURE 5.1 : Coraux sains (photo de gauche) et coraux blanchis (photo de droite) (Elodie Lagouy, Reef check)

5

sédimentation de matériel terrigène due à l'érosion des bassins versants (principalement due aux terrassements et au défrichements), ou encore à la pollution par les eaux usées domestiques ou agricoles. Certaines zones subissent aussi d'importantes explosions démographiques de l'étoile de mer *Acanthaster planci* (« taramea » en tahitien), prédatrice des coraux. Notamment, une pullulation récente en 2007/2008 a provoqué la destruction de la majorité des récifs de Tahiti et Moorea. Il semble que ces explosions correspondent à des cycles naturels, mais elles seraient amplifiées par des facteurs anthropiques comme la sédimentation terrigène (Gustav Paulay, communication personnelle 2009).

Le blanchissement des coraux est la perte de couleur de ces organismes qui résulte d'un état de stress (cf. figure 5.1). Le corail est composé de polypes (petits animaux très simples de forme cylindrique proches des anémones), vivant en symbiose avec une micro-algue photosynthétique unicellulaire appelée zooxanthelle. En état de stress, les coraux peuvent expulser leur zooxanthelle, ce qui leur donne une apparence claire ou complètement blanche, d'où le terme de « blanchissement » (figure 5.2). L'expulsion de la zooxanthelle prive le corail de sa source majeure d'énergie qui est normalement fournie par l'algue symbiotique et il peut à terme mourir de faim. Le phénomène de blanchissement est provoqué par toute perturbation du milieu marin, mais en particulier, par un réchauffement de l'eau de mer. Suite au blanchissement, si les coraux survivent, ils peuvent être recolonisés par une autre zooxanthelle de la même espèce, ou d'une espèce différente.

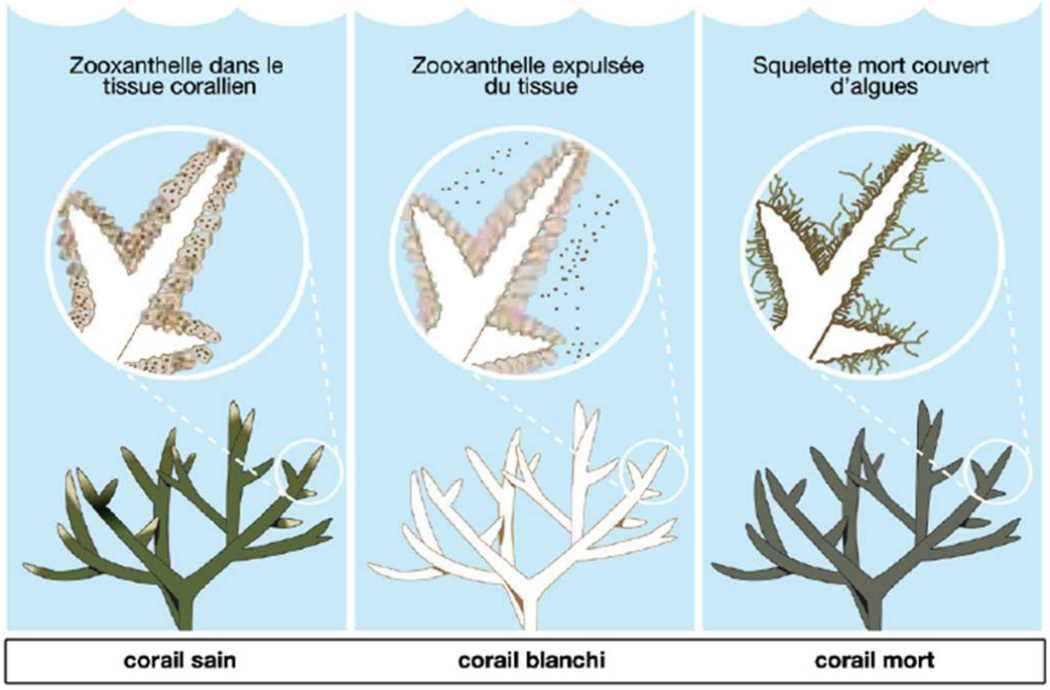


FIGURE 5.2 : Mécanisme du blanchissement des coraux (UICN, 2006)

Le rétablissement de l'association symbiotique peut prendre plusieurs semaines, ou même plusieurs mois. Si le stress est prolongé, il arrive que les coraux ne soient jamais recolonisés par la micro-algue, ils finissent alors par périr (IUCN, 2006).

Depuis les 15 dernières années, un phénomène de blanchissement des coraux, provoqué par le changement climatique, est rapidement devenu la menace la plus grave pour ces écosystèmes. Au cours du phénomène El Niño de 1998, une augmentation anormale des températures des eaux pendant plusieurs mois a causé le blanchissement des coraux dans plus de 50 pays de l'Océan Indien et d'Océanie, le même phénomène a été observé aux Caraïbes en 2005 (UNEP, 2006). Une augmentation des températures des eaux tropicales de 2,8°C d'ici 2100, projetée par le GIEC, pourrait rendre les épisodes de blanchissement beaucoup plus fréquents, probablement tous les ans ou tous les deux ans d'ici 2030-2050 (UNEP, 2006). Les récifs sont aussi directement menacés par l'élévation du niveau marin, l'intensification des cyclones et l'acidification des océans, entrainés par le changement climatique. Des coraux sains pourraient s'adapter à une élévation progressive du niveau marin, mais des récifs dégradés ne pourront pas suivre la montée des eaux. Les cyclones ont un impact très fort sur les récifs, particulièrement dans les zones non adaptées à ce type d'événement climatique extrême. Enfin, l'acidification progressive des océans pourrait avoir des conséquences néfastes sur certaines espèces de coraux à squelette calcaire (UNEP, 2006). De nombreux scientifiques annoncent que l'ensemble des effets du changement climatique pourrait détruire la majeure partie des coraux du monde d'ici 2050 (Hoegh-Guldberg, 2005).

La résilience des coraux face au aux agressions dépend directement de la qualité des eaux côtières et des pressions anthropiques annexes auxquelles les coraux sont exposés, principalement la sédimentation, la pollution ou la surpêche. S'il est difficile d'empêcher les effets directs du changement climatique sur les coraux, il est malgré tout possible d'améliorer la résilience des coraux face au blanchissement à travers une réduction des pressions anthropiques annexes (Petit & Prudent, 2008). De la même façon, même si des phénomènes comme la prolifération algale, de méduses, de l'étoile de mer *Acanthaster*, le bloom

planctonique, la maladie des coraux (etc.) sont probablement induits par des pressions annexes, il semble toutefois utile de les suivre sur le long-terme, car dans certains cas ils pourraient être liés aux effets du changement climatique également. Il serait notamment intéressant de vérifier si une augmentation de la fréquence de ces phénomènes est constatée dans le temps, en particulier dans les zones peu soumises aux pressions anthropiques (IFRECOR, 2009).

La Polynésie française a connu sept épisodes de blanchissement des coraux depuis 20 ans (Salvat et al., 2008). Sans qu'aucun n'atteigne les niveaux de mortalité extrêmes qui ont touché les régions de l'océan Indien en 1998 ou des Caraïbes en 2005, des pertes de coraux significatives ont toutefois été enregistrées. En 1991, un épisode de blanchissement a provoqué la mortalité de 20 % des colonies de corail sur les pentes externes de Moorea (Salvat, 1992). En 1994, un blanchissement de même intensité a touché la région, mais la plupart des colonies se sont rétablies rapidement sans subir de trop lourdes pertes. Enfin en 1999 un dernier épisode de blanchissement a touché la Polynésie, avec des taux de mortalité très variables d'une île à l'autre (Salvat et al., 2008). Une étude récente financée par le service de l'urbanisme et réalisée par le bureau d'étude Progem d'Agnès Benet, fait le point sur la réponse spécifique des récifs coralliens de Polynésie française face au changement climatique (Benet, 2009). De manière générale, les récifs déjà perturbés par des pressions anthropiques fortes et les invasions *d'Acanthaster* seront certainement les plus sensibles, et auront une résilience plus faible face aux effets du changement climatique.

Poissons

Environ 80 % des espèces pêchées dans le monde sont exploités au-delà de leurs capacités de régénération (UNEP, 2006). Les stocks halieutiques sont au plus bas, et le changement climatique apparaît comme une pression nouvelle majeure qui pourrait altérer d'avantage les populations mondiales de poissons, notamment à travers la dégradation de leurs ressources alimentaires ou la modification de leur aire de répartition. La dégradation généralisée des coraux, et en particulier les épisodes de blanchissement, pourrait affecter certaines espèces de poissons de récif qui dépendent du corail pour leur survie. Le déclin de ces populations menace directement leurs prédateurs, poissons ou oiseaux, et affecte ainsi l'ensemble de la chaîne alimentaire des océans tropicaux (Petit & Prudent, 2008). Il n'existe pas d'études analysant l'impact spécifique du changement climatique sur les poissons de Polynésie française.

Tortues

Les tortues marines subissent des pressions anthropiques extrêmement importantes comme la destruction directe ou la sur-fréquentation de leur site de ponte, la pollution, la prise dans des filets de pêche et le braconnage. Parmi les cinq espèces présentes en Polynésie française, la tortue verte *Chelonia mydas*, la tortue caouanne *Caretta caretta* et la tortue olivâtre *Lepidochelys olivacea* sont classées en danger d'extinction selon la Liste Rouge de l'UICN alors que la tortue luth *Dermochelys coriacea* et la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata* sont classées en danger critique d'extinction. Le changement climatique est une menace nouvelle qui risque d'accélérer considérablement leur déclin. Les tortues marines sont souvent utilisées comme indicateur biologique pour mesurer les impacts du changement climatique sur le milieu naturel, car elles subissent les effets de ce phénomène à tous les stades de leur cycle biologique (Lovich 1996). Elles parcourent généralement plusieurs milliers de kilomètres lors de voyages transocéaniques entre leur site de ponte et leur aire d'alimentation. Le changement climatique risque de modifier les courants océaniques mondiaux et les voies migratoires des tortues. L'élévation du niveau de la mer et l'intensification des cyclones provoquent l'érosion des plages où ces espèces viennent pondre leurs œufs (Fish 2005). Enfin, le réchauffement du sable au niveau des sites de ponte pourrait modifier le ratio mâle/femelle des œufs, déterminé par la température d'incubation. Le nombre de tortues mâles pourrait être réduit, ce qui affecterait la capacité de reproduction de ces espèces (Godley et al. 2002).Malgré une réglementation stricte établie en 1990, la tortue verte, seule espèce nidifiant en Polynésie française, reste extrêmement menacée par un braconnage demeurant important.

Mammifères marins

Les mammifères marins, et en particulier les cétacés, font face à des menaces anthropiques sérieuses comme la pollution, le braconnage ou les activités maritimes. Le braconnage à lui seul est responsable de la mort de 300 000 cétacés par an, ce qui représente environ 1 000 individus chaque jour (WWF, 2007). L'ensemble des 81 espèces de cétacés recensées dans le monde figure sur la liste rouge de l'UICN. Le changement climatique induit des pressions nouvelles importantes pour ces animaux. Il pourrait modifier la disponibilité et l'abondance des ressources alimentaires des cétacés. Les baleines à fanons, en particulier, ont un régime alimentaire très spécialisé et se nourrissent principalement de krill, un zooplancton proche de la crevette. Il se concentre dans des zones géographiques très localisées des océans polaires, et sous des conditions environnementales très spécifiques. Le changement climatique, à travers la fonte

Le changement climatique induit des pressions nouvelles importantes pour les baleines à bosse

des banquises et la réduction du phytoplancton, peut affecter l'abondance, la distribution et la période d'apparition du krill, et induire des conséquences sérieuses sur les capacités de reproduction et de survie des cétacés (WWF, 2007).

Les eaux de Polynésie française sont classées depuis 2002 « sanctuaire des mammifères marins». Elles accueillent 11 espèces de Dauphins, deux espèces de cachalots, deux espèces de baleines à bec (Ziphiidés) et l'emblématique Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (Gargominy, 2003). Il n'existe pas d'étude spécifique analysant l'impact du changement climatique sur les populations de mammifères marins locales.

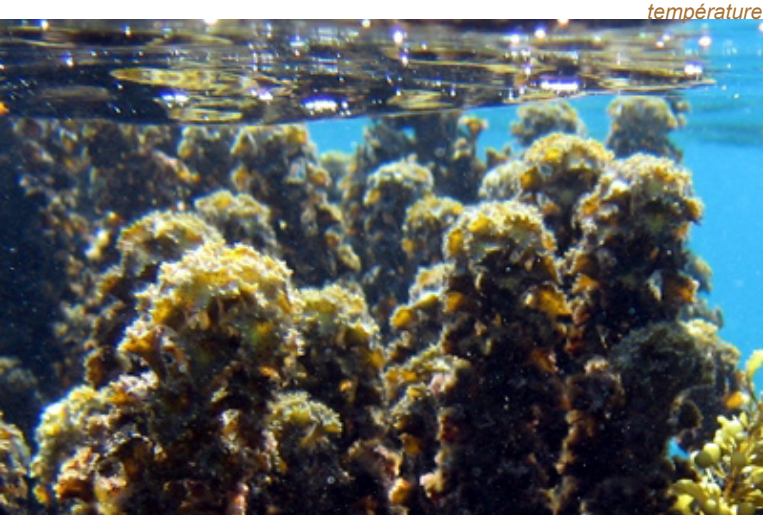
Algues

Une étude locale analyse l'impact du réchauffement climatique sur la flore marine et certaines population d'algues (Payri et N'Yeurt 2005). Les écosystèmes les plus tempérés de Polynésie comme l'île de Rapa sont les plus vulnérables à l'augmentation de la température de la mer. La majorité des algueraies d'algues brunes (e.g. *Stypopodium australasicum*, *Lobophora variegata*), et d'algues rouges associées (e.g. *Gloiosaccion brownii*, *Phaeocolax kajimurai*), le long de la côte de Rapa pourraient être affectées et pourraient disparaître au profit d'espèces indésirables, telles que l'espèce opportuniste *Turbinaria ornata* déjà présente au nord de l'archipel (île de Raivavae) et qui pourrait envahir la région, comme c'est le cas actuellement dans l'archipel de la Société et des Tuamotu. L'atteinte à la diversité de la flore marine pourrait avoir des répercussions sur la faune de poissons inféodée aux algueraies et qui sont pour certaines des ressources clés pour les populations locales (Payri et N'Yeurt 2005).

Phytoplancton

Le phytoplancton est une algue unicellulaire flottant librement dans les couches supérieures des océans. Il est à la base des chaînes alimentaires marines en servant de nourriture au zooplancton (plancton animal), dont beaucoup de poissons se nourrissent à leur tour. Le phytoplancton joue un rôle primordial dans le cycle général du carbone puisqu'il représente environ la moitié de la photosynthèse mondiale. Il piège une quantité considérable de CO_2 qu'il transforme en matière organique ensuite stockée dans les océans. Plusieurs études indiquent que le changement climatique, pourrait diminuer sérieusement la biomasse de phytoplancton dans le monde. Des observations récentes, sur la base d'images satellites, montrent que la biomasse du phytoplancton a diminué jusqu'à 30% dans certaines régions du Pacifique Sud, en lien direct avec les augmentations de température de l'eau (cf. figure 5.3) (Behrenfeld, 2006). D'autre part, les phytoplanctons à enveloppe calcaire sont directement menacés par l'acidification des océans (Geelen, 1986).

Turbinaria ornata pourrait envahir les Australes suite à une augmentation de la température



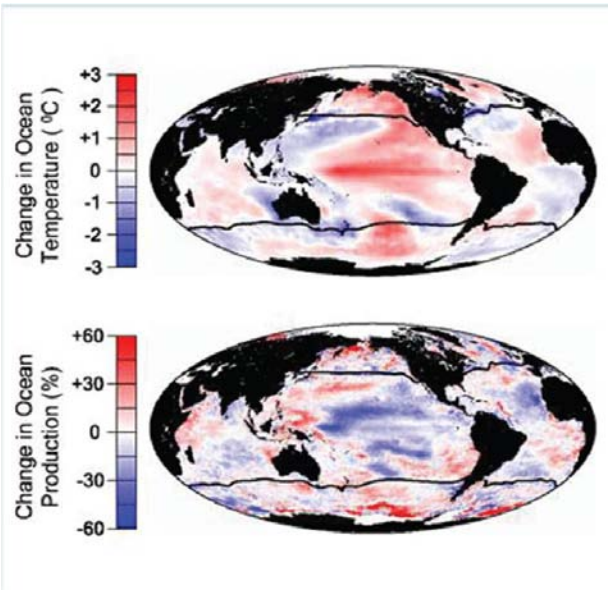


FIGURE 5.3 : Variation de la température des océans (en haut) et de la productivité de phytoplancton (en bas) de 1996-2006 (Behrenfeld, 2006).

5.1.2. Impacts sur la biodiversité terrestre

La biodiversité terrestre de Polynésie française est très riche avec des taux d'endémisme importants. Mais encore une fois, les pressions anthropiques qui pèsent sur ces écosystèmes sont très fortes et le changement climatique pourrait venir exacerber ces pressions.

Forêts d'altitude

Dans les îles hautes volcaniques, on retrouve généralement un étagement bioclimatique s'échelonnant du littoral au sommet. Les forêts humides d'altitude et en particulier les forêts subalpines sont très riches en espèces endémiques. Tahiti est la seule île du Pacifique Sud à posséder des forêts subalpines tropicales. Ces habitats se concentrent sur trois sommets au-dessus de 2 000 mètres et ne dépassent pas 125

hectares de surfaces cumulées (Meyer et Taputuarai ,2006). La végétation spécifique de ces écosystèmes, appelée végétation orophile, se caractérise par des espèces au port prostré et aux feuilles petites et coriaces, adaptées aux conditions de basses températures et au stress hydrique. Quasiment exemptes de toute dégradation anthropique directe, les forêts subalpines sont très bien préservées. La difficulté d'accès et le climat ont limité la destruction des habitats et la propagation de la majorité des espèces envahissantes que l'on retrouve à plus basse altitude. Ces habitats présentent donc une flore et une faune remarquables, extrêmement riches en espèces endémiques. Cependant, ces zones subalpines sont aussi relativement vulnérables à une élévation des températures. Une augmentation des températures provoquée par le changement climatique pourrait causer un déplacement des étages bioclimatiques vers le haut, provoquant une migration des espèces en altitude. Ces déplacements offriront des conditions de développement favorables aux espèces envahissantes opportunistes, au détriment des espèces indigènes les plus fragiles. Une étude montre qu'un réchauffement moyen global de 3°C d'ici la fin du siècle détruirait 80 % des refuges alpins mondiaux, soit la disparition d'un tiers voire de la moitié des plantes alpines dans le monde (Halloy, 2003). Les forêts subalpines sont parmi les écosystèmes les plus vulnérables car elles ne pourront pas migrer plus en hauteur.

Végétation des atolls

La végétation des îles basses coralliennes est particulièrement menacée par élévation du niveau marin et la salinisation des lentilles d'eau douce. La flore spécifique de ces écosystèmes ne pourra pas migrer en cas de submersion et pourrait être menacée. Une étude locale a analysé les impacts potentiels de l'élévation du niveau marin sur la végétation des atolls des Tuamotu (Butaud, 2009). La flore de cet archipel comprend 100 taxons indigènes, parmi eux 11 sont endémiques. Seulement 15 atolls sur 76 sont considérés comme connus floristiquement. Sur les 100 taxons indigènes, 94 se concentrent dans les atolls soulevés de Makatea, Niau et Anaa. Ces atolls représentent évidemment une priorité des efforts de conservation. L'étude indique qu'une élévation du niveau marin, ajoutée à une dégradation des récifs coralliens, pourrait mener à la submersion partielle ou totale de certains atolls, ce qui affecterait directement au moins 6 taxons endémiques des atolls non soulevés (Butaud, 2009).

