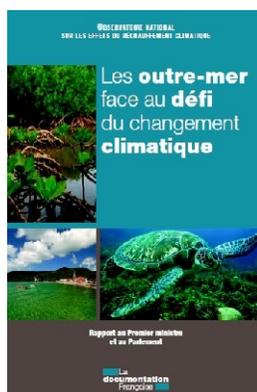


Observatoire national sur les effets
du réchauffement climatique

Les outre-mer face au défi du changement climatique

Rapport au Premier ministre
et au Parlement

Version pour une diffusion électronique
Edition assurée par La documentation Française



Publications de l'Onerc

Conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes. Actes du colloque du 22 au 23 juin 2003, Onerc, 2003.

Êtes-vous prêt ? Guide pour l'adaptation à l'attention des collectivités locales, Onerc, 2004.

Collectivités locales et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation ? Actes du colloque du 30 septembre 2004, Onerc, 2005.

Un climat à la dérive : comment s'adapter ? Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2005.

Réchauffement climatique : quelles conséquences pour la France ? Onerc, 2006.

Littoral en danger, comment les régions maritimes d'Europe s'adapteront-elles au climat à venir ? actes du séminaire des 3 et 4 février 2006, Onerc/CRPM, 2006.

Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, La Documentation française, Paris, 2007.

Changements climatiques et risques sanitaires en France . Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2007.

Changement climatique - Coûts des impacts et pistes d'adaptation, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2009.

Villes et adaptation au changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2010.

L'adaptation de la France au changement climatique. Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2012.

Notes et Rapports techniques en lien avec l'outre-mer

Recensement des études concernant les effets du climat et du changement climatique sur les espaces côtiers dans les DOM-TOM, note technique n°1, Onerc, mars 2005.

Impacts du changement climatique dans les îles subantarctiques, rapport technique n°2, Onerc, mai 2009.

Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles, note de synthèse DGEC – Onerc, février 2010

Le climat de la France au XXI^e siècle, Volume 1 : Scénarios régionalisés - Y. Peings, M. Jamous, S. Planton, H. Le Treut, sous la direction de J. Jouzel, janvier 2011

L'adaptation au changement climatique en France, note de synthèse DGEC – Onerc, mars 2011

Le climat de la France au XXI^e siècle, Volume 3 : Evolution du niveau de la mer. S. Planton, A. Cazenave, P. Delecluse, N. Dorfliger, P. Gauffrès, D. Idier, M. Jamous, G. Le Cozannet, H. Le Treut, Y. Peings, sous la direction de J. Jouzel, février 2012.

SOMMAIRE :

LE MOT DU PRÉSIDENT.....6

RÉSUMÉ À L'ATTENTION DES DÉCIDEURS.....8

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....14

POURQUOI SE PRÉOCCUPER DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET D'ADAPTATION ?

LES OUTRE-MER FRANÇAIS FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

QUELLE DÉMARCHE POUR PENSER L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

**LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN OUTRE-MER
ET LES GRANDS ENJEUX SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX.....19**

L'ÉVOLUTION DU CLIMAT EN OUTRE-MER

LE RÔLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS UN CONTEXTE DE DÉVELOPPEMENT

LE TERRITOIRE COMME « SYSTÈME DE RESSOURCES »

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE COMME « CHAÎNE D'IMPACTS »

LE POIDS RELATIF DES INCERTITUDES CLIMATIQUES

DES CONTRAINTES ET DES OPPORTUNITÉS

ANALYSES SECTORIELLES.....36

**IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LA BIODIVERSITÉ D'OUTRE-MER.....37**

INTRODUCTION

PANORAMA DE LA BIODIVERSITÉ DANS LES COLLECTIVITÉS FRANÇAISES D'OUTRE-MER

VULNÉRABILITÉ DE LA BIODIVERSITÉ

IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA BIODIVERSITÉ

L'ACIDIFICATION DES OCÉANS

L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

RECOMMANDATIONS POUR L'ADAPTATION DES ÉCOSYSTÈMES

**IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LE SECTEUR DU TOURISME.....54**

RÔLE ET POIDS DU SECTEUR TOURISTIQUE DANS LES OUTRE-MER FRANÇAIS

QUELS IMPACTS ATTENDRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR TOURISTIQUE ?
PISTES POUR L'ADAPTATION

**IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LE SECTEUR DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE.....66**