Espèces envahissantes

En raison du développement du commerce international, de l'augmentation des voyages et des échanges, les invasions d'espèces exotiques envahissantes se multiplient considérablement et exercent une pression croissante sur les écosystèmes naturels. Les espèces envahissantes, tant végétales qu'animales, sont la cause majeure de l'appauvrissement de la biodiversité terrestre en Polynésie française. On trouve aujourd'hui presque deux fois plus de plantes vasculaires introduites (1 700 espèces) que d'espèces indigènes (893 espèces) (Soubeyran 2008). Plus de 590 espèces introduites sont naturalisées et près de 65 sont considérées comme envahissantes (Foudrigniez & Meyer, 2008). L'espèce Miconia (*Miconia calvescens*), introduite comme plante ornementale à Tahiti en 1937, recouvre actuellement 70 000 hectares à Tahiti, soit environ les deux tiers de l'île (Gargominy 2003). De même les rats, chats, chiens et porcs sauvages occupent la quasi-totalité des îles hautes ; les chèvres et les moutons exercent une pression importante sur le couvert végétal. La cicadelle pisseuse (*Homalodisca vitripennis*), un insecte xylophage introduit en 1998, a atteint une abondance sans précédent avec de sérieuses conséquences économiques et sociales, avant d'être finalement contrôlée par un programme de lutte biologique (Petit et al. 2008). La petite fourmi de feu (*Wasmannia auropunctata*), une espèce causant des piqûres très violentes, se répand sur l'île de Tahiti.

Le changement climatique pourrait largement amplifier le problème des espèces envahissantes. Une modification des conditions climatiques pourrait rendre certaines îles plus appropriées pour la propagation d'espèces exotiques, animales ou végétales. De nouvelles pestes envahissantes pourraient s'établir, ou même, des espèces exotiques déjà présentes pourraient proliférer et dominer les espèces plus fragiles. Le changement climatique présente le risque d'une migration des espèces animales et végétales en latitude d'une île à l'autre, mais

Les forêts d'altitude, particulièrement riches en espèces endémiques, sont menacées par une augmentation de la température

5

L'escargot prédateur Euglandina a déjà provoqué l'extinction de 57 espèces endémiques du genre Partula

aussi en altitude à l'intérieur d'une île haute. Ces migrations, et la modification de l'équilibre des écosystèmes qu'elles entraineront, se feront au détriment des espèces indigènes fragiles et provoqueront probablement une expansion de l'aire de répartition de certaines espèces envahissantes vers les zones non encore infestées. Une étude a récemment montré que le petit arbre Miconia est limité par les températures fraîches d'altitude, et ne peut pas survivre au delà des 1100-1300 m d'altitude. Une légère élévation de la température pourrait favoriser sa progression en altitude et serait fatale pour la flore et la faune de certains sommets comme le mont Marau culminant à 1495 m (Jacq et al., 2008).

Oiseaux

Hautement sensibles au climat et aux conditions météorologiques, les oiseaux sont d'excellents indicateurs des changements climatiques globaux (Berthold et al., 2004). De nombreuses études font état d'un changement récent de la saisonnalité des oiseaux migrateurs à travers le monde (Lehikoinen et al., 2004). La période de ponte et de migration des oiseaux est intimement liée à l'alternance des saisons, et une modification des conditions climatiques globale entraîne

Hautement sensibles au climat, les oiseaux sont d'excellents indicateurs des changements climatiques globaux

Le petit arbre Miconia recouvre actuellement 70 000 hectares à Tahiti, soit environ les deux tiers de l'île

une modification importante des cycles biologiques de ces espèces, altérant souvent leurs capacités de reproduction et de survie (Sanz et al., 2003). Sur 119 espèces d'oiseaux migrateurs étudiées en Europe, 54 % ont déjà montré un déclin soutenu ou parfois même très sévère entre 1970 et 2000. Le changement climatique est présenté comme l'un des facteurs responsables de ce déclin (Sanderson et al., 2006). Les oiseaux migrateurs sont aussi largement perturbés par les tempêtes tropicales et les cyclones qui les freinent pendant leur migration ou dévient leurs trajectoires. Les cyclones affectent également les oiseaux terrestres, à travers la destruction temporaire de leurs refuges et la réduction de leurs ressources alimentaires. Enfin, le changement des conditions climatiques peut modifier l'aire de répartition de certaines espèces d'oiseaux et avoir des conséquences indirectes sur l'ensemble des écosystèmes (Petit & Prudent, 2008).

Escargots endémiques

Les gastéropodes terrestres sont l'un des fleurons de la faune polynésienne. Plus de 320 espèces ont été décrites et 100 % des espèces indigènes sont endémiques (Gargominy 2003). Ces espèces présentent un intérêt majeur pour l'étude générale de l'évolution naturelle et de la spéciation. Cependant, la plupart de ces espèces sont hautement menacées (Liste Rouge UICN), notamment par un escargot prédateur (*Euglandina rosea*), initialement introduit de Floride pour lutter contre l'Achatine (*Achatina fulica*), une autre espèce d'escargot exotique qui dévastait les cultures locales. Euglandina a déjà provoqué l'extinction de 57 espèces endémiques du genre Partula, dont la totalité des espèces de l'île de Moorea (Pointier et Blanc 1985). Les populations rémanentes des escargots de Polynésie française sont les plus abondantes dans les zones d'altitude où l'escargot carnivore n'a pas pu se développer. En effet, l'Euglandina ne dépasse par 1400 mètres d'altitude, l'aire de répartition des gastropodes indigènes est donc extrêmement limitée. La population principale de certaines espèces se concentre dans une surface n'excédant parfois pas 2 km² (cf. figure 5.4). Une augmentation des températures due au changement climatique, pourrait mettre en danger critique les

5

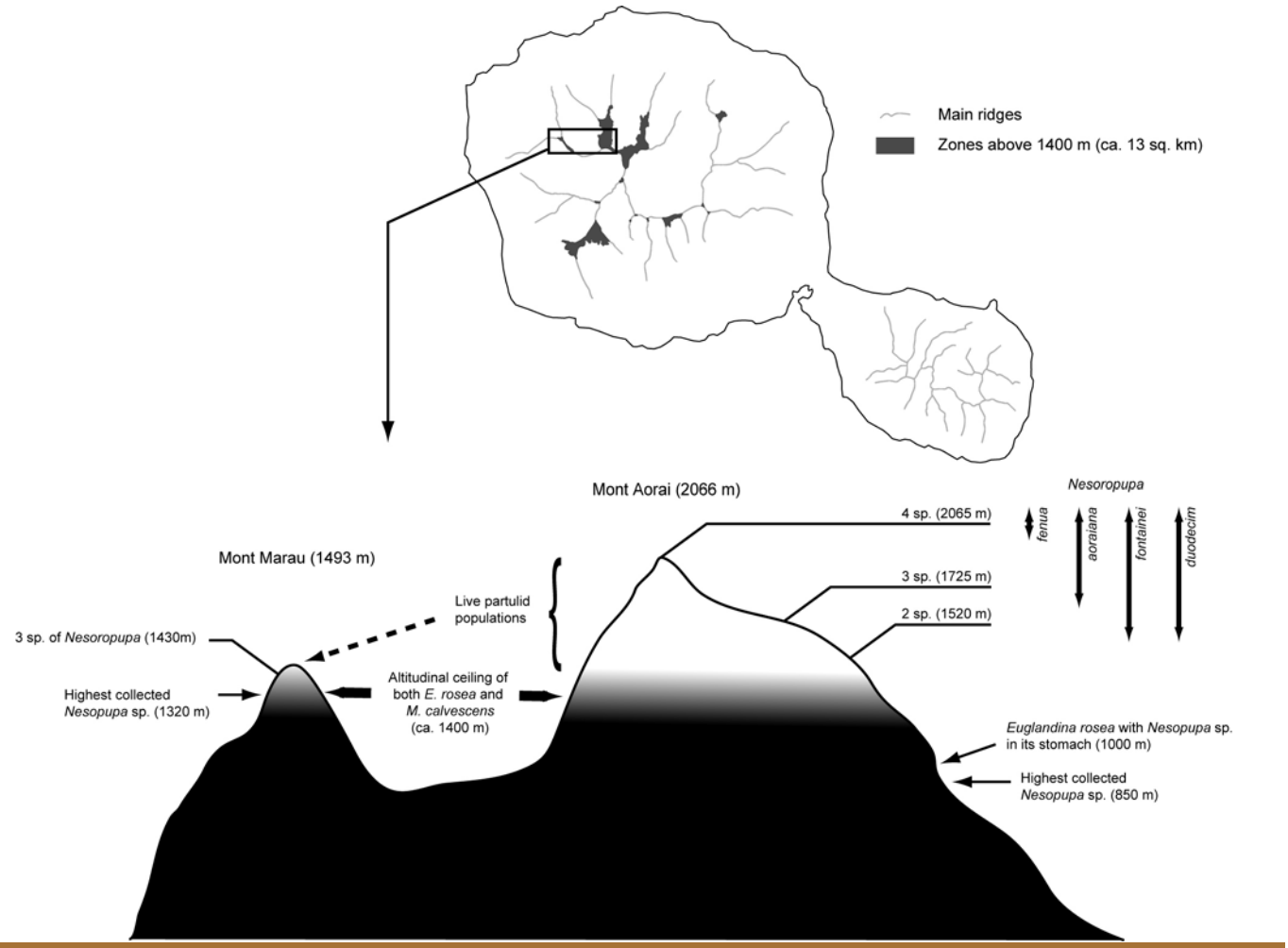


FIGURE 5.4 : Aire de répartition de plusieurs espèces du genre d'escargot endémique *Nesoropupa* au Mont Marau et au Mont Aorai sur l'île de Tahiti. Limite altitudinale supérieure (environ 1400 mètres) des espèces *Euglandina rosea* et Miconia en gris sur la carte du bas (Gargominy 2008).

dernières populations de gastéropodes endémiques. En effet, un déplacement altitudinal des isothermes pourrait restreindre d'avantage l'aire de répartition des escargots endémiques, mais aussi provoquer la migration en altitude des escargots prédateurs (Gargominy 2008).

5.1.3. Ressources côtières

L'ensemble des écosystèmes côtiers, et en particulier ceux de faible altitude, est menacé par une élévation du niveau marin et une intensification des cyclones. Les îles basses coralliennes et les littoraux des îles hautes, de quelques mètres d'altitude seulement, sont les plus vulnérables face à une submersion. D'autre part, une dégradation généralisée des récifs coralliens provoquée par le changement climatique risque d'accroître l'érosion du littoral. En effet, les coraux jouent un rôle majeur de protection des littoraux contre la puissance de la houle.

Plages

Les plages et dunes sont des réservoirs de sable qui se sont formés très lentement au cours des siècles. Ils représentent des habitats spécifiques pour de nombreuses espèces animales et végétales, et notamment pour de nombreuses espèces de tortues marines, qui viennent y déposer leurs œufs. L'élévation du niveau de la mer a déjà causé une érosion marquée des plages à travers le monde. Un modèle très théorique considère qu'une élévation d'un centimètre du niveau marin entraîne en moyenne un retrait d'un mètre des plages dans les terres (cf. figure 5.5) (Bruun 1962). Le niveau marin de Polynésie française a augmenté de 7,5 centimètres depuis 1975 ; selon la théorie de Bruun, les conséquences de cette élévation pour les plages seraient un retrait d'environ 7,5 mètres en moyenne. Malgré l'observation de certains cas d'érosion isolés (cf. figure 5.6), il n'existe pas de données de suivi global des plages à l'échelle de la Polynésie française. De plus, d'autres facteurs,

comme l'anthropisation du trait de côte, peuvent être plus prépondérants que l'élévation du niveau marin dans l'érosion des plages.

Atolls

Les atolls sont constitués d'un anneau de récif et d'îlots coralliens construits sur une couche épaisse de corail mort. Les sols très friables de calcaire détritique de ces îles ne sont pas engloutis par les vagues car l'anneau corallien vivant les protège de l'érosion. Les atolls sont certainement parmi les îles les plus menacées par le changement climatique. La dégradation des coraux par le blanchissement et l'acidification pourrait éliminer la barrière mécanique qui préserve ces îles de la houle. De plus, l'élévation du niveau de la mer risque d'accélérer la dégradation de ces îles. Les atolls ont une altitude moyenne qui n'excède pas plus de 3 ou 4 mètres; ils sont donc particulièrement vulnérables à une élévation temporaire ou permanente du niveau marin. Si l'élévation est progressive, des coraux sains pourraient continuer de croître et éventuellement suivre le niveau de l'eau, mais des coraux dégradés en seraient incapables.

Avec 82 atolls, la Polynésie compte 20 % des atolls mondiaux. Ces îles de basse altitude sont fortement vulnérables aux conséquences du changement climatique. Il n'existe pas de suivi quantifiant avec précision la submersion des littoraux de ces atolls.

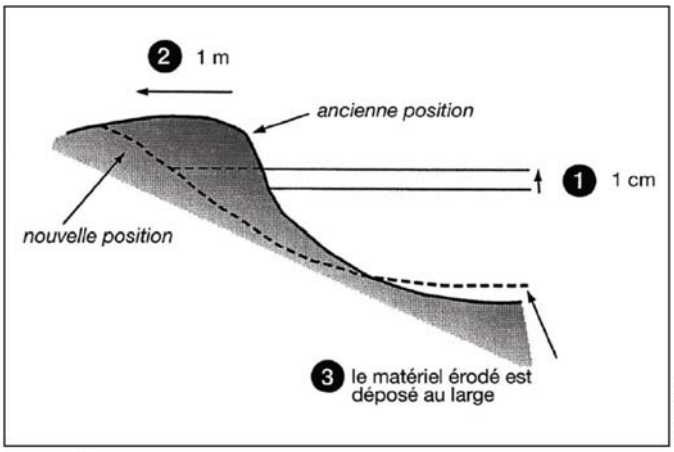


FIGURE 5.5 : Théorie de Bruun, une élévation d'un centimètre du niveau marin entraîne en moyenne un retrait d'un mètre des plages dans les terres (Bruun 1962)

Trait de côte

De manière générale, le trait de côte de Polynésie française pourrait être modifié par les inondations, l'érosion et l'intrusion d'eau salée provoquée par l'élévation du niveau marin. Plusieurs études réalisées dans l'archipel de la société uniquement à des périodes différentes caractérisent la ligne de rivage, avec une différenciation entre les zones naturelles et les zones anthropisées. Certaines d'entre elles intègrent la valeur des surfaces remblayées et érodées (Aubanel et al.,

FIGURE 5.6 : Exemple d'érosion ponctuelle du littoral. Plage devant un hôtel à Haapiti à Moorea dans les années 1980 (photo du haut) et en 2009 (photo du bas).

5

1991 ; Polti, 2001). En revanche, il n'existe pas de suivi de l'évolution globale du trait de côte en Polynésie française.

5.1.4. Ressources en eau

Des études menées depuis le milieu des années 1980 par le Syndicat pour la Promotion des communes de Polynésie française dans les îles Sous-le-Vent, aux Australes, aux Marquises et aux Gambier ont montré que les ressources en eau souterraine sont fragiles, notamment les ressources littorales très vulnérables aux intrusions d'eau salée (Gabrié et al., 2006). L'élévation du niveau marin dûe au changement climatique pourrait augmenter le risque, déjà existant, d'infiltration d'eau salée dans les nappes littorales. De même, un changement du régime des pluies, qui peut se présenter à travers une recrudescence des phénomènes cycloniques et/ou de sécheresse, pourrait également avoir des impacts très importants sur la disponibilité en eau, aussi bien dans les îles hautes que dans les atolls (Jacques Danto, communication personnelle 2009).

5.1.5. Exacerbation des risques naturels existants

La Polynésie française est soumise à de nombreux risques naturels par sa conformation morphologique, sa situation géographique et ses caractéristiques climatiques. Les phénomènes à risques plus communs sont les mouvements de terrain (glissements, éboulements), les inondations, les crues torrentielles, les cyclones, les tsunamis et les submersions marines (marée astronomique, marée de tempête, surcote liée à la houle, inondations liées au tsunami) (Gabrié et al., 2006). Les îles hautes de Polynésie sont régulièrement soumises aux mouvements de terrain, en raison de leurs roches volcaniques friables, de leurs reliefs très escarpés et des pluies tropicales abondantes. De plus, l'action de l'homme peut favoriser les mouvements de terrain, lorsque l'équilibre naturel des pentes est modifié à travers la déforestation, l'extraction de matériaux, et la création de terrasses. Les îles hautes de la Société et des Marquises sont les plus vulnérables aux risques d'inondations et de crues torrentielles (Service de l'urbanisme, 2006).

Le changement climatique, à travers une élévation du niveau marin, une augmentation des précipitations à certaines périodes de l'année et une intensification des phénomènes cycloniques pourrait amplifier la plupart de ces risques naturels.

5.2. Impacts potentiels du changement climatique sur l'économie

Le changement climatique aura certainement des conséquences considérables sur les économies mondiales à travers ses effets physiques directs sur les infrastructures (comme l'intensification des cyclones et l'élévation du niveau marin), mais aussi indirectement, à travers ses impacts sur les ressources naturelles. L'économiste britannique Nicholas Stern, dans son rapport de 2006, a annoncé que si rien n'était fait pour enrayer le changement climatique, les pertes économiques liées à ce fléau seraient équivalentes à un déficit de 5 à 20 % du PIB mondial par an (Stern, 2006).

5.2.1 Tourisme

Le secteur du tourisme est le premier pôle économique de la Polynésie française et représente environ 25% du PIB local (IEOM, 2008). Le tourisme mondial contribue largement au changement climatique, responsable à hauteur de 4 à 6% des émissions de CO_2 globales (UNWTO, 2007), mais il en sera aussi la victime directe. Le changement climatique est susceptible d'influencer directement le choix des destinations ; la Polynésie française pourrait devenir une destination trop chaude dans le cas d'une augmentation significative des températures. D'autre part, le changement climatique, par son impact sur les ressources naturelles des îles de Polynésie, comme les plages ou les récifs coralliens, peut modifier l'attractivité de la région. Enfin, la mobilité touristique pourra être ralentie par des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (Céron 2008). La prise de conscience des émissions de carbone par les déplacements aériens pourrait décourager les touristes européens, américains ou asiatiques de se rendre dans le Pacifique Sud, sauf à compenser les émissions de ces déplacements via des organismes spécialisés. Il n'existe pas de données sur les impacts spécifiques observés ou potentiels du changement climatique sur le tourisme en Polynésie française.

5.2.2 Infrastructures

Dans les différents archipels, l'urbanisation est particulièrement concentrée sur les faibles surfaces de terrains plats, localisés en bordure littorale. Le changement climatique, à travers l'élévation du niveau marin et l'intensification des cyclones, pose des risques concrets sur ces infrastructures et la sécurité de la population concernée. De plus, une intensification des précipitations dans certaines périodes de l'année peut augmenter les risques de glissements de terrain et d'inondations, en

Le changement climatique, par son impact sur les ressources naturelles des îles de Polynésie, comme les plages ou les récifs coralliens, peut modifier l'attractivité de la région

mettent en péril les habitations à risque. Les infrastructures de la Polynésie française ne sont pas toujours adaptées à la menace climatique nouvelle. Les fortes houles créent déjà des dégâts importants sur les installations. A titre d'exemple, en septembre 2005 une houle de sud de 4,5 m a inondé 80 maisons à bora et détruit la plupart des bungalows de l'hôtel Intercontinental au Sud de l'île (cf. figure 5.7). Les mêmes houles se produisent plusieurs fois par an aux Australes sans dégâts car toutes les habitations respectent un retrait de 10 à 30 m depuis le bord de mer (Emmanuel Des Garets, communication personnelle 2009).

Une étude menée récemment a modélisé les conséquences potentielles d'une élévation du niveau marin de 0,88 mètres (correspondant aux estimations pessimistes du GIEC d'ici 2100) sur 4 zones de l'agglomération de Papeete (cf. figure 5.8). Le modèle présenté permet d'identifier et de localiser les zones les plus sensibles à une submersion marine par la montée du niveau statique de l'océan. Cependant le modèle utilise un MNT (Modèle Numérique de Terrain) lissé et ne prend donc pas en compte le bâti et les infrastructures existantes. Ce modèle permet cependant aux gestionnaires politiques et aux personnes chargées de l'urbanisme d'avoir une première idée de la vulnérabilité des zones côtières (Anselme B. et Bessat F., 2008).

5.2.3. Perliculture

En Polynésie française, plus de 5 000 personnes vivent directement de la production et de la vente de la perle noire du Pacifique (IEOM, 2008). Cette culture délicate, produite essentiellement dans les atolls des Tuamotu, a des exigences extrêmement strictes en termes de température et de qualité d'eau. Le changement climatique, à travers une augmentation de la température et de l'acidité de l'océan, pourrait avoir des conséquences graves sur la production perlière. Il pourrait notamment entraîner une recrudescence des blooms algaux entraînant ainsi une anoxie des lagons et la mort des nacres (Cédric Lo, communication personnelle 2009). L'impact spécifique du changement climatique sur la perliculture de Polynésie française est peu connu, mais plusieurs études réalisées dans le Pacifique ont confirmé un effet important de l'élévation des températures de l'eau. Les îles Cook en

FIGURE 5.7 : En septembre 2005 une houle de sud de 4,5 m a inondé 80 maisons à Bora Bora et détruit la plupart des bungalows de l'hôtel Intercontinental au Sud de l'île (photos du Service de l'Urbanisme)

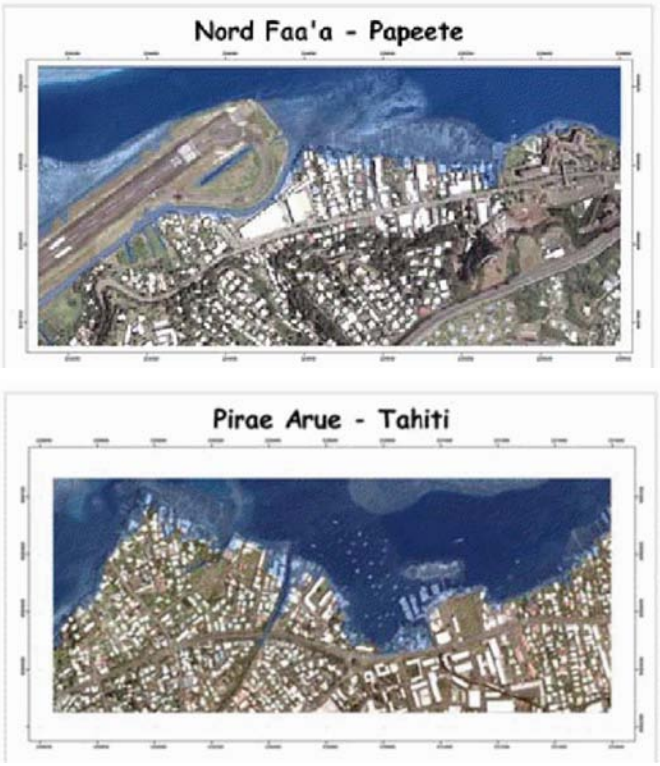


FIGURE 5.8 : Modélisation de la vulnérabilité des zones côtières sujettes à une élévation du niveau marin de 0,88 m à Faa'a, Arue et Pirae, dans l'agglomération de Papeete. Les zones potentiellement submergées apparaissent en bleu clair (Anselme et Bessat, 2008).

Nouvelle-Zélande ont connu en 2000 des conditions de sécheresse exceptionnelles, avec une absence de vent et une importante augmentation de température. Ces conditions ont réduit le niveau d'oxygène des lagons et ont entraîné une recrudescence de maladies touchant les huîtres perlières, provoquant ainsi une mortalité massive de ces huîtres. Les pertes économiques subies dans la région ont été estimées à 22 millions d'Euros (SPC 2002). Les huîtres sont également menacées par l'acidification croissante des océans, causée par l'augmentation de la concentration de CO_2 dans l'eau (Gazeau et al., 2007). L'intensification des phénomènes climatiques extrêmes (cyclones, houle, etc.) pourrait aussi endommager les infrastructures des fermes perlières (Bell et al., 2009).

5.2.4. Agriculture

L'agriculture de Polynésie française pourrait être directement affectée par le changement climatique à travers une modification des cycles des cultures liées aux variations de températures, une augmentation de l'érosion liée à l'intensification des précipitations, une prolifération de pestes animales et végétales exotiques, un changement dans les cycles des nutriments et une diminution des surfaces arables causée par l'élévation du niveau marin. Les cyclones plus intenses pourraient également

5

L'augmentation des températures réduit le niveau d'oxygène des lagons et entraîne une recrudescence de maladies touchant les huîtres perlières

L'augmentation de la température de l'eau de mer pourrait favoriser la diffusion de maladie dans les élevages aquacoles en milieu naturel

engendrer de lourds dégâts matériels pour le secteur agricole. Enfin, les cultures traditionnelles de taro (dont les plantations affleurent la nappe phréatique) pourraient être particulièrement touchées par une élévation du niveau marin et l'intrusion d'eau salée. Il n'existe pas d'étude en Polynésie française analysant les impacts spécifiques du changement climatique sur l'agriculture.

5.2.5. Pêche et aquaculture

Selon un rapport récent de l'ONU, le changement climatique pourrait avoir un impact considérable sur le secteur de la pêche et de l'aquaculture au niveau mondial (UNEP, 2006). Dans les régions tropicales, la dégradation des coraux, qui a des conséquences significatives sur les populations de poissons de récif, pourrait nuire indirectement au secteur de la pêche. De même, l'élévation du niveau de la mer pourrait avoir des conséquences directes et indirectes sur les zones côtières à vocation aquacoles et les installations. L'augmentation de la température de l'eau de mer pourrait favoriser la diffusion de maladie dans les élevages aquacoles en milieu naturel et avoir une influence sur les rendements des élevages (Service de la Pêche, communication personnelle 2009). Cependant, les données sur l'impact spécifique du changement climatique sur le secteur de la pêche et de l'aquaculture en Polynésie française sont encore limitées. Etant donné le rôle important de la pêche lagunaire dans la subsistance en Polynésie française, le changement climatique pourrait avoir un impact direct sur la sécurité alimentaire du pays.

5.2.6. Etude de cas : évaluation économique

L'évaluation économique d'écosystèmes ou de sites touristiques présente un intérêt majeur dans le contexte du changement climatique. Cette méthode permet de connaître avec précision les pertes économiques causées par la dégradation potentielle d'un milieu et les bénéfices engendrés par une mesure possible d'adaptation. Une thèse de doctorat en cours, vise à analyser la méthodologie d'évaluation économique la plus adaptée à la complexité des effets de l'élévation du niveau de la mer sur les littoraux de Polynésie Française (Quinquis, 2009). La méthode préconisée est de s'appuyer sur différents types de scénarii de d'élévation du niveau marin (20cm, 30cm et 50 cm), d'en attribuer les effets sur la surface étudiée et de les chiffrer monétairement. Les travaux de la recherche s'appliquent à trois zones géographiques de de la Polynésie française: 1) l'Ile de Bora Bora, 2) l'agglomération de Papeete, 3) la commune de Fakarava. Des premières estimations des valeurs d'usage des plages et du lagon de la commune de Punaauia, dans l'agglomération de Papeete, ont déjà été présentées (cf. tableau 5.9). Une fois finalisée, l'étude pourra servir de base pour estimer les pertes engendrées par l'élévation du niveau de la mer en Polynésie française.

5.3. Impacts potentiels du changement climatique sur les sociétés

Outre ses impacts sur les milieux naturels et les activités économies, le changement climatique risque également d'avoir des conséquences négatives sur le bien-être des populations humaines. Il pourrait notamment affecter la santé publique et la culture traditionnelle de Polynésie française.

5.3.1 Santé publique

Le changement climatique constitue une menace importante pour la santé humaine. De nombreuses maladies sont sensibles à un changement des températures et des précipitations. Ce sont par exemple des maladies à transmission vectorielle courantes comme le paludisme, la filariose et la dengue, mais aussi d'autres fléaux comme la malnutrition et les maladies diarrhéiques, ou encore la prolifération d'algues toxiques (OMS, 2008).

5

Sites :	Valeur monétaire estimée :
Valeur totale actuelle de la vue sur le lagon	25 190 635 250 CFP
Valeur d'usage du spot de surf de Taapuna	Entre 13 885 300 CFP et 14 979 250 CFP / an
Valeur d'usage de la grande plage de Punaauia	Entre 134 256 276 CFP et 180 337 096 CFP / an
Valeur d'usage du banc de sable de Taapuna	16 072 830 CFP/ an

TABLEAU 5.9 : Estimations préliminaires des valeurs monétaire de sites d'agrément de Punaauia à Tahiti (Pae Tai Pae Uta, 2007)

Maladies à insectes vecteurs

Sous l'influence du changement climatique, l'augmentation des températures et la modification des conditions d'humidité pourraient avoir des effets importants sur les vecteurs de transmission de plusieurs maladies infectieuses, dont la dengue et la filariose. Les maladies à transmission vectorielle sont basées sur une dynamique très complexe impliquant plusieurs composantes : les vecteurs (comme le moustique), le parasite (comme la dengue ou la filariose), l'hôte (l'homme) et les facteurs environnementaux (habitat, pluviométrie, température, humidité, insolation…). Une modification des facteurs environnementaux entraînée par le changement climatique pourrait avoir une influence positive sur les performances de l'insecte vecteur (densité, taux de survie, durée du cycle de vie).

Il existe un lien fort entre les cycles climatiques (et notamment le phénomène ENSO) et l'incidence de dengue ou de filariose dans la région Pacifique (Hales and Weinstein, 1999). De plus la prévalence de la filariose en Polynésie est plus importante dans les régions chaudes comme aux Marquises qu'aux Australes et plus fraiches aux Gambiers (Lardeux and Cheffort, 2001).

Une modification des conditions climatiques pourrait avoir une influence positive sur les insectes vecteurs de maladie humaine

Le changement climatique et l'augmentation des températures qu'il entraine pourraient donc augmenter significativement la présence de ces maladies dans les îles ou la prévalence est encore faible.

Ciguatera

La ciguatera est une intoxication alimentaire courante dans les zones tropicales. Elle est due à l'ingestion de poissons de lagon infectés par des dinoflagellés, micro-algues épiphytes de gazons algaux, de débris coralliens et de macro-algues. Ces dinoflagellés produisent de puissantes neurotoxines, qui s'accumulent chez les animaux marins herbivores et sont ensuite transférées vers les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire par les poissons carnivores (Bagnis, 1992). Les dinoflagellés sont des habitants naturels des récifs coralliens en Polynésie française, mais peuvent devenir un problème lorsque leur densité atteint des niveaux critiques. La ciguatera vient de l'ingestion d'une grande quantité de ces neurotoxines. Elle est souvent appelée la « gratte » car elle provoque d'intenses démangeaisons. Pour l'ensemble de la Polynésie française, cette maladie représente de 800 à 1 000 cas par an (ONERC, 2006). Une mortalité importante des coraux due au blanchissement pourrait favoriser la prévalence de la ciguatera (Kohler 1992, Quod 2000). Les surfaces coralliennes mortes constituent des substrats propices au développement des gazons algaux et donc à la prolifération des épiphytes, comme les dinoflagellés, qui y sont associés. La ciguatera est donc une conséquence indirecte du changement climatique (Mireille Chinin, communication personnelle 2009).

5.3.2. Culture

Les populations rurales de Polynésie française sont encore très proches du milieu naturel, à travers l'agriculture et la pêche de subsistance notamment, mais aussi par le recours à la pharmacopée traditionnelle, par l'art et la spiritualité. A travers la dégradation de la biodiversité, c'est l'identité même du pays qui est touchée. Le changement climatique apportera également une modification des modes de vie des sociétés polynésiennes. Les populations des atolls pourraient un jour

5

être condamnées à quitter leurs îles pour trouver refuge sur une île haute ou un continent, devenant alors parmi les premiers réfugiés climatiques. Une augmentation de la densité de population dans les îles hautes pourrait accentuer la pression foncière déjà forte et avoir un impact sur les personnes les plus vulnérables souvent en situation d'autoconsommation.

A travers la dégradation de la biodiversité, c'est l'identité même du pays qui est touchée par le changement climatique

6 Mesures d'adaptation face au changement climatique entreprises en Polynésie française

6

La Polynésie française présente une vulnérabilité spécifique aux effets du changement climatique qui nécessite des mesures d'adaptation appropriées.

L'adaptation au changement climatique implique des actions visant à minimiser les effets négatifs du réchauffement climatique. C'est un processus en évolution continue, qui demande une approche participative et interdisciplinaire. L'objectif d'une stratégie d'adaptation est de faire face à tous les types de défis posés par le changement climatique de manière globale et surtout cohérente. Cette étude dresse un état des lieux des initiatives d'adaptation qui sont entreprises en Polynésie pour chaque secteur de vulnérabilité identifié dans le chapitre précédent. Bien souvent, les mesures entreprises sont des activités de recherche uniquement. En effet, la science est une première étape de l'adaptation pour fournir à la société les informations et la connaissance qui constituent la base pour tous types de stratégies.

6.1. Réglementation relative à l'adaptation Polynésie française

- Délibération n° 84-37 du 12 avril 1984 ; Délibération n° 92-220 AT du 22 décembre 1992 ; Délibération n° 95-9 AT du 19 janvier 1995 concernant les Plans Généraux d'Aménagement (PGA).

- Délibération n° 92-221 AT du 22 décembre 1992; Délibération n° 95-208 AT du 23 novembre 1995 concernant les Plans de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM).

- Délibération n° 2001-10 de l'Assemblée de Polynésie Française du 1er Février 2001, complétant le livre Ier de la première partie du code de l'aménagement en matière de plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR).

6.2. Initiatives d'adaptation relatives aux milieux naturels et à l'environnement

Différents initiatives, publiques ou privées, ont pour objectif de préparer l'environnement de Polynésie française, c'est-à-dire les milieux naturels, les ressources en eaux et l'aménagement du territoire, face au changement climatique. En raison de l'importance de la conservation de la biodiversité (marine, terrestre, et littorale), et pour garantir une meilleure résilience des écosystèmes aux effets du changement climatique, la Polynésie française s'est dotée d'une « stratégie pour la biodiversité », qui reste cependant à être validée par l'Assemblée de la Polynésie française. La stratégie, issue d'une très large consultation des acteurs concernés, a identifié les priorités d'action suivantes : 1) Gérer les espaces naturels protégés, 2) Protéger les espèces menacées et lutter contre les espèces envahissantes, 3) Mobiliser tous les acteurs, 4) Améliorer la prise en compte par les politiques, 5) Former, informer, éduquer et communiquer, 6) Réglementer, 7) Prendre en compte les traditions et les savoirs culturels et 8) Développer la connaissance scientifique

Plusieurs réseaux de suivi scientifique observent sur le long-terme l'état de santé du corail

(Stratégie pour la Biodiversité de Polynésie française, 2006).

6.2.1. Biodiversité marine

Le corail est une espèce marine particulièrement bien suivie en Polynésie française, en raison de sa richesse biologique et de son importance pour les écosystèmes marins locaux, la culture, le tourisme et donc l'économie du pays. Plusieurs réseaux de suivi observent sur le long-terme l'état de santé du corail, le phénomène de blanchissement dû à un réchauffement des eaux et les autres facteurs climatiques qui ont un impact sur la santé du corail et sur son développement (température et niveau de la mer, acidification de l'océan, phénomènes météorologiques exceptionnels). Ces études sont complémentaires et réalisés par différents acteurs :

Le réseau « Polynesia Mana », géré au sein du CRIOBE à Moorea, et est actif depuis 1993. L'objectif du réseau est d'observer les évolutions des récifs coralliens polynésiens dans le contexte des changements climatiques, avec une attention particulière au corail et aux poissons. A ce jour, 14 îles de Polynésie française, distribuées dans les cinq archipels, font partie du réseau. Les sites de suivi sont localisés sur la pente externe du récif, à 10-15 mètres de profondeur, où le corail est le plus abondant et moins sujet aux impacts des activités humaines qu'à l'intérieur du lagon. Le réseau observe la couverture du corail et le pourcentage de corail vivant (depuis 1993), l'abondance et la taille des poissons (depuis 4 ans) et une série de paramètres physiques: la température de l'eau (depuis 10 ans), la houle, le PH salinisé de l'eau et l'oxygène (depuis environ un an). Les missions de suivi du corail et des poissons sont effectuées tous les deux ans, alors que les données concernant les paramètres physiques sont enregistrées automatiquement toutes les 15 minutes (pour la température

de l'eau toutes les heures). Des rapports sont produits occasionnellement, suivant les financements disponibles, et une base de données est toujours disponible au CRIOBE (Yannick Chancerelle, communication personnelle 2009).

« Reef Check Polynésie » est une association de protection de l'environnement marin dont un des objectifs est de former les habitants à effectuer des observations de terrains pour suivre l'évolution de l'état de santé des récifs coralliens, alliant le suivi à la sensibilisation. Les relevés de terrain où sont inventoriés les différents invertébrés, poissons et substrats sont effectués une fois par an, au même endroit, à la même période, suivant plusieurs années consécutives. Les sites sont choisis à l'intérieur du lagon ou à l'extérieur, sur la pente externe. Les membres de l'association chargés du suivi notent, sur une plaquette sous-marine, les organismes marins et le substrat qu'ils observent le long d'une ligne matérialisée au fond de l'eau, remplissent les fiches de terrain et les envoient à la coordinatrice régionale, qui le vérifie et fait une analyse des résultats (www.ifrecor.pf). En 2008, Reef Check Polynésie a suivi 69 sites (15 récifs frangeants, 24 récifs barrières, 8 pinacles, 22 pentes externes) localisés sur 11 îles dans 3 archipels (Société, Tuamotu, Australes). Les 55 bénévoles de Reef Check Polynésie, qui regroupe, entre autres, des amateurs et des clubs de plongée, sont aussi impliqués dans le suivi et le comptage des acanthasters (Elodie Lagouy, communication personnelle 2009).

Le projet « Moorea Coral Reef Long Term Ecological Research » (MCR LTER) suit le complexe récifal et lagunaire autour de l'ile de Moorea depuis 2004. Ce projet, accueilli par la Station Gump de l'Université de Californie Berkeley à Moorea, est financé par le Gouvernement américain via la National Science Foundation (NSF). MCR LTER est mené par une équipe de scientifiques de l'Université de Californie Santa Barbara et la California State University de Northridge (http://mcr.lternet.edu/). L'objectif initial du projet était de fournir une analyse de long-terme des dynamiques associées au complexe récifal (coraux, poisons, algues, bactéries, etc.) dans un contexte de changements saisonniers du climat. A partir de 2009, l'attention portée aux évolutions des écosystèmes récifales tiendra compte des effets du changement climatique également (température, CO_2, etc.) et du rôle des phénomènes perturbateurs (cyclones, étoiles de mers corallivores) (Peter Edmunds, communication personnelle 2009).

Au delà des réseaux de suivi, le territoire dispose également de plusieurs réserves naturelles marines, nécessaires à la préservation des écosystèmes et à leur meilleure résilience au changement climatique. Les réserves sont les atolls de Scilly et de Bellinghausen et les aires marines protégées des sept atolls de la commune de Fakarava (Aratika, Kauehi, Fakarava, Niau, Raraka, Taiaro, et Toau) aux Tuamotu qui sont aussi des réserves « homme et biosphère » de l'UNESCO, ainsi que les 8 aires marines protégées de l'île de Moorea dans le cadre de leur « Plan de Gestion de l'Espace Maritime » (PGEM) (cf. section 6.2.3) (Meyer, 2007).