UN POIDS ÉCONOMIQUE, DES FONCTIONS ET DES PRATIQUES VARIABLES D'UN TERRITOIRE
À L'AUTRE

IMPACTS À ATTENDRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR DE LA PÊCHE ET DE
L'AQUACULTURE

PISTES D'ADAPTATION ET MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE

**IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET DE L'ÉLEVAGE.....80**

OPPORTUNITÉS ET CONTRAINTES ACTUELLES DE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRICOLE
CARACTÉRISTIQUES ET ÉVOLUTION RÉCENTE DE L'AGRICULTURE

IMPACTS À ATTENDRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR AGRICOLE

Actions d'adaptation envisageables et modalités de mise en œuvre

**IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LE SECTEUR FORESTIER.....97**

Rôle et poids du secteur forestier dans les Outre-mer français

Impacts à attendre du changement climatique

Pistes d'adaptation et modalités de mise en œuvre

**IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LA SANTÉ.....112**

ÉTAT DES LIEUX DE LA SANTÉ DANS LES OUTRE-MER FRANÇAIS

LES IMPACTS À ATTENDRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SANTÉ

PISTES D'ADAPTATION ENVISAGEABLES

QUELQUES BARRIÈRES ET PISTES POUR L'ADAPTATION

**IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE.....127**

BREF PORTRAIT DU SECTEUR ÉNERGÉTIQUE DANS LES OUTRE-MER FRANÇAIS

LES IMPACTS À ATTENDRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

QUELQUES PISTES D'ADAPTATION
DES BARRIÈRES À LEVER

**AMÉNAGEMENT LITTORAL ET GESTION DES RISQUES LITTORAUX
DANS LES OUTRE-MER FRANÇAIS.....136**

FACTEURS ET NIVEAUX DE RISQUE : QUELLES SPÉCIFICITÉS POUR L'OUTRE-MER ?
IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RISQUES ET LES AMÉNAGEMENTS
LITTORAUX

Solutions d'aménagement et pistes d'adaptation

CONCLUSIONS ET GRANDS PRINCIPES POUR L'ACTION.....153

DU SYSTÈME DE RESSOURCES À LA CHAÎNE D'IMPACTS
LA LOGIQUE GÉNÉRALE DE LA MISE EN ŒUVRE DE L'ADAPTATION
LES GRANDS CHAMPS D'INTERVENTION POUR LA MISE EN ŒUVRE DE L'ADAPTATION

BIBLIOGRAPHIE..... 159

ANNEXES.....170

ANNEXE 1 : EXEMPLES D' ACTIONS D'ADAPTATION ENTREPRISES DANS DES ETAT
INSULAIRES

.....171

ANNEXE 2 : RAPPORT D'ACTIVITÉ ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE.....173

ANNEXE 3 : SIGLES ET ACRONYMES.....182

ANNEXE 4 : CONTRIBUTEURS ET REMERCIEMENTS.....186

Le mot du président

Cette année, la banquise arctique connaît un rétrécissement inégalé tandis que la récolte mondiale de céréales est mise à mal par des sécheresses d'une ampleur rarement observée. Ces deux situations aujourd'hui exceptionnelles pourraient devenir la norme demain sous l'effet du changement climatique. En disant cela, on ne verse pas dans le pessimisme : on ne fait que rappeler ce courant de fond sur lequel la communauté scientifique attire notre attention depuis de nombreuses années et dont les manifestations deviennent de plus en plus fréquentes. Notre climat change.

Heureusement, nous avons encore la possibilité de maîtriser ce phénomène du changement climatique et d'agir pour en limiter les effets. Mais combien de temps nous reste-t-il pour une action efficace ? Ne faut-il pas engager dès aujourd'hui les transitions qui s'imposent pour maintenir la cohésion de nos sociétés ? Gérer des crises sur la production de céréales aujourd'hui est déjà un défi, mais que dire de cela dans quelques décennies où la population mondiale aura encore crû ? Où ces crises auront lieu plus fréquemment ? Nous sommes 7 milliards aujourd'hui, plus de 9 milliards dans quarante ans mais notre Terre n'aura, elle, pas grandi.