Des placettes permanentes au plateau du Temehani à Raiatea permettront de suivre les effets du changement climatique à long-terme

6.2.2. Biodiversité terrestre

La connaissance et le suivi des écosystèmes terrestres représentent un point de départ fondamental pour la conservation de la biodiversité et, sur le long-terme, son adaptation aux effets du changement climatique. Une étude de suivi à long terme de la composition et du fonctionnement de la végétation subalpine de Tahiti est menée par la Délégation à la Recherche de la Polynésie française. Un inventaire de la flore subalpine, prévu tous les 5 à 10 ans, permettra de mesurer avec précision les impacts du changement climatique sur les zones concernées et d'observer les changements d'aire de répartition potentiels des espèces orophiles, les évolutions de leur saisonnalité, les invasions nouvelles d'espèces exotiques, ou même l'extinction totale d'espèces indigènes (Meyer et Taputuarai, 2006). En parallèle, un certain nombre d'espèces végétales de zones de forêts sèches sont régulièrement suivies pour leur phénologie et leur reproduction dans le cadre de plans de conservation menés par la Direction de l'environnement à Tahiti et Moorea. Ces suivis permettront d'apprécier l'évolution de ce milieu marginal qu'est la forêt semi-sèche polynésienne face au changement climatique et d'autres facteurs à déterminer (Butaud, 2008).

Dans le cadre du classement du plateau Temehani 'ute'ute sur l'île de Raiatea en aire protégée, la Direction de l'Environnement a mis en place un inventaire systématique et une cartographie de la flore afin d'avoir un état des lieux détaillés de cette zone notamment face aux problèmes rencontrés (cochon sauvage, plantes envahissantes). Cet inventaire, disposant de placettes cartographiées afin de relever l'abondance des espèces par strate sur une surface donnée, a l'avantage d'être reproductible et de permettre un suivi de la végétation à très long terme. Les premiers relevés ont été menés en 2006. Les placettes permanentes permettront d'appréhender l'effet des mesures

de gestion de 1 à 5 ans après leurs applications et, voire, à très long terme de suivre les effets du changement global du climat également (Jacq F.A. & Butaud J.F., 2006). A l'image du plateau Temehani 'ute'ute, des inventaires systématiques floristiques et phytosociologiques ont également été effectués sur plusieurs grands domaines privés de Polynésie française (Faaroa sur Raiatea, Terre-Déserte Nord et Baie du contrôleur sur Nuku Hiva (Jacq, 2005, Jacq & Butaud, 2008). Des plans de conservation de plantes menacées ont également été mis en place aux Marquises, sur Tahiti - Moorea, et sur les îles de Raiatea et de Taha'a par la Direction de l'Environnement. Dans le but de reproduire ces plantes menacées d'extinction, ces plans permettent également de suivre l'évolution de leurs populations (Fred Jacq, communication personnelle 2009).

Par ailleurs, l'«Ecostation de Moorea», qui unit le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE, EPHE-CNRS) et la station Richard B. Gump South Pacific Research Station (UC Berkeley) en collaboration avec la Polynésie française, a récemment lancé un ambitieux programme d'inventaire biologique appelé le projet «Moorea Biocode». L'objectif du programme est de faire l'inventaire de toutes les espèces animales et végétales, terrestres et marines de l'île de Moorea et de leur attribuer un «code barre» génétique. Le but de ce projet, et de ce type d'«écosystèmes modèles» de manière générale, est de fournir des outils essentiels pour comprendre les processus écologiques fondamentaux des écosystèmes. L'«observatoire génétique» ainsi créé peut permettre aux scientifiques d'analyser les impacts du changement climatique sur les espèces par exemple, à travers notamment l'étude de perte de biodiversité potentielle ou la mesure de la dispersion de maladies infectieuses et des vecteurs qui les transmettent.

Outre le suivi des écosystèmes, les zones de protection sont des outils d'adaptation incontournables pour conserver la biodiversité face aux menaces nouvelles du changement climatique. Seulement, la surface totale des zones terrestres protégées (parc naturel, réserves) ne représente aujourd'hui que 2 % du territoire, et la gestion de ces aires protégées souffre d'un manque de capacités humaines et budgétaires, mais également d'une absence d'évaluation des résultats et de suivi scientifique des méthodes de gestion actuellement appliquées (Meyer, 2007).

6.2.3. Aménagement du territoire

Le Code de l'aménagement de la Polynésie française règle l'utilisation de l'espace du pays. Certaines mesures du code d'aménagement comme le Schéma d'Aménagement Général de la Polynésie (SAGE), le Plan Général d'Aménagement (PGA), et le Plan de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM) offrent des outils appropriés d'adaptation aux effets du changement climatique.

SAGE

Le SAGE est un outil de planification qui fixe les modalités de développement du Pays en matière de développement durable et les articulations des différentes activités entre elles, mais aussi les liaisons entre les différents archipels et espaces géographiques (Eric Déat, communication personnelle 2009).

PGA

Le PGA est un outil de planification qui fixe les règles de construction sur une commune, suivant la planification de la municipalité en matière de développement durable. Le PGA intègre de nombreux facteurs concernant l'environnement et la sécurité tels que la diversité de l'habitat, le paysage, l'assainissement, les risques naturels (inondations, glissements de terrain…), la qualité de l'air, le bruit, les transports urbains et l'occupation des sols. Le territoire des communes est divisé par le PGA en deux zones: les 'zones U' permettent la construction immédiate et les 'zones N' sont destinées à assurer la conservation, la protection ou l'isolement (cf. figure 6.1) (Gabrié et al., 2006). La catégorie N « *Zone de risques ou de nuisances* » protègent certaines zones de l'urbanisation en raison de l'existence de risques naturels (inondation, glissement de terrain, houle...) mais aussi de risques ou de nuisances résultant de l'activité humaine. Cette catégorie couvre notamment les zones potentiellement submergée par une élévation du niveau marin ou menacées par l'intensification des cyclones et des inondations. Le PGA constitue donc un outil intéressant pour l'adaptation au changement climatique. En novembre 2007, 11 PGA avaient été approuvés par le conseil des ministres (à Papara, Moorea, Papeete, Gambier, Punaauia, Tahaa, Paea,

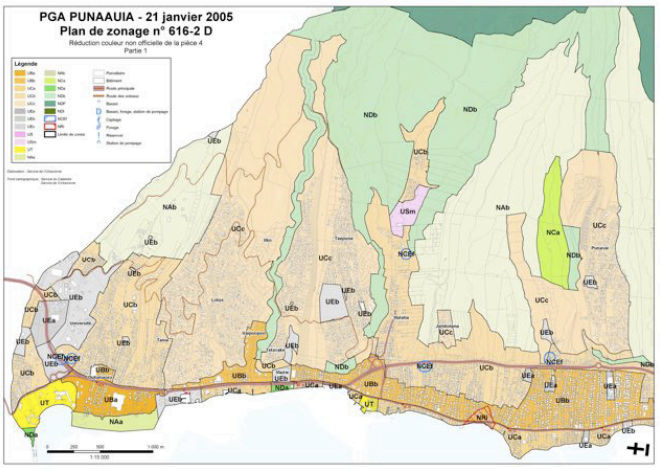


FIGURE 6.1 : PGA de Punaauia (Service de l'Urbanisme, 2005)

6

Maupiti, Ua Pou, Mahina, Fakarava) (Service de l'urbanisme, 2007).

PGEM

Le Plan de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM) est un document juridique qui fixe les règles d'occupation et d'utilisation des espaces maritimes sur une commune, du littoral au récif extérieur jusqu'à 70 m de profondeur (Gabrié et al., 2006). L'objectif d'un PGEM est d'assurer la gestion de l'espace maritime tant au point de vue de l'exploitation des ressources qui s'y rattachent que de celui de la réglementation des activités humaines qui s'y exercent. Ceci comprend donc à la fois : 1) l'utilisation rationnelle et la valorisation des ressources et de l'espace ; 2) La gestion des conflits d'utilisation ; 3) Le contrôle des pollutions et des dégradations du milieu marin ; 4) La protection des écosystèmes marins et des espèces menacées. L'approche du PGEM est basée sur la concertation entre les différents usagers du lagon, dans le respect de la culture locale. Chaque PGEM contient une présentation du milieu étudié, un zonage et une réglementation qui dicte les dispositions concernant l'espace maritime et sa protection, suivant les conditions morphologiques, géographique et économiques du territoire concerné.

Le PGEM est un outil approprié d'adaptation aux effets du changement climatique car il limite considérablement les pressions anthropiques qui pèsent sur les écosystèmes marins et augmente leur résilience face aux agressions nouvelles. A ce jour, seulement deux projets de PGEM ont été validés : celui de Moorea, approuvé en 2004 qui contient 8 Aires Marines Protégées (AMP) et celui de Fakarava approuvé en 2007, où les AMP représentent une superficie de 1099 Km^2 sur l'ensemble des sept atolls de la commune (Agnès Benet, communication personnelle 2009). Le PGEM de Moorea entre dans le cadre de la convention de Ramsar sur les zones humides (depuis 1971) et les récifs coralliens (depuis 2002). Le PGEM et le PGA de la commune de Fakarava sont les outils réglementaires de la Réserve de Biosphère classée par l'UNESCO, programme MAB (Man And Biosphere) depuis 2007. Ces outils de planification et de réglementation, indispensables pour le bon fonctionnement de la réserve, fournissent un guide aux gestionnaires et un outil d'évaluation pour l'espace protégé (Benet, 2006).

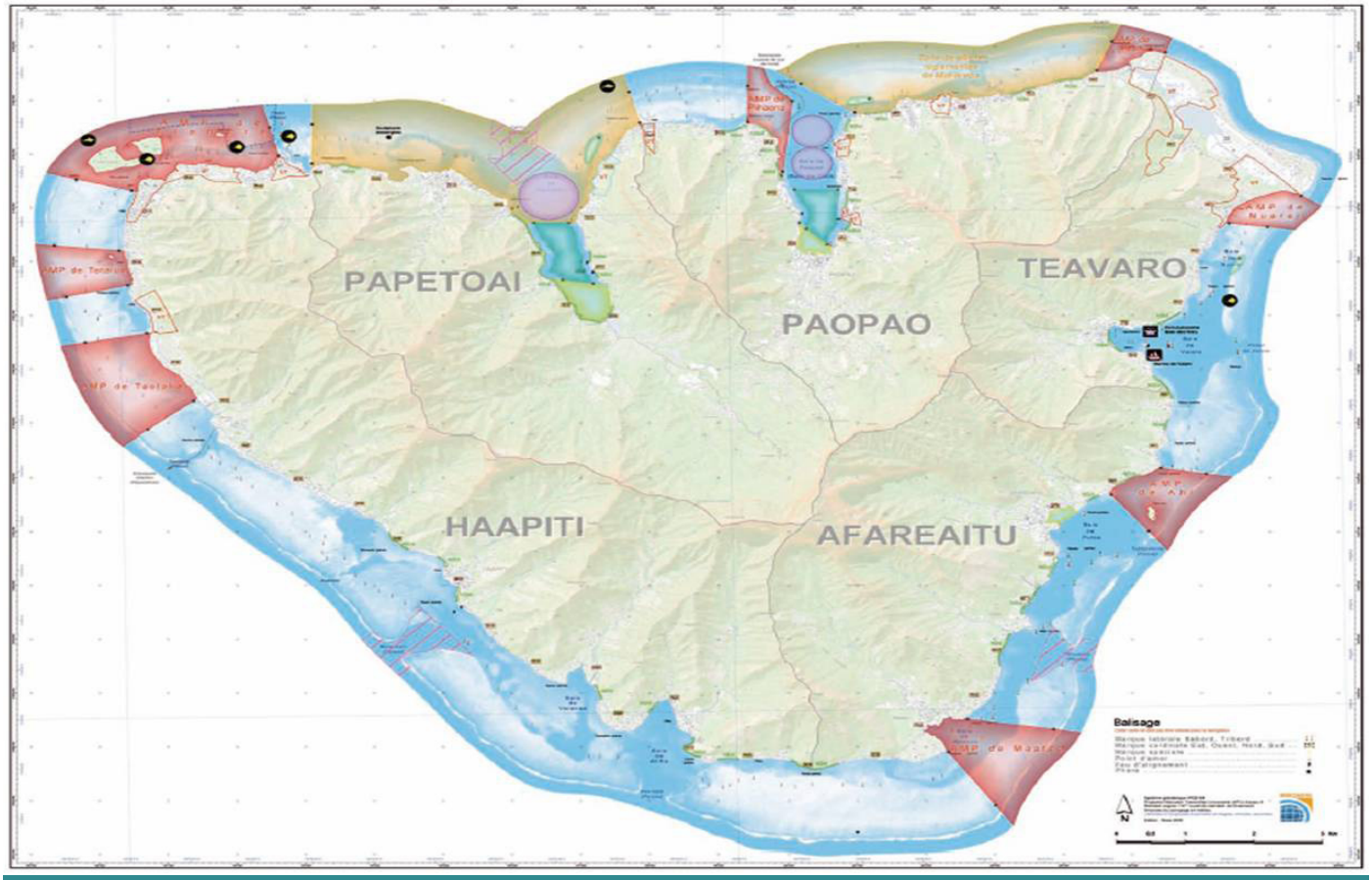


Figure 6.2: PGEM de Moorea (Service de l'Urbanisme, 2004)

6

6.2.4. Ressources côtières

En Polynésie française à ce jour il n'y a pas de suivi de l'évolution du trait de côte et il n'existe pas de mesure visant à lutter de manière écologique et localisée contre l'érosion. Cependant, un projet de suivi de la ligne de rivage a été initié par le service de l'aménagement et de l'urbanisme. De même, l'association Te Mana O Te Moana est en train de mettre en place un réseau de suivi des plages dans le contexte de l'initiative internationale « Sandwatch », dont l'objectif est de suivre et sauvegarder les plages pour favoriser la résilience de ces habitats au changement climatique (http://www.sandwatch.ca/).

Plusieurs initiatives permettent de limiter une érosion de la côte de manière temporaire et localisée : enrochement de bord de mer, murs de protection, ou plantation de haies ou d'arbres le long du trait de côte. Mais, augmenter la hauteur des digues est une solution coûteuse et agressive pour le milieu, qui ne pourra s'imposer que pour des zones densément construites, des ouvrages d'art ou des industries indéplaçables et ces mesures ne pourront pas s'opposer à long terme à une élévation significative du niveau marin.

6.2.5. Ressources en eau

Les ressources en eau en Polynésie française sont généralement peu connues et l'évolution du niveau des nappes littorales ne fait pas l'objet d'un suivi spécifique. Ce manque de connaissance pose un problème de développement à long terme vis-à-vis des questions relatives à la vulnérabilité de ces ressources, très sensibles au climat et à l'élévation du niveau marin.

6.2.6. Risques naturels

Le changement climatique viendra exacerber les risques naturels existants en Polynésie française. Une gestion adaptée des risques doit tenir compte de ces nouvelles contraintes.

Système d'alerte anti-cyclonique

La Polynésie est munie d'un système d'alerte cyclonique. Chaque année, en saison chaude, de novembre à avril, lorsqu'un cyclone ou une dépression tropicale risque de menacer la Polynésie française, Météo France, émet un bulletin spécial à l'attention des autorités de l'Etat. Celles-ci décident alors du niveau d'alerte pour la population et des mesures à prendre en termes de protection civile. L'alerte cyclonique décrétée par le Haut-commissariat compte cinq niveaux, qui correspondent respectivement à « situation de veille» (situation normale), « mise en garde » (risque 2), «alerte orange» (risque 3), alerte rouge (risque 4), et «fin d'alerte». Dès qu'un niveau de risque est décidé sur un archipel de la Polynésie française, les différents services de l'Etat, les mairies et les subdivisions administratives territoriales entrent dans une gestion de crise cyclonique. Cette situation dure jusqu'à ce que Météo France informe que tout danger est écarté, et qu'un communiqué diffusé par les médias annonce la fin d'alerte (www.météofrance.pf).

Plan de Prévention des Risques Naturels

Le Plan de Prévention de Risque Naturel Prévisible (PPR)est un outil incontournable d'adaptation face aux effets du changement climatique en Polynésie française. Le PPR est un document réalisé par le pays réglementant l'utilisation des sols en fonction des risques naturels auxquels ils sont soumis, tels que les tsunamis, les inondations, les mouvements de terrain, les houles cycloniques et les séismes. Cette réglementation s'échelonne de l'interdiction formelle de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions (www.urbanisme.gov.pf).

Le Service de l'Urbanisme tient compte des projections climatiques du GIEC, et surtout des projections d'élévation du niveau de la mer, pour élaborer les cartes de risque du PPR (Emmanuel des Garets, communication personnelle 2009). La cartographie des zones à risque repose généralement sur les conditions climatiques passées et s'appuie sur l'étude des risques, qui se basent sur la confrontation d'un aléa (manifestation d'un phénomène naturel dangereux, caractérisé par sa probabilité d'occurrence et l'intensité de sa manifestation) avec un ou plusieurs enjeux (ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par l'événement). L'élaboration technique des cartes de zonage rentre dans les prérogatives du programme ARAI (Aléas et Risques naturels, Information et Aménagement), développé par le BRGM (Bureau de Recherches géologiques et minières) en collaboration avec le Service de l'Urbanisme (Emmanuel des Garets, communication personnelle 2009).

Les cartes de risque du PPR présentent des zones non colorées et des zones vertes, bleues ou rouges (cf. figure 6.3). Les zones non colorées présentent des aléas nuls à faibles et ne font pas l'objet de recommandations particulières. Les zones vertes sont les zones ou les niveaux d'aléa sont considérés comme faibles à moyens. Elles font l'objet de recommandations notamment en matière de gestion des eaux pluviales. Les zones bleues sont les zones ou les niveaux d'aléa sont considérés comme moyens à forts (mouvements de terrain, inondations, surcotes marines), les vies humaines sont généralement peu menacées. Les mesures réglementaires du PPR limitent dans cette zone le risque aux biens et promeut la sécurité des personnes. Les zones rouges sont les zones ou les niveaux d'aléa sont les plus forts (surcotes marines, mouvements de terrain et inondations), tant pour les personnes que pour les biens. Dans ces zones le principe est donc de ne pas augmenter la population et les biens exposés en limitant au maximum la constructibilité et en prenant des mesures capables d'augmenter la sécurité des personnes déjà présentes (Gabrié et al., 2006).

Les PPR sont indiscutablement des instruments utiles pour s'adapter aux conséquences du changement climatique.

6

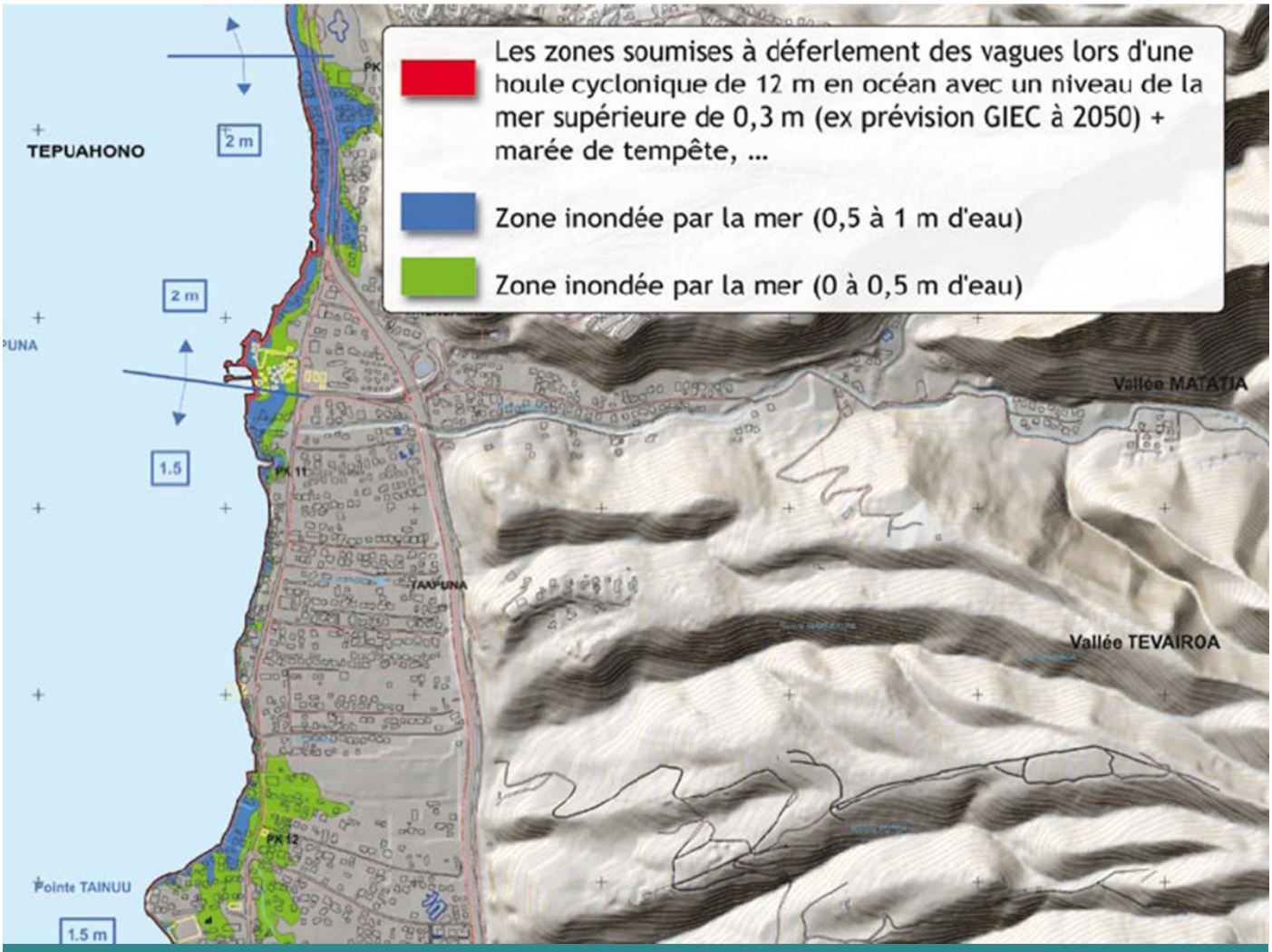


Figure 6.3 : Exemple de cartographie des risques pour un secteur de la commune de Punaauia: Aléa Surcote Marine (Service de l'Urbanisme)

Ils permettent notamment d'imposer un retrait de 10 à 50 mètres depuis le bord de mer pour tous nouveaux projets et recommandent une surélévation des bâtiments par rapport au niveau de l'océan. Ces plans sont pris en compte par l'article D.182-3 du code de l'aménagement qui stipule que tout projet incompatible avec le projet de PPR fait l'objet d'un sursis à statuer. Ils ont été élaborés dans 48 communes de Polynésie française. Toutefois, la longue procédure à travers la quelle ils doivent passer pour être approuvés en Conseil des Ministres limite leur efficacité en laissant des vides réglementaires durables. Bien que les PPR de toutes les Communes (sauf Rapa) aient été prescrits en Conseil des Ministres, aucun des ces documents n'a encore été approuvé.

Par ailleurs, parallèlement au PPR, le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) contribue à la création, à la mise à jour et à la mise à disposition du public et des décideurs, de bases de données et de cartes sur divers phénomènes influencés par le réchauffement climatique, et appelant des mesures d'adaptation : remontées de nappes phréatiques, aléa retrait-gonflement des sols argileux, évolution du trait de côte, ressources en eau (www.brgm.fr).

6.3. Initiatives d'adaptation relatives à l'économie

6.3.1. Tourisme

Aucune mesure d'adaptation spécifiquement liée au secteur du tourisme n'a été, à ce jour, mise en place pour répondre aux effets du changement climatique en Polynésie française. Cependant, l'adaptation au changement climatique de ce secteur passe également par l'adaptation de nombreux autres secteurs, qui sont directement liés au tourisme (les mesures d'adaptation

6

Les infrastructures de Polynésie française doivent tenir compte des nouvelles contraintes entrainées par le changement climatique

liées à la protection de la biodiversité, des ressources côtières et des ressources en eau, les plans de prévention des risques, les mesures concernant la sécurité de l'habitat…).

6.3.2. Habitat et infrastructure

Les PPR représentent un premier outil efficace pour réglementer l'occupation des sols et les constructions en fonction des risques naturels entrainés par le changement climatique (cf. section 6.2.6). Cependant, le design même des maisons doit également tenir compte de ces nouvelles contraintes.

Maisons en kit OPH

Depuis 1982, le Gouvernement promeut la diffusion de maisons en kit solides, résistantes aux cyclones, faciles à assembler et éco-compatibles. La première maison en kit a été dessinée suite aux cyclones qui ont frappés la Polynésie française en 1982 et 1983, comme une solution pour un logement d'urgence. Dix ans plus tard, suite au cyclone William en 1992 qui a encore détruit de nombreuses maisons, le Gouvernement à renouvelé le programme de logement d'urgence avec un nouveau design. Suite à la popularité du produit et au financement facilité, en 1995 les maisons en kit ont commencé à être vendues directement sur le marché comme des logements communautaires abordables et en 1996 une agence publique, l'Office Polynésien de l'Habitat (OPH), a été établi pour gérer ce programme pour les îles du Vent et le FEI, devenu Fonds de Développement des Archipels (FDA) pour le reste du Pays. Depuis 10 ans, l'OPH a construit chaque année en moyenne près de 125 logements en habitat groupé et 300 en habitat dispersé qui logent près de 2 000 familles (OPH, 2009). L'OPH vient de compléter une nouvelle mise au jour de maison en kit en bois bioclimatique qu'il voudrait tester en 2009 avant l'usage généralisé.

6.3.3. Perliculture

Il n'existe pas à ce jour de projet de recherche ciblant directement le suivi des impacts du changement climatique sur la perliculture en Polynésie française. Toutefois, certaines recherches en cours menées par l'Ifremer et par le Service de la Perliculture peuvent apporter des connaissances essentielles pour mieux comprendre les risques induits par le changement global du climat sur ces espèces de première importance économique pour le pays. l'Ifremer travaille sur l'écophysiologie des mollusques (notamment l'huître perlière), des crevettes et des poissons. Ces travaux étudient l'influence de certains paramètres du milieu qui sont directement concernés par le changement climatique (température et PH notamment) sur la biologie des modèles étudiés (croissance, reproduction, état sanitaire...) (Marc Taquet, communication personnelle 2009). Le service de la Perliculture a lancé dans le cadre d'un financement du Fond Européen du Développement un programme de modélisation de l'hydrodynamisme du lagon de l'atoll d'Ahe, corrélé avec des études sur l'écologie des larves d'huîtres perlières et leur nutrition. Si ce type d'étude est poursuivi dans d'autres atolls perlicoles, ces modèles pourront être nourris de manière régulière par les données environnementales relevées dans le milieu, ce qui permettrait de faire un lien direct entre des modifications climatiques et leur répercussion au niveau du lagon et plus particulièrement sur l'huître perlière. La possibilité de comparer différents atolls et îles permettrait également d'avoir une vision globale de l'impact du changement climatique et des différentes réponses en fonction des caractéristiques géomorphologique de chaque atoll (Cédric Lo, communication personnelle 2009).

6.3.4. Agriculture

Malgré sa vulnérabilité, le secteur agricole de Polynésie française ne fait pas l'objet de suivi ou de recherche sur les possibles impacts du changement climatique.

6.3.5. Pêche et aquaculture

Le Service de la pêche a pour projet de mener : 1) des expérimentations sur les valeurs optimales, sub-létales et

létales des paramètres critiques liés aux risques climatiques sur certaines espèces aquacoles ciblées (crevettes, paraha peue et bénitier) ; et 2) une évaluation des zones propices à l'aquaculture en tenant compte des risques liés au changement climatique. Le Service de la Pêche participe aussi à un groupe de travail régional sur les impacts du changement climatique sur les pêcheries du Pacifique, menée par le Secrétariat de la Communauté du Pacifique et par d'autres organismes internationaux, qui suit l'évolution d'une étude en cours sur le même sujet (Stéphen Yen Kai Sun, communication personnelle 2009).

6.4. Initiatives d'adaptation relatives aux sociétés

6.4.1. Santé

L'Institut Louis Malardé (ILM) mène de nombreuses actions qui vont dans les sens de l'adaptation de la santé publique aux effets du changement climatique. Ces actions visent à gérer en particulier les conséquences sanitaires et économiques des intoxications par les toxines ciguatériques, en développant des stratégies d'adaptation et d'atténuation pour les populations quotidiennement exposées à ce risque : 1) Une surveillance épidémiologique des cas d'intoxications par biotoxines marines permet d'identifier les points chauds de la ciguatéra en Polynésie et de surveiller l'émergence de nouvelles formes d'intoxications par biotoxines marines, comme c'est le cas pour les intoxications liées à la consommation de bénitiers ; 2) Des programmes d'évaluation et de gestion du risque ciguatérique dans les lagons de Polynésie ont pour but de fournir une cartographie de la stratification du risque au sein de chaque lagon concerné, et si possible, d'identifier les espèces pisciaires à fort risque de ciguatéra à des fins de prévention ; 3) Des programmes d'éducation et de communication sont réalisés à l'issue de chacune des campagnes d'évaluation et de gestion du risque ciguatérique, une mission de restitution des résultats d'analyses est programmée afin de présenter et expliquer ces résultats aux responsables municipaux, au personnel de santé et la population locale des îles concernées (Mireille Chinain, communication personnelle 2009).

Par ailleurs, la Polynésie française fait partie du Réseau Océanien de Surveillance de la Santé Publique (ROSSP), un groupement volontaire de pays et d'organisations qui se consacre à la promotion de la surveillance de la santé publique et s'efforce de répondre efficacement aux problèmes de santé qui se posent dans la région. Une des initiatives du ROSSP est le PacNet, une liste de discussion ouverte aux experts et aux professionnels de la santé publique. Cette liste permet une échange d'informations concernant les maladies infectieuses à risque d'explosion qui sont présentes ou qui menacent les îles du Pacifique est représente donc un système de première alerte sanitaire. La liste 'PacNet-restricted' permet aux Départements et/ou aux Services Publics de Santé Publique de faire circuler des informations sur les explosions qui ne sont encore pas officielles, afin de fournir un début potentiel d'alerte en temps opportun (http://www.spc.int/phs/ROSSP/Structure/Adhesion.htm).

6.4.2. Culture

Le réchauffement climatique, bien qu'il pose des défis à la survie de certains traits de la culture traditionnelle, offre également l'opportunité d'utiliser les connaissances traditionnelles et l'expérience des changements environnementaux passés pour améliorer la capacité adaptive d'un pays aux effets du changement climatique et sa résilience (IPCC, 2007). L'importance de reconnaitre la culture et le pratiques traditionnelles et autochtones dans le développement de stratégies de lutte contre le changement climatique a été récemment réaffirmée, à l'occasion du Sommet Global des Peuples Indigènes sur le Changement Climatique qui s'est tenu en avril 2009 à Anchorage (Alaska, Etats Unis), auquel la Polynésie a été représentée le Sénateur Ariihau Tuheiava ainsi que dans la «Déclaration des Peuples Indigènes sur le Changement Climatique», qui a été rédigée au terme du Sommet et qui sera soumise à l'adoption de l'Assemblée Générale des Nations Unies qui se tiendra à Copenhague en décembre 2009. En Polynésie française, le riche réseau d'associations culturelles existant pourrait jouer un rôle important dans l'élaboration d'une stratégie d'adaptation au changement climatique pour le pays, en raison du bassin de connaissance traditionnelle qu'elles représentent et promeuvent. A titre d'exemple, l'Association To'u Fenua procède actuellement à la mise en place d'activités pratiques visant à la réappropriation des valeurs ancestrales et millénaires de la culture polynésienne, notamment liés à la culture et à l'environnement, en les adaptant à la réalité d'aujourd'hui (Yves Doudoute, communication personnelle 2009). L'Association Te Pu Atiti'a, le Parc Patrimonial de Akatehau aux Marquises, l'Association Haururu e l'Association Faafaite Te Ao Maohi et beaucoup d'autres associations faisant partie de l'alliance No to'u fenua travaillent également sur la promotion des valeurs liées à la culture et à l'environnement de Polynésie et pourraient contribuer à la reconnaissance des cultures traditionnelles dans l'élaboration de stratégies d'adaptation contre le changement climatique.

7 Initiatives de renforcement des capacités et de sensibilisation face aux effects du changement climatique en Polynésie française

7

Pour s'adapter efficacement aux effets du changement climatique, la Polynésie française a besoin d'un renforcement de capacités, tant au plan politique, qu'institutionnel et que scientifique, qui passera aussi par une sensibilisation de la population.

7.1. Renforcement des capacités

Pour promouvoir une concertation locale sur le thème du changement climatique et le partage des connaissances disponibles, le Ministère de l'Environnement de Polynésie française a constitué en avril 2009, en partenariat avec la station Gump (Université de Californie Berkeley à Moorea), un organe de concertation local appelé « Réseau Changement Climatique Polynésie ». Ce réseau a pour vocation de constituer une plate-forme pérenne de concertation locale afin de faire émerger la reconnaissance de la vulnérabilité spécifique de la Polynésie française au niveau local, régional et international, et faciliter l'adoption d'une stratégie concertée du Pays face au changement climatique. La première réunion du « Réseau Changement Climatique Polynésie » a eu lieu le 7 avril 2009. Environ 70 acteurs locaux issus du gouvernement, des services publics, des centres de recherche, d'associations et du secteur privé y ont assisté et ont présenté leurs activités liées au changement climatique (cf. figure 7.1). Ce réseau a également été sollicité pour participer à l'élaboration du présent rapport d' « état des lieux sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française » en y apportant ses contributions et assurant sa relecture. Le réseau a choisi de se réunir à l'avenir dans le cadre de quatre commissions pour définir les objectifs des travaux futurs : 1) la commission « recherche sur le climat, les écosystèmes et les sociétés », 2) la commission « atténuation du changement climatique », 3) la commission « adaptation au changement climatique », et 4) la commission « sensibilisation, éducation, et communication ».

Par ailleurs, dans le but d'inclure le volet «changement climatique» dans les priorités du prochain plan d'action UNESCO pour le Pacifique 2010-2015, un atelier régional de renforcement des capacités financé par le fond du patrimoine mondial UNESCO se tiendra pour les Pays du Pacifique du 2 au 7 novembre 2009 à Maupiti, en Polynésie française (Sénateur Richard Ariihau Tuheiava, communication personnelle 2009).

FIGURE 7.1 : Le Réseau Changement Climatique Polynésie constitue une plateforme pérenne de concertation locale sur cet enjeu (Commission « recherche » du 11 juin 2009)

7.2. Sensibilisation au changement climatique

La sensibilisation de la population et des instances publiques au changement climatique est un axe stratégique primordial pour favoriser l'atténuation, c'est-à-dire la diminution des émissions de GES, ou l'adaptation face à ses effets. Différentes actions et initiatives de sensibilisation sont d'ores et déjà réalisées par plusieurs organismes et associations en Polynésie française.

7.2.1. Sensibilisation à l'atténuation et à la maîtrise de l'énergie

La maîtrise de l'énergie est la méthode la plus rapide et la moins coûteuse pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Dans ce sens, le Ministère de l'Environnement a produit un guide appelé « Etes-vous éco-responsables au bureau ? Guide des gestes simples et utiles à faire tous les jours » (Ministère de l'Environnement, 2007). Le guide vise à promouvoir le concept d'éco-responsabilité au bureau, c'est à dire l'engagement des administrations et des entreprises à limiter les impacts environnementaux dans leur fonctionnement interne: déplacements, consommation d'énergie (électricité, climatisation…), consommation de biens (papier, eau…). De même, le Service de l'énergie et des mines a récemment édité un petit guide montrant la consommation énergétique des différents équipements des foyers polynésiens et présentant les gestes permettant d'économiser l'électricité au sein de son habitation (Service de l'énergie, 2009). Le Ministère du Tourisme et le GIE Tahiti Tourisme ont produit une brochure de sensibilisation intitulée « Guide du touriste éco-responsable », qui donne aux touristes 15 conseils simples pour préserver l'environnement et pour atténuer l'impact de leurs activités sur l'émissions de gaz à effet de serre (Ministère du tourisme, 2009). Plusieurs d'entre eux concernent la maîtrise de l'énergie : utiliser modérément la climatisation, surveiller la consommation électrique, préférer le vélo à la voiture, compenser le carbone émis par le voyage. La brochure conseille également de participer au suivi des effets du réchauffement à travers Reef Check Polynésie. Enfin, l'EDT a publié en 2008 une série de 6 brochures avec des conseils pratiques pour économiser l'énergie avec une attention particulière sur l'utilisation et l'achat responsable des appareils électriques, de l'éclairage et de la climatisation (EDT, 2008) (cf. figure 7.2).

Par ailleurs, en 2005 la Polynésie française s'est engagée dans le Défi pour la Terre, une initiative de sensibilisation lancée par la Fondation Nicolas Hulot et l'ADEME qui vise à engager le public pour protéger la planète au travers de gestes simples du quotidien. Pour l'occasion, une carte d'engagement avec des gestes propres à la Polynésie (climatisation, protection du lagon…) a été imprimée à 10 000 exemplaires afin d'être distribuée sur Tahiti et ses îles. Depuis, plus de 15000 polynésiens se sont engagées dans cette action (Sylvie Deschamps, communication personnelle 2009). Le Défi pour la Terre intervient en sensibilisation de terrain en milieu scolaires en organisant la projection du film pédagogique « La Planète Brûle », en animant des ateliers –débats sur l'adoption

7

FIGURE 7.2 : Exemple de brochure de sensibilisation à la maîtrise d'énergie réalisé par l'EDT

des gestes éco citoyens, distribue dans les écoles des kits de sensibilisation sur le développement durable adaptés à la Polynésie, promue des formations sur le développement durable pour les instituteurs. Des kits d'affiches pédagogiques de La Terre Vue du Ciel de Yann Arthus Bertrand sont remis aux établissements scolaires et sont également présentées au grand public dans le cadre d'expositions itinérantes. Le Défi pour la Terre intervient aussi auprès des entreprises qui le sollicitent, afin de provoquer une prise de conscience éco-citoyenne des employés. Concernant la sensibilisation spécifique au réchauffement climatique, le Défi pour la Terre organise des concours de dessin et de chanson, des journées de l'environnement et promeut l'installation de chauffe-eaux solaires, la création de composte et le tri sélectif en milieu scolaire. Un travail de sensibilisation auprès des communes et des élus avec des outils adaptés est programmé pour 2010 (Sylvie Deschamps, communication personnelle 2009).

L'association 2D attitude est en train de lancer un sondage public sur les habitudes de la population polynésienne en ce qui concerne la consommation énergétique et les transports. Dans le cadre du sondage, 600 particuliers et 200 entreprises seront interviewées et les données récoltées seront ensuite traitées, analysées et divulguées. L'association a également initié un « Agenda 21 » de développement durable au sein du Lycée La Mennais de Papeete, à travers une série d'actions en faveur de la maîtrise de la climatisation, du covoiturage et de la récupération des eaux de pluie. L'Agenda 21 sera intégré dans le projet d'établissement à la rentrée 2009. L'association travaille également sur les sujets des taxes, des quotas, des bilans et de la compensation carbone pour une présentation publique en août 2009 (Mizäel Faucon, communication personnelle 2009).

L'association Te Pu Atitia à Moorea, qui a pour vocation de transmettre le savoir traditionnel aux générations nouvelles, organise régulièrement des journées de sensibilisation sur la recherche scientifique et le développement durable à la station Gump et organise notamment, des journées à thème sur le changement climatique et sur la maîtrise de l'énergie en partenariat avec le projet Moorea Biocode. Cinq classes de différentes écoles de Tahiti, pour un total de 120 élèves, ont déjà participé à ces évènements.