La croissance démographique actuelle est sans précédent dans l'histoire humaine, et elle survient dans cette même période où se déroule l'une des plus rapides évolutions climatiques de l'histoire de la Terre. Traiter ce défi nécessite à la fois de gérer le court terme, de traiter les crises actuelles et d'élaborer une vision de très long terme pour la construction d'une société durable à l'échéance d'un siècle et au-delà. Ceci doit mobiliser toute notre intelligence.

Je crois à ce titre que les outre-mer constituent des cadres de réflexion de choix car ils nous imposent encore plus d'anticiper le monde de demain : ils reposent sur un système de ressources limitées, ils constatent déjà des effets du réchauffement climatique et ils connaissent depuis quelques décennies des trajectoires de croissance démographique très dynamiques. Fort de ce constat et au vu de la disponibilité de projections climatiques plus nombreuses pour nos outre-mer ces dernières années, l'Onerc leur consacre son rapport annuel. L'extraordinaire complexité et interconnexion des problèmes de climat, de démographie et de développement outre-mer appellent à prendre conscience des dynamiques existantes dans ces territoires pour élaborer au mieux les solutions d'avenir. Cela entre bien entendu en résonance avec mon expérience personnelle : en 1946, nous comptions 240 000 habitants à La Réunion. Aujourd'hui nous sommes plus de 800 000 habitants sans avoir terminé notre transition démographique et c'est sur le littoral que s'est concentrée une bonne partie de la population. D'ici la fin du siècle, nous n'aurons plus le choix : la hausse du niveau de la mer nous obligera à nous adapter ; mais cela sera d'autant plus simple que cette adaptation aura été anticipée – comme par exemple en prenant en compte l'élévation inéluctable du niveau de la mer dans les infrastructures littorales – et non subie.

L'outre-mer est également un haut lieu de l'interdépendance entre l'homme et les espaces naturels. Si la situation des récifs coralliens est toujours signalée c'est parce qu'elle continue d'être préoccupante. Et ce n'est pas simplement

une question de biodiversité. C'est une question économique pour la pêche et le tourisme ; c'est une question de santé face aux toxines ciguatériques ; c'est une question de sécurité des personnes qui habitent le littoral. Si l'on n'aide pas les récifs à perdurer, ils ne pourront plus nous rendre service dans un climat plus chaud.

Le diagnostic des enjeux, des vulnérabilités et des solutions d'adaptation, dans l'outre-mer comme sur le continent, est très dépendant des réalités diverses de chaque territoire. Malgré cela, il faut savoir tirer partie des expériences qui vont dans un sens vertueux car certaines, que nous avons mises en lumière dans ce rapport, peuvent sans aucun doute être dupliquées d'un territoire à l'autre.

Le regard porté sur ces territoires outre-mer est également important dans le sens où ces espaces restreints et aux ressources limitées présentent un intérêt démonstrateur sur les moyens de gérer durablement notre espace de vie.

Sans douter de l'abondance des innovations techniques et technologiques que nous connaissons dans les prochaines décennies, j'ai la conviction qu'une clé réside dans l'émergence de ce que j'appelle une « nouvelle civilisation », plus sobre en ressources épuisables et développant l'usage des ressources renouvelables. Dans la plupart des cas, les problèmes posés par le changement climatique ne feront qu'amplifier les conséquences des pratiques humaines non durables : nous avons donc plusieurs cartes en main. Si l'action publique a un rôle à jouer, c'est également à chaque citoyen d'envisager comment il peut s'engager dans cette nouvelle conception pour lutter contre le changement climatique et s'émanciper des ressources non renouvelables.

Parce que l'adaptation au changement climatique ce n'est pas simplement le problème des autres, c'est notre défi à tous.

Paul Vergès

Résumé

à l'attention des décideurs

Le changement climatique constitue une menace aujourd'hui, non pas parce qu'il est source de modifications des conditions de vie et de production, mais parce que cette évolution est si rapide que se pose la question de l'aptitude des écosystèmes et des communautés humaines à y faire face. Malgré les efforts d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES), la collectivité doit anticiper la gestion de ce qui est déjà inéluctable. C'est ce que résume la formule : « *L'atténuation vise à éviter l'ingérable et l'adaptation cherche à gérer l'inévitable* ».