7.2.2. Sensibilisation à l'adaptation

La sensibilisation à l'adaptation aux effets du changement climatique est souvent négligée, alors qu'elle reste une mesure primordiale pour se préparer à la nouvelle donne climatique. Le Ministère de l'Environnement, en collaboration avec la Direction de l'Environnement, a récemment organisé la première « Semaine de l'Eau et des Changements Climatiques », pendant laquelle plusieurs activités de sensibilisation (stands d'expositions, animations pour enfants et adultes, projections et débats) ont été proposées. Dans ce cadre, l'association Te Mana o Te Moana a projeté un documentaire de sensibilisation sur l'impact de l'élévation du niveau marin sur les atolls de Tuvalu et la station Gump a réalisé une conférence sur les impacts spécifiques du changement climatique sur les écosystèmes de Polynésie française (Petit, 2009). De même, une initiative parlementaire du mois de mai 2009 a pour but d'organiser un programme de sensibilisation des communes de Polynésie française aux enjeux du changement climatique en rapport avec l'architecture insulaire et notamment les infrastructures municipales. Le Syndicat pour la Promotion des Communes (SPC) ainsi que le Ministère de l'Environnement, de même que le Chef de la Subdivision d'Etat pour les Tuamotu-Gambiers ont déjà été approchés et le projet est à ce jour en phase d'enquête de faisabilité (Sénateur Richard Ariihau Tuheiava, communication personnelle 2009).

Dans le cadre d'un large projet financé par l'IFRECOR dénommé « Sensibilisation de la population au changement climatique », l'association Te mana o Te Moana, a réalisé en 2009 de nombreuses activités de sensibilisation : 1) une étude d'impact de la montée des eaux sur les sites des pontes des tortues marines ; 2) la création et l'impression d'une banderole de sensibilisation au changement climatique a destination du grand public, de posters format A2 à destination des scolaires (cf. figure 7.3) et d'un jeu éducatif ; 3) la mise en place d'une opération multi supports d'éducation aux changements climatiques en partenariat avec l'association Alofa Tuvalu « A l'eau la terre », 4) la traduction en tahitien, la mise en page et l'impression à 1000 exemplaires de la bande dessinée « A l'eau, la Terre ». L'association prévoit aussi de lancer un projet de recherche sur l'impact du changement climatique sur les

7

FIGURE 7.3 : Poster de sensibilisation sur l'impact du changement climatique sur les tortues (Te Mana o Te Moana, 2009)

sites de pontes des tortues marines sur les atolls de Tetiaroa et de Fakarava, avec notamment un suivi des variations de la température du sable sur les sites de nidification (Elena Gorchakova, communication personnelle 2009).

L'association Proscience Te Turu'Ihi, dans le cadre des 17 éditions de la Fête de la Science qu'elle organise depuis 1992, contribue à la sensibilisation du grand public en général, et des scolaires en particulier, à plusieurs thèmes de réflexion placés aujourd'hui sous le label du changement climatique, à travers notamment : des expositions thématiques, projections audiovisuelles, conférences-débats, rencontres population-chercheurs-enseignants-ingénieurs-techniciens, actions interactives, travaux pratiques, concours proposés aux enfants, visites de sites archéologiques et organisation de journées portes ouvertes dans des centres de recherche, laboratoires et entreprises. Les domaines traités lors des diverses éditions passées de la FDS (Fête de la Science) en lien avec le changement climatique ont concerné : l'eau comme support vital, ses cycle et assainissement en milieu insulaire, les moyens de sa gestion de la source à la consommation ; les problèmes liés à l'environnement à mieux prendre en compte dans une perspective de développement durable (communication(s) , transports, ressources terrestres et marines, énergies renouvelables, biodiversité, lutte contre les espèces envahissantes, surveillance des récifs coralliens) ; le rôle des satellites artificiels pour l'étude de la Terre, de l'effet de serre, du phénomène El Niño, les prévisions météorologiques, la gestion de la circulation aérienne et les risques naturels (Raymond Bagnis, communication personnelle 2009).

Enfin, l'association 2D attitude assure et présente un suivi des initiatives et des promoteurs générant un développement durable sur son site Internet depuis 2005 (www.2dattitude.org).

8 Possibilités de financement et contraintes

8

La mise en œuvre de mesures d'atténuation et d'adaptation face au changement climatique en Polynésie française demande des investissements lourds, et donc des ressources financières et techniques importantes.

A ce jour, il est peu probable que le pays puisse assumer seul ces investissements. La Polynésie française nécessite donc, à court et moyen terme, de se tourner vers des partenaires nationaux, européens, régionaux et internationaux, aussi bien publics que privés, pour recevoir une assistance nécessaire, mais aussi justifiée, en raison de sa vulnérabilité spécifique face au changement climatique et de sa responsabilité limitée.

8.1 Secteur public

Taxe carbone

La taxe sur les émissions de carbone ou taxe carbone, également appelée contribution climat-énergie, est une proposition de taxe (de type TVA) sur certains produits (comme les hydrocarbures et l'électricité dans un premier temps), avec un taux variable qui dépendrait principalement, voire exclusivement, de la quantité de CO_2 émise pour produire le bien taxé. Les gains de cet impôt seraient utilisés pour développer des énergies propres, ou ils seraient redistribués aux ménages les plus vertueux en matière de dépense d'énergie. L'objectif de cette taxe serait d'augmenter progressivement le coût de la consommation d'hydrocarbures (transport, climatisation, électricité, transport des biens importés…) avec l'idée d'inciter les consommateurs à réduire leurs émissions grâce au prix. La proposition d'une taxe carbone a été régulièrement reprise en France, et a été remise à l'ordre du jour par son inscription dans le Grenelle de l'Environnement. Une commission a été créée en juillet 2009 pour étudier la faisabilité de cette taxe sur la base d'un livre blanc. La Polynésie française dispose d'une compétence en matière fiscale et douanière, et pourrait être en mesure de mettre en place taxe carbone à l'échelle du pays.

Financements nationaux

En France, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEEDDAT) est en charge de l'élaboration des Communications Nationales Françaises sur le Changement Climatique et de l'élaboration des Stratégies d'Adaptation produites dans le cadre de la CCNUCC. Il possède des ressources financières et techniques pour réaliser ces études qu'il devrait être en mesure de redistribuer à la Polynésie pour lui permettre de produire de tels documents à son échelle. Des cofinancements de type temps/expert pourrait être envisagés, pour pouvoir profiter de l'expertise des acteurs impliqués dans l'élaboration des stratégies d'action en France sans devoir payer leur salaire. Toutefois, au sein du MEEDDAT, l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) confirme que, à ce jour, il n'existe pas de ligne de crédits pour financer des stratégies d'adaptation dans l'outre mer (Marc Gillet, communication personnelle 2009).

L'Agence Française du Développement (AFD), représentée en Polynésie française ne mène pas, pour le moment, d'actions ou de projets liés au changement climatique. Cependant, l'agence se dit intéressée par un dialogue avec le Ministère de l'Environnement de Polynésie française et n'exclut pas la possibilité de cofinancer des initiatives locale relatives au changement climatique dans un avenir proche. De la même façon, au Royaume Uni, c'est l'agence homologue à l'AFD française, le Department for International Development (DFID), qui est chargé de financer des projets de renforcement de capacités pour la préparation des stratégies d'adaptation au changement climatique dans les entités d'outre-mer des Caraïbes (Iles Cayman, Iles Turks et Caicos, Montserrat, Iles Vierges Britanniques et Anguilla) (DFID, 2009).

Financement européens

Dans le cadre du dixième Fond Européen de Développement (FED) destiné à la Polynésie (environ 2.4 milliards de F CFP, 20 millions d'euros pour la période 2008-2013), le secteur de concentration désigné par le pays sera très probablement la gestion intégrée de la ressource en eau. Toutefois, l'enveloppe régionale commune aux quatre PTOM du Pacifique sera dédiée à la gestion intégrée de l'environnement, qui pourrait comprendre la lutte contre le changement climatique (Vaia Tuuhia, communication personnelle 2009).

L'Union européenne a créé en 2007 une alliance mondiale avec les pays en développement les plus exposés au changement climatique, afin de les aider à se préparer à faire face à ce défi. En se focalisant sur les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement, cette alliance offre un soutien technique et financier à des mesures d'adaptation et à l'intégration du changement climatique dans les stratégies de développement. Les PTOM, dont fait partie la Polynésie, ne peuvent pas faire partie de cette alliance ni bénéficier de son appui, n'ayant pas pris part au dialogue et n'étant pas reconnus pour leur vulnérabilité dans les textes de références des parties prenantes (Vaia Tuuhia, communication personnelle 2009).

Cependant, certains programmes européens, ouverts aux PTOM, pourraient permettre d'accéder à des fonds pour le changement climatique, dès lors que les projets proposés concordent avec les stratégies des programmes tels que le programme cadre pour la recherche, le programme énergie intelligente ou le programme pour l'environnement ENRTP (Gestion Environnementale et Durable des Ressources Naturelles dont l'Energie) (Vaia Tuuhia, communication personnelle 2009).

Organismes internationaux

Pour la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, les pays non-annexe I sont des pays en voie de développement qui n'ont pas signé la convention mais qui peuvent bénéficier d'une aide technique et financière conséquente pour le développement de stratégies de lutte face au changement climatique. Dans ce cadre, les Communications Nationales, des initiatives de renforcements de capacités ou encore les travaux en vue de la préparation des Stratégies d'Adaptation au changement climatique de pays insulaires tels que Fiji, les Iles Cook, les Iles Salomon, Tonga, Tuvalu, Vanuatu, qui partagent la plupart des vulnérabilités de la

8

Polynésie, ont été financé par deux canaux : 1) Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et le Programme des Nations Unies pour l´Environnement (PNUE) à travers le Fond Mondial pour l´Environnement (Global Environment Facility, GEF) ou 2) Le Programme d'Assistance au Changement Climatique pour les Iles du Pacifique (Pacific Islands Climate Change Assistance Programme, PICCAP), un projet coordonné et exécuté par le Programme régional océanien de l'environnement (PROE), qui est financé par le Fond Mondial pour l´Environnement.

Selon la CCNUCC, la Polynésie française, en raison de son statut politique de Pays d'Outre Mer français et par le fait qu'elle ne rentre pas dans la liste officielle des pays en voie de développement rédigée par l'OCDE, est considérée comme faisant partie des « Pays Annexe I », c'est-à-dire les pays développés et signataires de la CCNUCC (à travers la France) (Dominique Revet, communication personnelle 2009). Pour cette raison, malgré sa forte vulnérabilité, le pays ne peut pas accéder aux fonds des Nations Unies, du GEF et du PICCAP, exclusivement destinés au pays indépendants et en voie de développement.

Mécanismes du Protocole de Kyoto

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, il existe différents mécanismes intéressants pour financer le développement des énergies propres, notamment les Mécanismes de développement propre (MDP) et les Mises en Œuvre Conjointes (MOC). A travers les MDP, les pays en voie de développement peuvent bénéficier de projets d'installation de technologies vertes financés par les pays développés signataires du Protocole, qui compensent ainsi leurs émissions pour se conformer à leurs engagements. Pour les Mises en Œuvre Conjointe, le principe est le même, mais entre deux pays développés signataires. Encore une fois la Polynésie ne peut pas être bénéficiaire direct de ce type de financement, étant donné qu'elle n'est pas signataire du protocole de Kyoto et, en ce qui concerne les MDP, qu'elle n'est pas non plus un pays en voie de développement. Cependant, la possibilité pour la Polynésie française de rejoindre le Protocol de Kyoto (et le régime international qui lui fera suite) reste une alternative. Certains PTOM de l'Union Européenne ont déjà rejoint le Protocole de Kyoto à travers leur Etats de tutelle, comme les Iles Cayman, les Malouines (Falklands), l'Ile de Sainte Hélène ou encore le Groenland, et pourraient fournir un exemple à la Polynésie française (Vaia Tuuhia, communication personnelle 2009).

8.2 Secteur privé

Crédits carbone

Les « crédits carbones » peuvent représenter une source de financement intéressante pour développer des projets d'énergie verte en Polynésie, même en dehors des mécanismes prévus par le Protocole de Kyoto. Plusieurs organismes, fondations, ONG et sociétés privés offrent maintenant la possibilité aux entreprises privées, aux collectivités territoriales, ou même aux particuliers, de compenser monétairement les émissions de CO_2 en finançant des projets de développement d'énergie verte ou des programmes de stockage de carbone pour réduire les émissions globales. Le protocole de Kyoto réglemente les « crédits carbones », à travers notamment les MDP ou les MOC, mais étant donné la difficulté pour faire valider de tels projets et la lenteur administrative de ces procédés, de plus en plus d'entreprises décident d'avoir recours à des associations ou des fondations pour compenser leurs émissions. Ces parties publient avec transparence l'utilisation des fonds alloués et calculent les quantités d'émissions épargnées ou de carbone stocké, conformément à la méthodologie proposée par le protocole de Kyoto, mais sans que ces crédits ne soient officiellement certifiés comme MDP. Il existe même maintenant des outils de certification hors Kyoto pour accréditer les différentes associations ou fondations de compensation.

Les émissions de carbone liées au transport aérien en départ et à destination de la Polynésie française ou engendrées par la climatisation des hôtels sont considérables. Et leur compensation monétaire pourrait être un outil intéressant pour promouvoir des activités visant à atténuer le changement climatique dans le pays. La décision de compenser ses émissions de carbone reste aujourd'hui sur base volontaire, mais il est très probable que, dans un avenir proche, et notamment dans le cadre du Protocole de Kyoto ou des accords post 2012 qui le prolongeront, ces types de compensation deviennent obligatoires, notamment pour les transports aériens et les gros émetteurs. Il n'existe pas à ce jour de fondations locales qui compense les émissions de CO_2 émises. De même, il n'est pas proposé de compensation volontaire pour les vols internationaux ou locaux ; les passagers qui souhaitent compenser leur vol, doivent donc avoir recours à des fondations hors frontières. Pourtant, les compagnies aériennes locales doivent se préparer à ces mécanismes de compensation, et s'organiser avant qu'ils ne deviennent obligatoires. Il serait dommage que les compensations du carbone émis localement financent des projets en dehors des frontières. De plus, la Polynésie française pourrait profiter de son attrait international, et du stéréotype des « îles paradisiaques » dans l'inconscient collectif, pour « vendre » facilement des crédits carbones aux gros émetteurs internationaux.

La France, via L'ADEME, a développé un outil de quantification appelé « bilan carbone » qui vise à sensibiliser l'ensemble des acteurs économiques. Toute entreprise, activité administrative ou associative peut légitimement s'intéresser aux émissions qu'elle génère et ainsi connaître sa pression globale sur le climat, ses marges de manœuvre à court et long terme, et son exposition au risque d'un renchérissement du prix des combustibles fossiles (www.ademe.fr). Les entreprises peuvent aussi décider de compenser leurs émissions sur une base volontaire. L'outil de « bilan carbone » devrait être développé et utilisé localement en formant des prestataires locaux à cette méthode. L'association 2D attitude a proposé une adaptation aux conditions polynésiennes de l'outil Bilan carbone soutenu

par l'ADEME, l'association Avenir Climatique, et l'INSA de Lyon (2D attitude, 2009).

Recherche et développement

A travers sa taille réduite et son indépendance énergétique obligatoire, la Polynésie française constitue un « laboratoire naturel et sociétal » idéal pour élaborer et tester des technologies innovantes à relativement petite échelle, pour ensuite les transférer à des régions plus grandes ayant des systèmes énergétiques plus complexes. Dans le contexte du changement climatique global, et en cohérence avec les engagements de réduction des émissions des différents pays, les entreprises privées polynésiennes, nationales ou internationales, seront de plus en plus amenées à financer des travaux de recherche et de développement de technologies nouvelles pour favoriser le développement de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables. La Polynésie française se présente comme un terrain idéal pour expérimenter ces technologies vertes de pointe. Et le savoir-faire développé localement pourra profiter directement au développement énergétique du pays. La Polynésie française devrait donc promouvoir au maximum son statut de « laboratoire énergétique international» et faciliter l'installation d'entreprises innovantes au sein du pays.

8.3. Conclusion

Ainsi, par son statut ambivalent de collectivité d'outre-mer, la Polynésie française passe à travers les principaux modes de financement existants pour lutter contre le changement climatique. N'étant pas un pays souverain, elle ne peut pas disposer des fonds du PNUD ou du fond mondial pour l'environnement ; ne faisant pas entièrement partie de l'Union Européenne, elle ne peut pas profiter de certains fonds et lignes budgétaires de l'Union ; et n'étant pas non plus signataire direct du protocole de Kyoto, elle ne profite pas des MDP ou des MOC. Cependant, la France n'a pas non plus de ligne budgétaire spécifique pour la lutte contre le changement climatique dans ses collectivités d'outre-mer, bien que la vulnérabilité y soit la plus forte. Cet écueil regrettable devrait être corrigé et l'Etat français devrait être en mesure de faire face à ses responsabilités. D'autre part, la Polynésie française devrait engager des négociations, en partenariat avec les autres collectivités d'outre-mer, pour devenir signataire direct du protocole de Kyoto ou des accords post-2012 qui en découleront. Cela permettrait au pays de mettre en évidence ses vulnérabilités spécifiques, de peser dans le débat international et de faire valoir ses droits. Par ailleurs, des possibilités de financement potentielles devraient être explorées, par l'intermédiaire de l'AFD et le secteur privé, à travers notamment les crédits carbone et la recherche et développement.

Conclusion

Cet état des lieux fournit un premier tour d'horizon sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française. Il offre une synthèse exhaustive et partagée des données existantes et des initiatives entreprises en lien avec cette thématique. Il identifie également les manques de connaissances et les lacunes qui pourraient être comblées. Ses principales conclusions sont les suivantes :

Des exemples significatifs de changement climatique ont déjà été observés en Polynésie française (augmentation de la température, élévation du niveau marin) et les projections du GIEC pour le siècle à venir sont inquiétantes (modification des précipitations, intensification des cyclones, acidification de l'océan…). Cependant, les modélisations du GIEC sont effectuées pour la large zone du Pacifique Sud et il n'existe pas de données de projections spécifiques et consensuelles pour la Polynésie française. Une descente d'échelle semble nécessaire.

Un premier inventaire des gaz à effet de serre émis par la Polynésie française a été présenté dans ce document. Il montre que les émissions du pays sont plutôt modérées comparativement à celle des pays développés. Cependant, cet inventaire ne comprend pas les émissions « cachées » (dégagées par les transports internationaux, et l'importation de produits manufacturés à l'étranger) qui pourraient augmenter considérablement les chiffres avancés. De plus, cet inventaire est encore très approximatif en raison des données limitées et mériterait d'être affiné.

La Polynésie française présente un potentiel d'énergies renouvelables important mais leur développement reste très limité. La maîtrise d'énergie pourrait également être considérablement améliorée, notamment par l'exemplarité du secteur public. Certaines initiatives du secteur privé (comme le SWAC) sont très avancées, mais il n'existe pas encore d'effort collectif, d'objectifs de réduction d'émissions clairs et quantifiés du pays, et de plan d'action concret et partagé par la société civile.

En raison de sa situation géographique et de ses spécificités environnementales, économiques et sociales, la Polynésie française est particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique. Blanchissement des coraux, impacts des cyclones et de l'élévation du niveau marin sur les écosystèmes et les infrastructures, menaces pour le tourisme, émergences d'espèces envahissantes nouvelles et de maladies potentielles …, le changement climatique apparaît comme une menace sérieuse pour l'environnement et l'économie du pays. Cependant, les données d'observation et de prévisions restent encore limitées.

Les initiatives concrètes d'adaptation face aux effets du changement climatique sont extrêmement restreintes. Les plans d'aménagement du territoire comme le PGA, le PGEM ou les PPR offrent des outils appropriés pour se préparer aux nouvelles contraintes, mais leur champ d'action reste parfois limité. Et il n'existe que très peu d'autres actions concrètes, publiques ou privées, pour initier l'adaptation des écosystèmes, des économies et des sociétés à la nouvelle donne climatique. La recherche se présente comme une première étape pour fournir des orientations raisonnées aux décideurs lors de l'élaboration de stratégie d'adaptation.

Enfin, la sensibilisation de la population apparait certainement comme une mesure prioritaire pour atténuer le changement climatique et se préparer à ses conséquences. Elle passe nécessairement par le réseau d'associations locales qui œuvre déjà dans ces sens, mais aussi par la prise en compte de cette thématique dans le système éducatif et l'exemplarité du secteur public.

Outre la réalisation d'une synthèse partagée sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française, ce projet d'état des lieux a aussi permis d'initier une dynamique collective locale sur cette problématique à travers la création du « réseau changement climatique Polynésie » et ses quatre commissions de travail. Cette plateforme permet un partage des connaissances et une concertation des acteurs. A travers ces échanges, la société civile pourra participer aux choix importants que le pays sera amené à prendre et orienter les financements, les recherches ou les projets. L'apport de connaissance que constitue cet état des lieux, et les recommandations du réseau permettront au gouvernement, soutenu par la société civile, de prendre des objectifs de réduction d'émission ambitieux et d'élaborer des stratégies d'adaptation novatrices et raisonnées, pour que la vulnérabilité spécifique de la Polynésie française face au changement climatique devienne une force et un moteur d'innovation.

Bibliographie

- 2D attitude, 2008, Energies renouvelables: quelles perspectives pour Tahiti?, Disponible en ligne: http://www.2dattitude.org/dossiers/energie/72-energies-renouvelables-quelles-perspectives-pour-tahiti
- Adger W.N. & Vincent K., 2005, Uncertainty in adaptive capacity, C. R. Geoscience 337 (2005) 399–410.
- Adger W.N., Brooks N., Bentham G., Agnew M., Eriksen S., 2004, New indicators of vulnerability and adaptive capacity, Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 7.
- Aligizaki K., Nikolaidis G., Fraga S., 2008, Is gambierdiscus expanding to new areas?, IOC Newsletter 2008.
- Allenbach M., Mangeas M., Lille D., Toureivane, 2006, Vision océanienne et gestion intégrée du domaine littoral face au réchauffement climatique. Enjeux, risques et conséquences socio-économiques, Rapport de point d'étape de la recherche dans la Pacifique sud.
- Anselme B. & Bessat F., 2008, Proceedings of the conference 'Solutions to coastal disasters', American Society of Civil Engineers, pp. 38-49.
- Anselme B. & Bessat F., 2003, L'élévation du niveau de la mer et ses conséquences sur le littoral de l'agglomération de Papeete (Polynésie française), UMR 8586, CNRS Paris 1, Paris IV, Paris 7, EPHE, Version corrigée février 2007.
- Anselme B., Bessat F., Decoudras P., 2006, Impact du réchauffement climatique sur les petites îles du Pacifique, modélisation et perception du risque : application au littoral de l'agglomération de Papeete, Polynésie française, Présentation au Ministère du Développement Durable, 16 juin 2006.
- Assemblée de Polynésie française, 2009, Base de données des textes juridiques de l'assemblée Polynésie française, Disponible en ligne: http://www.assemblee.pf/textes/textes.aspx?categorieId=art&themeId=NULL
- Assemblée de Polynésie française, 2008, Code de l'aménagement de la Polynésie française, Disponible en ligne: http://www.assemblee.pf/textes/textes.aspx?categorieId=del&themeId=URAT&rubriqueId=CDA
- Assemblée de Polynésie française, 2006, Code l'environnement de la Polynésie française, Disponible en ligne: http://www.environnement.gov.pf/UserFiles/Code%20Environnement(3).pdf
- Aubanel A., Marquet N., Colombani J.M., Salvat B, 1999, Modifications of shore line in the Society Islands (French Polynesia), Ocean Coast Manage 42:419-438.
- Aubanel A., Bonvallot J., Loubersac L., 1991, Evolution du trait de côte du littoral corallien d'une île tropicale en voie de développement (Moorea, Polynésie française), Colloque sur "Le littoral, ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation", 1991, Union des Océanographes de France, Société d'Ecologie, Nantes, 4 p.
- Bagnis R., 1992, La ciguatera dans les îles de Polynésie française : des coraux, des poissons et des hommes, Bull. Soc. Path. Exot. 85:412-414.
- Baldassari-Bernard A. & Danloue P., 2003, L'eau en Polynésie française: l'eau et la santé, le cycle de l'eau, les ressources en eau, Disponible en ligne: http://www.cesc.pf/Rap129.pdf
- Behrenfeld M. J., 2006, Phytoplancton absorbs less CO2, Nature 444: 752.
- Bell J., Batty M., Ganachaud A., Gehrke P., Hobday A., Hoegh-Guldberg O., Johnson J., Le Borgne R., Lehodey P., Lough J., Pickering T., Pratchett M., Sheaves M., Wayc M., 2009, Preliminary Assessment of the Effects of Climate Change on Fisheries and Aquaculture in the Pacific, En cours de publication dans: 'The Contribution of Fisheries to the Economies of Pacific Island Countries and Territories'. Pacific Studies Series (Asian Development Bank, AusAID, FFA, SPC, World Bank).
- Benet A., 2009, Changement Climatique et récifs coralliens en Polynésie française: état des lieux et perspectives 2050-2100. Rapport final, Service de l'Urbanisme, Gouvernement de la Polynésie française.
- Benet A., 2006, Plan de Gestion de l'Espace Maritime (P.G.E.M) des atolls de la commune de Fakarava, archipel des Tuamotu, Polynésie française. Rapport final, Service de la Pêche,. 41p + annexes.
- Benet A., 2006, Plan Général d'Aménagement (P.G.A) des atolls de la commune de Fakarava, archipel des Tuamotu, Polynésie française. Rapport final, Service de l'Urbanisme, Gouvernement de la Polynésie

française. 38p + annexes.
- Berthold P., Møller A.P. Fiedler W., 2004, Preface in: Møller A., Berthold P. & Fiedler W. 2004, Birds and climate change, pp. vii, Advances in Ecological Research 35, Elsevier Academic Press.
- Bessat F., Anselme B, Decoudras P., 2006, Impact du réchauffement climatique sur les petites îles du Pacifique, modélisation et perception du risque : application au littoral de l'agglomération de Papeete (Polynésie française), Rapport Ministère de l'outre-mer, 2006. 40 p.

- Blanchard P., 2008, Réduire la dépendance énergétique de la Polynésie française: plus de réalisme, plus d'ambition dans l'action pour les énergies renouvelables. Esquisses et libres propos pour l'action, Disponible en ligne: http://www.upf.pf/IMG/pdf/Ener-Renouv-Conf-UPF-17-11-08_pb.pdf

- Bon O., 2005, L'insoutenable développement urbain de l'île de Tahiti : politique du « tout automobile » et congestion des déplacements urbains, Les Cahiers d'Outre-Mer, 230 Avril-Juin 2005, disponible en ligne: http://com.revues.org/index433.html

- Bouni C. & Laurens Y., 1993, Conséquences de l'élévation du niveau de la mer : étude de vulnérabilité d'une île polynésienne, Rapport organisation et environnement pour DRAEI et Ministère de l'environnement.

- Brander K., 2006, Assessment of possible impacts of climate change on fisheries, WBGU, Disponible en ligne : http://www.wbgu.de/wbgu_sn2006_ex02.pdf

- Bruslé J., 1997, Ciguatera fish poisoning – a review. Sanitary and economic aspects, Les éditions INSERM, Paris, France, 147 pp.

- BRGM, 2007, Aléa Risque Aménagement et information, Journées Bilan 21 - 22 mail 2007.

- BRGM, 2005, Bilan des connaissances sur les surcotes marines en Polynésie. Rapport final, BRGM/RP-55038-FR , Février 2005.
- Bruun P., 1962, Sea-Level Rise as a Cause of Shore Erosion, Journal of the Waterways and Harbors Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 117-130.
- Butaud J.F., 2009, Flora of the Tuamotu atolls and it sensitivity to sea-level rise, 11th Pacific Science Inter-congress, 02-06 March 2009, Papeete, French Polynesia.

- Butaud J.F., 2008, Plans de conservation des espèces végétales protégées de Tahiti et Moorea. Plan d'action détaillé, Publication de la Direction de l'Environnement, Polynésie française.

- Butaud J.F., Gérard J., Guibal D., 2008, Guide des arbres de Polynésie française. Bois et utilisations, Coll. Nature et environnement d'Océanie, Ed. Au vent des îles, Tahiti, 2008.

- CCNUCC, 2006, Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques de l'Union des Comores (PANA), Disponible en ligne: www.unfccc.org

- CCNUCC, 1999, Communication nationale sur le changement climatique du Cap Vert, Disponible en ligne: www.unfccc.org

- Céron J.P. & Dubois G., 2008, Changement climatique et tourisme : répondre à un enjeu global, IDDRI.

- Chape S., 2006, Review of environmental issues in the Pacific region and the role of the Pacific Regional Environment Programme (PREP), Workshop and symposium on 'Collaboration for sustainable development of the Pacific Islands: towards effective e-learning systems on environment', 27-28 February 2006, Okinawa, Japan.

- Chinain et al., 1999, Seasonal abundance and toxicity of the dinoflagellate Gambierdiscus spp. (Dinophyceae), the causative agent of ciguatera in Tahiti, French Polynesia, Marine Biology, 135:259-267.

- Chinain M., Darius H.T., Ung A., Tchou Fouc M., Revel T., Cruchet P., Pauillac S., Laurent D., 2009, Ciguatera risk management in French Polynesia: the case study of Raivavae Island (Australes Archipelago), Toxicon (soumis).

- Church J.A., White N.J., Hunter J.R., 2006, Sea-level rise at tropical Pacific and Indian Ocean islands, Global and Planetary Change 53 (3): 155-168.

- Cibois A., Thibault J.C., Pasquet E., 2009, Influence of sea-level variations on an endemic landbird of the Tuamotu (French Polynesia), 11th Pacific Science Inter-congress, 02-06 March 2009, Papeete, French Polynesia.

- CITEPA, 2009, Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention Cadre des

Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), Disponible en ligne: http://www.citepa.org/publications/Inventaires.htm

- Clouard V. & Bonneville A., 2004, Importance of submarine landslides in French Polynesia, R. Hekinian Eds., Oceanic Hot Spots, Springer Verlag, p. 209 – 238.
- Créocéan, 2005, Conséquences de l'élévation du niveau de la mer sur l'atoll de Rangiroa, Rapport Ministère de l'environnement, Polynésie française.
- Davies N., 2008, Moorea ecostation – a model ecosystem for conservation science, IUCN Newsletter June 2008.
- EDT, 2008, Série de brochures de sensibilisation à la maitrise de l'énergie, Disponible en ligne : http://www.tahitipresse.pf/wp-content/uploads/2008/10/101420082100376010772162924.pdf
- EDT, 2008, L'énergie électrique dans les archipels de Polynésie française. Enjeux et options de développement (2009-2020), Présentation Power Point.
- EDT, 2008, Schéma Directeur Tahiti (2009-2020), Présentation Power Point.
- FAO, 2009, Changement climatique, pêches et aquaculture, FAO, Comité des Pêches, XXVIII Session.
- Fiji Ministry of Tourism, 2006, Adaptation to climate change in the tourism sector in the Fiji Islands, Fiji Ministry of Tourism, summary report of the initial stakeholder workshop.
- Finet et al., 2001, Tendances des extrêmes climatiques en Polynésie française (précipitations et températures).
- Fish et al., 2005, Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat, Conservation Biology 19(2): 482-491.
- Fourdrigniez M. & Meyer J.Y., 2008, Liste et caractéristiques des plantes introduites naturalisées et envahissantes en Polynésie française. Contribution à la Biodiversité de Polynésie française N°17, Délégation à la Recherche, Papeete, 62 pages+ annexe.
- Fourdrigniez M., Meyer J.Y., Taputuarai R., 2007, Les effet du réchauffement climatique à Tahiti : notre végétation va t'elle disparaître ?, Présentation Power Point pour la « Fête de la Science », 4-13 octobre 2007, Papeete et Taravao.
- Fourdrigniez M., Meyer, J.Y., Taputuarai R., 2007, Etude de la végétation subalpine des hauts sommets de Tahiti : composition, et structure des communautés, dominance et fréquence des espèces, phénologie des bio-indicateurs, Délégation à la Recherche, Papeete, 13 p.
- Gabrié C., You H., Farget P., 2006, Etat de l'environnement en Polynésie française 2006, Publication du Ministère du développement et de l'environnement de Polynésie française, 368 pp.
- Gargominy O., 2008, Beyond the alien invasion: a recently discovered radiation of nesopupinae (gastropoda:pulmonata:vertiginidae) from the summits of Tahiti (Society Islands, French Polynesia), Journal of conchology (2008), Vol.39, No.5.
- Gargominy O., 2003, Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer, Comité française pour l'UICN, pp. 237.
- Gazeau F., Quiblier C., Jansen J.M., Gattuso J.P., Middelburg J.J., Heip C.H.R., 2007, Impact of elevated carbon dioxide on shellfish calcification, Geophysical Research Letters.
- Geelen J.M. & Leuven R.S., 1986, Impact of acidification on phytoplankton and zooplankton communities, CMLS 42: 486-494.
- GIEC, 1996, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Disponible en ligne: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html
- GIEC, 2007, Quatrième rapport d'évaluation. Bilan 2007 des changements climatiques, Disponible en ligne: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- GIEC, 2008, Le Changement Climatique et l'Eau, Document technique VI du GIEC.
- Godley B.J., Broderick A.C., Glen F., Hays G.C., 2002, Temperature dependent sex determination of

Ascension Island green turtles, Marine ecology 226: 115-124.

- Gouvernement de la Polynésie française, Haut Commissariat de la République en Polynésie française, 2009, Etats généraux de l'Outre-mer en Polynésie française – document de données essentielles, Publication du Gouvernement de la Polynésie française et de l'Haut Commissariat de la République en Polynésie française.

- Guitard A., 2008, Navettes maritimes et terrestres à Tahiti. Un dossier, Présentation Power Point.

- Gyampoh B.A., Amisah S., Idinoba M., Nkem J., 2009, Utiliser le savoir traditionnel pour s'adapter aux changements climatiques dans le Ghana rural, Unasylva 231/232, Vol. 60, 2009.

- Hales et al., 1999, Ciguatera (fish poisoning), El Niño, and Pacific sea surface temperatures, Ecosys. Health 5: 20-25.

- Halloy S.R.P. & Mark A.F., 2003, Climate-change effects on alpine plant biodiversity: a New Zealand perspective on quantifying the threat, Arctic, Antarctic and Alpine Research 35: 248-254.
- Hoegh-Guldberg O., 2005, Low coral cover in a high-CO2 world, Journal of Geophysical Research 110.
- Hugony S., 2008, Durées de retour et records de précipitation sur la Polynésie française, Rapport d'études.

- IFRECOR, 2009, Fiches d'enquête TIT Changement Climatique.

- IFREMER, 2008, Les énergies renouvelables marines: synthèse d'une étude prospective à l'horizon 2030, Disponible en ligne: http://www.ifremer.fr/francais/produits/editions/index.htm

- IEOM, 2008 , La Polynésie française en 2007: Rapport Annuel, Disponible en ligne: http://www.ieom.fr/upload/RA2007_POLYNESIE.pdf

- ISPF, 2009, La Polynésie par chiffres, Disponible en ligne:

  http://www.ispf.pf/ISPF/Chiffres/bref.aspx

- ISPF, 2009, Projections de population pour la Polynésie française à l'horizon 2027, Points forts de la Polynésie française, N° 3/2009.
- IUCN, 2006, Grimsditch G. D. & Salm R.V., Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching, IUCN, Gland, Switzerland, 52pp.
- Jacq F.A., 2005, Proposition d'aménagement du domaine forestier de Faaroa sur 10 ans, île de Raiatea. Rapport synthétique, SDR-FOGER - Biodiversita, Polynésie française, 54 p.

- Jacq F.A. & Butaud J.F., 2008a, Proposition d'aménagement de la partie nord du domaine de Terre-Déserte sis sur la commune de Nuku Hiva. Rapport synthétique, Service du Développement Rural, 67 p.

- Jacq F.A. & Butaud J.F, 2008b, Proposition d'aménagement du domaine Bambridge (Baie du Contrôleur), sis sur la commune de Nuku Hiva. Rapport synthétique, Service du Développement Rural, 61p. + annexe.

- Jacq F.A. & Butaud J.F., 2006, Inventaire, cartographie de la flore et proposition d'actions conservatoires du domaine du plateau Te Mehani 'ute'ute - Raiatea. Rapport final, Direction de l'environnement, Polynésie française + annexes.

- Jacq F.A., Butaud J.F., Barbut J., Faulquier L., Fontaine B., Gargominy O., Gouni A., Huguet A., Lacoste D., 2008, Etudes préliminaires au classement du Massif du Marau. Inventaire et cartographie de la flore et de la faune, proposition d'un plan d'actions conservatoires (Commune de Faa'a, Tahiti). Deuxième rapport intermédiaire. Direction de l'Environnement, Polynésie française, 85 p. + annexes.

- Kleypas et al., 1999, Geochemical consequences of increased atmospheric carbon dioxide on coral reefs, Science 284: 118-120.

- Kohler S.T. & Kohler C.C., 1992, Dead bleached coral provides new surfaces for dinoflagellates implicated in ciguatera fish poisoning, Environmental Biology of Fishes 35(4): 413-416.

- Lal M., 2004, Climate change and small island developing countries of the South Pacific, Fijian Studies, 2(1), 1–15.

- Laurent V., 2009, Histoire des cyclones en Polynésie-française de 1878 à 2007, 11th Pacific Science Inter-congress, 02-06 March 2009, Papeete, French Polynesia.

- Laurent V., Maamaatuaiahutapu K., Maiau J., Varney P., 2004, Atlas climatologique de Polynésie française, Météo France, book, 201p.

- Laurent V., 2000, Etude des différents modes de variabilité des précipitations en Polynésie française, ENM.
- Lehane L. & Lewis R.J., 2000, Ciguatera: recent advances but the risk remains, Int. J. Food Microbiol., 61: 91-125.
- Lehikoinen E., Sparks T., Žalakevicius M., 2004, Arrival and departure dates in: Møller, A., Berthold, P. & Fiedler, W (Eds), Advances in Ecological Research: Birds and Climate Change, pp. 1-31, Elsevier Academic Press.
- LEXPOL, 2009, Le service public de la diffusion du droit en Polynésie française, Disponible en ligne: http://www.lexpol.pf
- Lovich J.E., 1996, Possible demographic and ecologic consequences of sex ratio manipulation in turtles, Cheloniana Conservation and Biology 2 : 114-117.
- Maitrepierre L., 2006, Impact du réchauffement global en Nouvelle Calédonie, Météo France, 17pp.
- Marland G., Boden T.A., Andres R.J., 2005, Global, regional, and national CO2 emission estimates from fossil fuel burning, cement production, and gas flaring, CDIAC 1751-2002 (NDP-030).
- Météo France, 1995, Surcotes liées au passage d'un cyclone en Polynésie française, Rapport final.
- Météo France, 2005, Changements climatiques Outre-mer, projet GICC/IMREX. Disponible en ligne: http://imfrex.mediasfrance.org/IMFREXChangements_climatiques_OutreMer.pdf%3Bjsessionid=6DA943C2E6CD19BDAC043387F3DA0ADE
- Meyer J.Y., 2007, Conservation des forêts naturelles et gestion des aires protégées en Polynésie française, Bois et forêts des tropiques 291(1).
- Meyer J.Y. & Florence J., 1996, Tahiti's native flora endangered by the invasion of Miconia calvescens DC. (Melastomataceae), «Journal of Biogeography 23(6)».
- Meyer J.Y. & Taputuarai R., 2006, Impacts du changement climatique sur la biodiversité terrestre de Polynésie française: la végétation et la flore de la zone subalpine des hauts sommets de Tahiti comme modèle d'étude, Point d'étape sur la recherche française dans le Pacifique, Université de Polynésie française, 9-12 octobre 2006 (Poster).
- Meyer J.Y. & Salvat B., 2008, French Polynesia, biology & biodiversity, Encyclopedia of Islands, University of California.
- Meyer J.Y., Thibault J.C., Butaud J.F., Coote T., Florence J., 2005, Sites de conservation importants et prioritaires en Polynésie française. Contribution à la biodiversité de Polynésie française N°13. Sites naturels d'Intérêt ecologique V, Délégation à la Recherche, Papeete, 35 pages.
- Ministère de l'écologie et du développement durable de la République française, 2006, Quatrième communication nationale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), Disponible en ligne:

  http://www.effet-deserre.gouv.fr/images/documents/4e%20com.pdf
- Ministère des Grands Travaux, de l'Energie et des Mines, du Port Autonome de Papeete et de l'Aéroport de Faaa de Polynésie française, 2009, Programmation pluriannuelle des investissements de production électrique, 2009-2020, Tahiti, Documentation du Ministère des Grands Travaux, de l'Energie et des Mines, du Port Autonome de Papeete et de l'Aéroport de Faaa.
- Ministère du développement et de l'environnement de Polynésie française, 2009, Le kit du développement durable, Disponible en ligne: C:\Users\utente\Documents\Climate Change\Thèmes\Kit du développement durable - Mars 2009 - PF.mht
- Ministère du développement et de l'environnement de Polynésie française, 2008, L'Agenda 21 en questions et réponses, Disponible en ligne: ftp://ftp2.faucon.info/faucon/2da/data/institutions/2008-01-23_Agenda21QR.pdf
- Ministère du développement durable, de l'environnement, de l'aménagement et de la qualité de la vie de Polynésie française, 2007, Etes-vous éco-responsable au bureau? Guide des gestes simples et utiles à faire tous les jours, Disponible en ligne : http://ftp2.faucon.info/.../2008-02-08_EcoRespBureau.pdf
- Ministère du développement durable, de l'environnement, de l'aménagement et de la qualité de la vie de Polynésie française, 2006, Stratégie nationale pour la biodiversité. Plan d'action Outre-mer pour - Polynésie-

Française, Disponible en ligne: http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Polynesie_Francaise.pdf

- Ministère du développement durable, de l'environnement, de l'aménagement et de la qualité de la vie de Polynésie française, 2006, Note sur le rapport 'L'élévation du niveau de la mer et ses conséquences sur le littoral de l'agglomération de Papeete (Polynésie française)', Documentation du Ministère du développement durable, de l'environnement, de l'aménagement et de la qualité de la vie de Polynésie française.

- Ministère du Tourisme de Polynésie française, 2009, Guide du touriste écoresponsable, Brochure de sensibilisation.

- Ministère en charge de l'Aménagement de Polynésie française, 2006, Les Risques Naturels en Polynésie française, Document d'Information.

- Mompelat J.M., 2006, Programme ARAI – Présentation du contenu technique et état d'avancement, Annexe 1à la note BRGM POL/06/061, 6 p.

- Myers et al., 2000, Biodiversity hotspots for conservation priorities, Nature 403 (6772):53-858.

- Obura D.O. , 2005, Resilience and climate change: lessons from coral reefs and bleaching in the Western Indian Ocean, Estuarine, Coastal and Shelf Science 63(3): 353.

- OCTA, 2006, Des tropiques aux pôles, les PTOM de l'Union européenne, Disponible en ligne: http://www.sodepar.com/files/file/Documentation/OCTA%20envir_FR_oct06.pdf

- Odewa, 2009, SWAC, Principe de Base, Disponible en ligne: http://www.odewa.com/index.html

- OMM, 2004, Plan d'opération concernant les cyclones tropicaux dans le Pacifique sud et le sud-est de l'Océan Indien, Rapport OMM-TD N°292 TCP-24.

- OMS, 2008, Changement climatique et santé humaine, Disponible en ligne : http://www.who.int/globalchange/climate/fr/index.html

- ONERC, 2006, Changements climatiques et risques sanitaires en France, Disponible en ligne : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_ONERC_version_site_27-09-07_-_1.67Mo.pdf

- Pae Tai Pae Uta, 2007, Plan de gestion des espaces maritimes de Punaauia. Diagnostic initial, PTPU, Papeete, 2007.
- Payri C., N'Yeurt A., 2005, Le réchauffement planétaire peut-il affecter la flore marine algale de Rapa ? Colloque sur la biodiversité des îles Australes, Tahiti novembre 2005 : p7
- PECE, 2007, Profils environnementaux de la Commission européenne pour les Pays et Territoires d'Outre-mer, Commission européenne. Office de Coopération EuropeAid.

- Petit J.N., 2009, Impacts du changement climatique sur la biodiversité dans les collectivités d'outre mer de l'Union Européenne, Semaine de l'eau et des changements climatiques, Papeete, 23 avril 2009.

- Petit J. & Prudent G., 2008, Changement climatique et biodiversité dans les collectivités d'outre-mer de l'Union Européenne, Publications UICN, 173 pp.

- Petit J.N., Hoddle M.S., Roderick G.K., Grandgirard J., Davies N., 2009, Successful spread of a biocontrol agent reveals a biosecurity failure: Elucidating long distance invasion pathways for Gonatocerus ashmeadi in French Polynesia, BioControl. In press.

- Polti S., 2001, Caractéristique de la ligne de rivage et du domaine maritime de l'île de Moorea, Polynésie française, CRIOBE, EPHE, IFRECOR Polynésie : RA 97 de décembre 2001 : 28 p. + annexes.

- Pottier I., Vernoux J.P., Lewis R.J., 2001, Ciguatera fish poisoning in the Caribbean Islands and Western Atlantic., Rev. Environ. Contam. Toxicol., 168, 99-141.

- Power S.T. & Casey T., 1999, Interdecadal modulation of the impact of ENSO on Australia, Clim dynamics, 15:319-324.

- Présidence de la Polynésie française, 2008, Inauguration de la centrale hybride de Makatea, Disponible en ligne: http://www.presidence.pf/index.php?option=com_content&view=article&id=38%3Ainauguration-de-la-centrale-hybride-de-makatea&Itemid=8

- Présidence de la Polynésie française, 2008, Amenagement - Energie thermique des mers, Disponible en ligne: http://www.presidence.pf/index.php?option=com_content&view=article&id=206:amenagement-energie-

thermique-des-mers&catid=16:actu-gvt&Itemid=13

- Présidence de la Polynésie française, 2008, Conseil des Ministres Extraordinaire, 27 Octobre 2008, Disponible en ligne: http://www.presidence.pf/images/stories/conseil_des_ministres/conseil_des_ministres_extraordinaire_du_27_octobre_2008.pdf

- Quinquis B., 2009, Les conséquences du changement climatique global sur l'économie de Polynésie française, Thèse de Doctorat, UPF, en cours de finalisation.
- Quod J.P. & Bigot L., 2000, Coral bleaching in the Indian Ocean islands: Ecological consequences and recovery in Madagascar, Comoros, Mayotte and Reunion.
- Reiter P., 2008, Global warming and malaria: knowing the horse before hitching the cart, Malaria Journal 2008, 7 (Suppl 1).
- Roberts E., 2003, Scientists warn of coral reef damage from climate change, Marine Scientist 2: 21-23.
- Royer J.F., 2006, Evolution de la moyenne annuelle des températures de surface dans 7 collectivités d'outre-mer française de 1950 à 2003, Point étape de la recherche dans le Pacifique, oct 2006, CNRM.

- Russell R.C., 2009, Mosquito-borne disease and climate change in Australia: time for a reality check, Australian Journal of Entomology (2009) 48, 1–7.

- Salvat B., 1992, Blanchissement et mortalité des scléractiniaires sur les récifs de Moorea (Archipel de la Société) en 1991, C. R. Acad. Sc. 314(II): 105-111.

- Salvat B. et al., 2008, Le suivi de l'état de santé des récifs coralliens de Polynésie française et leur récente évolution, Revue d'Écologie (Terre et Vie) 63 (1-2) : 145-177.

- Salvat B. & Aubanel A., 1993, Conséquences d'une élévation du niveau de la mer pour un littoral à récifs coralliens : le cas d'une île haute volcanique, Moorea, Polynésie française, Séminaire Elévation du niveau de la mer le long des côtes de France (DRAEI, Ministère de l'Environnement) : 112 p.
- Sanderson F.J., Donald P.F., Pain D.J., Burfield I.J.,van Bommel F.P.J., 2006, Long-term population declines in Afro-Palearctic migrant birds, Biological Conservation 131:93-105.
- Sanz J.J., Potti J., Moreno J., Merino S., Frias O., 2003, Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region, Global Change Biology 9: 461-472
- Schindele F., Hebert H., Reymond D., 2005, Aléa sismique et aléa tsunami en Polynésie française. Lot 3.4, catalogue des tsunamis observés en Polynésie française, Comptes Rendus Geosciences, Volume 338, Issue 16, December 2006, Pages 1133-1140.

- Sea Level Center, 2005, Anomalies du niveau de la mer détectées par le marégraphe de Papeete (Polynésie Française) et de Nouméa (Nouvelle Calédonie) entre 1975 et 2005, Disponible en ligne : http://onerc.org/listAllIndicators.jsf

- Servant J., 1974, Un Problème de Géographie Physique en Polynésie Française: l'érosion. Exemple De Tahiti, Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum., vol. XI, no 3/4 - 1974 : 203-209.

- Service de l'Energie et des Mines, 2009, Maitrise de l'énergie électricité, Disponible en ligne : ftp://ftp2.faucon.info/faucon/2da/data/institutions/2009-03-04_MaitriseEnergieElectricite.pdf

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2009, Présentation du Plan Général d'Aménagement (PGA), Disponible en ligne: http://www.urbanisme.gov.pf/rubrique.php3?id_rubrique=113

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2006, Commune de Moorea – Maiao, Ile de Moorea, Plan de Prévention des Risques (PPR). Note méthodologique de réalisation des carts. Rapport provisoire, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2006, Commune de Taiarapu Est, Plan de Prévention des Risques (PPR). Note méthodologique de réalisation des carts. Rapport provisoire, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2006, Commune de Taiarapu Ouest, Plan de Prévention des Risques (PPR). Note méthodologique de réalisation des carts. Rapport provisoire, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2006, Règlement Provisoire du PPR de la commune de Tubuai, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2005, Plan général d'aménagement de la commune de Takaroa -Takapoto. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.

- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 2001, Etat des lieux préalable au SAGE. Rapport provisoire. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.
- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 1998, Plan général d'aménagement de la commune de Tahaa. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.
- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 1997, Plan général d'aménagement de la commune de Taputapuatea. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.
- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 1997, Plan général d'aménagement de la commune de Tumaraa. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.
- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, 1997, Plan général d'aménagement de la commune de Uturoa. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.
- Service de l'Urbanisme de Polynésie française, Plan de prévention des risques - Commune de Punaauia - Dossier cartographique. Etudes et plans, Service de l'Urbanisme de Polynésie française.
- Shaw R., Sharma A., Takeuchi A., 2009, Indigenous knowledge and disaster risk reduction. From practice to policy, Nova Science Publishers.
- Smit B. & Wandel J., 2006, Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, Global Environmental Change 16 (2006) 282–292.
- Soubeyran Y., 2008, Initiative sur les espèces envahissantes dans l'outre-mer français. Comité français de l'UICN.
- SPC Pearl Oyster, 2002, SPC Pearl Oyster Information Bulletin 15. Industry Notes and

  Reports, Disponible en ligne: http://www.spc.int/Coastfish/News/POIB/15/POIB15-industry.pdf
- SPI Infra, 2005, Constat des effets de la houle sur les littoraux de l'île de Bora Bora, Département Carex Environnement 30.
- Stern N., 2006, The economics of climate change, HM Treasury, London. 700 pp.
- Thomas C.D. et al. , 2004, Extinction risk from climate change, Nature 427:145-148.
- UNEP, 2006, In dead waters, Disponible en ligne: http://www.unep.org/pdf/InDeadWater_LR.pdf
- UNESCO, 2003, Wise practices for coping with beach erosion, Anguilla booklet. Disponible en ligne: http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132554e.pdf
- UNFCCC, 2001, Bahamas national communication on climate change, Disponible en ligne: www.unfccc.org
- UNFCCC, 2000, Cook Islands national communication on climate change, Disponible en ligne: www.unfccc.org
- UNFCCC, 1999, Vanuatu national communication on climate change, Disponible en ligne: www.unfccc.org
- United Nation Statistic Division, 2008, List of countries by CO2 emissions, Disponible en ligne: http://mdgs.un.org/unsd/mdg/default.aspx
- UNWTO, 2007, Tourism and climate change, Disponible en ligne: www.unwto.org
- Uyarra M.C., Côté I.M., Gill J.A., Tinch R.R.T., Viner D., Watkinson A.R., 2005, Island-specific preferences of tourists for environmental features: implications of climate change for tourism-dependent states, Environmental Conservation 32(1): 11-1.
- Varney P., Troc F., Finet A., 2001, Tendances des extrêmes climatiques en Polynésie Française (précipitations et températures), Météo France, étude climatologique.
- Vieux C. , ChancerelleY., Aubanel A., Salvat B., 2008, Les modifications de la ligne de rivage dans les îles de la Société (Polynésie française) : un indicateur des pressions anthropique en zone côtière, Journal de la Société des Océanistes, 126-127.
- Vieux C., Aubanel A., Axford J., Chancerelle Y., Fisk D., Holland P., Juncker M., Kirata T., Kronen M., Osenberg C., Pasisi B., Power M., Salvat B., Shima J., Vavia V., 2004, A century of change in coral reef status in Southeast and Central Pacific: Polynesia Mana Node, Cook Islands, French Polynesia, Kiribati, Niue, Tokelau, Tonga, Wallis and Futuna, p: 363-380. in C. Wilkinson (ed.). Status of coral reefs of the world: 2004.

Volume 2. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia. 557 p.

- Walsh, K.J., Nguyen K.C., McGregor J.L., 2004, Fine-resolution regional climate model simulations of the impact of climate change on tropical cyclones near Australia, Clim. Dyn., 22(1), 47–56.

- Webster P.J., Holland G.J.,Curry J.A., Chang A.R., 2005, Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment, Science, Vol. 309. no. 5742, pp. 1844 - 1846.

- Whetton P.H. & Suppiah R., 2003, Climate change projections and drought. Proceedings of the National Drought Forum, Carlton Crest Hotel, Brisbane, Queensland, pp130-136.

- Wilkinson C., 2008, Status of coral reefs of the world: 2008, Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia, 296 p.

- Wilkinson C., 2004, Status of coral reefs of the world: 2004, United States coral reef taskforce, Australian Institute of marine Science, Townsville, Australia.

- Wotling G., 2000, Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti. Rapport de synthèse, GEGDP : 289 pages + annexes.

- WWF, 2007, Whales in hot waters, Disponible en ligne: <http://assets.panda.org/downloads/climatechange16ppfinallo.pdf>

Acronymes

ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise d'Energie)
AFD (Agence Française du Développement)
AIE (Agence Internationale de l'Energie)
AMP (Aires Marines Protégées)
ARAI (Aléas et Risques naturels, Information et Aménagement)
BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)
CCNUCC (Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique)
CDIAC (Carbon Dioxyde Information Analysis Center)
CEP (Centre d'Expérimentation du Pacifique)
CM (Conseil des Ministres)
CRF (Common Reporting Format)
CRIOBE (Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement)
DFID (Department for International Development)
DOM (Départements d'Outre-Mer français)
DTF (Dépressions Tropicales Fortes)
EDT (Electricité de Tahiti)
ENSO (El Niño Southern Oscillation)
ETM (Energie Thermique des Mers)
FDA (Fonds de Développement des Archipels)
FDS (Fête de la Science)
FED (Fonds Européen du Développement)
FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial)
GEF (Global Environment Facility)
GES (Gaz à Effet de Serre)
GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat)
GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié)
IEOM (Institut d'Emission d'Outre-Mer)
IES (International Environmental Solutions)
IFRECOR (Initiative Française sur les Récifs Coralliens)
IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer)
ILM (Institut Louis Malardé)
INSA (Institut National des Sciences Appliquées)
INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques)
IPO (Oscillation Pacifique Interdécadaire)
ISLV (Iles Sous-le-Vent)
ISPF (Institut de la Statistique de la Polynésie française)
LED (Light-Emitting Diode)
MAB (Man And Biosphere)
MCR LTER (Moorea Coral Reef Long Term Ecological Research)
MDP (Mécanismes de Développement Propre)
MEEDDAT (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable français)
MNT (Modèle Numérique de Terrain)
MOC (Mises en Œuvre Conjointes)
NASA (National Aeronautics and Space Administration)
NSF (National Science Foundation)
OCDE (Organisation pour la Coopération et le Développement Economique)
OCTA (European Union Overseas Countries and Territories Association)
OMS (Organisation Mondiale de la Santé)
ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique)
ONF (Office National des Forêts)
ONG (Organisation Non Gouvernementale)
ONU (Organisation des Nations Unis)
OPH (Office Polynésien de l'Habitat)
OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)
PBSC (Pacific Beachcomber SC)
PECE (Profils Environnementaux de la Commission Européenne)
PGA (Plan Général d'Aménagement)
PGEM (Plan de Gestion de l'Espace Maritime)
PIB (Produit Intérieur Brut)
PICCAP (Pacific Islands Climate Change Assistance Programme)
PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement)

PNUE (Programme des Nations Unies pour l´Environnement)
PPR (Plan de Prévention de Risque Naturel Prévisible)
PROE (Programme Régional Océanien de l'Environnement)
PTOM (Pays et Territoire d'Outre-Mer)
PTPU (Pae Tai Pae Uta)
ROSSP (Réseau Océanien de Surveillance de la Santé Publique)
SAGE (Schéma d'Aménagement Général de la Polynésie)
SDR (Service de Développement Rural)
SEDEP (Société d'Étude et de Développement Électro-technique Polynésienne)
SEM (Service de l'Energie et des Mines)
SEP (Société Environnement Polynésien)
SPC (Syndicat pour la Promotion des Communes)
SUV (Sport Utility Vehicle)
SWAC (Sea Water Air-Conditioning)
TEP (Tonnes d'Equivalent Pétrole)
TOM (Territoire d'Outre-Mer)
UC (Université de Californie)
UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature)
UNEP (United Nations Environmental Program)
UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture)
UNWTO (United Nations World Tourism Organisation)
WWF (Word Wildlife Foundation)
ZEE (Zone Economique Exclusive)

Crédit Photo

P 1 Jérôme Petit
P 2 Jérôme Petit
P 3a Stormcab
P 3b Lucien Pesquie
P 5 Jérôme Petit
P 7a Lucien Pesquie
P 7c Lucien Pesquie
P 7b Service perliculture
P 8a Lucien Pesquie
P 8b Jérôme Petit
P 10 Lucien Pesquie
P 12 NASA
P 18 Bruno Marty (C) IRD
P 20 Eleonora Avagliano
P 27 Jérôme Petit
P 29a Lucien Pesquie
P 29b Lucien Pesquie
P 30 Jérôme Petit
P 31 Alain Guitard
P 34 Laura Cortiana
P 36a Lucien Pesquie
P 36b Lucien Pesquie
P 38 Alain Guitard
P 39 Lucien Pesquie
P 41 Lucien Pesquie
P 43 Jérôme Petit
P 44 fabvirge
P 47 Stuand gravy
P 48 Agnès Benet (Progem)
P 50 Wikivisual
P 51 M Spitler
P 52 Jérôme Petit
P 53a Olivier Gargominy
P 53b Jean-Yves Meyer
P 53c Erica Spotswood
P 55a Jérôme Petit
P 55b Jérôme Petit
P 57a Emmanuel Des Garets
P 57b Emmanuel Des Garets
P 58a Service de la perliculture
P 58b Lucien Pesquie
P 59 CDC Gathany (CC)
P 60 Sekundo (CC)
P 61 NASA
P 62 Jérôme Petit
P 63 Maxence Taura
P 68a Bruno Marty (C) IRD
P 68b Jérôme Petit
P 69 Jérôme Petit
P 71 Ministère de l'environnement
P 74 Eleonora Avagliano