La plupart des territoires outre-mer possède une capacité d'amortissement des pressions et de redéploiement territorial inférieure à celle des espaces métropolitains. Cela réduit les marges de manoeuvre des sociétés et des acteurs, publics comme privés, face aux contraintes. Ces territoires conduisent, dans différents domaines, des expériences ambitieuses et innovantes qui seront riches d'enseignement pour d'autres territoires, y compris métropolitains. Ils participent ainsi pleinement à l'effort national d'innovation. Ce rapport annuel de l'Onerc s'est ainsi penché sur la vulnérabilité et l'adaptation des outre-mer français.

Enjeux socio-environnementaux

Les grandes tendances de l'évolution du climat sont mieux connues aujourd'hui dans les outre-mer, à l'exception des très petites îles. Au cours des quarante dernières années, la température a augmenté de + 0,65 °C à + 1,5 °C suivant les territoires. Les projections climatiques sont comprises entre + 1,4° et + 3 °C pour la fin du XXI^e siècle. Le niveau marin a crû de moins de 3 mm/an à plus de 5 mm/an au cours des 20 dernières années ; les projections pour l'horizon de la fin du XXI^e siècle sont comprises entre + 40 cm à + 60 cm et même + 1 m pour les cas extrêmes. Dans le cas des précipitations, les tendances sont plus difficiles à mettre en évidence compte tenu de l'état des connaissances et diffèrent selon les territoires.

Le changement climatique pèsera sur les modèles et trajectoires de développement des outre-mer. Dans toutes les réflexions de long terme, il est important de toujours considérer les impacts du climat futur sur la société future, et non sur la société d'aujourd'hui.

Les conditions environnementales et de développement actuelles déterminent la capacité d'adaptation des territoires et donc leur aptitude à engager une démarche d'adaptation sur le long terme. Le changement climatique va essentiellement avoir pour effet, aux échelles locales, d'exacerber des pressions existantes, liées à des modes de développement non soutenables. Commencer par régler les problèmes actuels de dégradation de l'environnement et de déséquilibres socio-économiques constitue un premier pas pour une adaptation sur le long terme. Le changement climatique doit avant tout être considéré

comme une source supplémentaire d'incitation à mettre en œuvre, au travers d'un processus d'adaptation, les principes du développement durable.

Dans tous les secteurs, plusieurs solutions dites « sans regret » sont identifiables. Pour de nombreux domaines, les certitudes en matière de changement climatique sont suffisantes pour déterminer des actions d'adaptation. Attendre passivement que la science du climat affine ses modèles pour engager des actions d'adaptation serait préjudiciable dans la mesure où les capacités d'adaptation peuvent se réduire à l'avenir. Accepter l'incertitude est donc un impératif, et cela suppose une évolution des attitudes et des comportements de l'ensemble des composantes des sociétés. S'il est légitime d'analyser principalement les menaces associées au changement climatique, il faut considérer également les opportunités potentielles sous forme, par exemple, de transfert d'activité économique.

Analyse sectorielle

L'attractivité touristique des outre-mer est intimement liée à la richesse des écosystèmes. Le caractère insulaire de la plupart des collectivités d'outre-mer est à l'origine du très haut niveau d'endémisme de leur faune et de leur flore car elles ont moins eu à subir les influences extérieures et leurs espèces se sont essentiellement développées en vase clos. Les collectivités d'outre-mer abritent 80 % de la biodiversité française sur 22 % du territoire national. Elles concentrent plus de 98 % de la faune vertébrée et 96 % des plantes vasculaires spécifiques à la France.

Les principaux facteurs de menace du patrimoine naturel d'outre-mer sont la destruction des habitats, l'introduction d'espèces et la surexploitation des espèces. Le changement climatique est en passe de devenir l'un des principaux catalyseurs du processus d'extinction des espèces au XXI^e siècle. Certaines espèces déjà menacées sont particulièrement vulnérables aux conséquences du changement climatique, facteur aggravant des menaces déjà constatées.

Les écosystèmes se sont adaptés aux changements dans le passé mais les changements actuels surviennent à un rythme jamais subi précédemment. En règle générale, plus les changements climatiques sont rapides, plus leurs conséquences se font sentir sur les écosystèmes. Le changement climatique affecte déjà leur santé et les services qu'ils rendent dans les outre-mer. L'acidification des océans, produite par l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère, pourrait affecter les poissons et tous les organismes marins à squelette calcaire, comme la plupart des coraux, mais aussi les oursins, certains mollusques et certaines espèces de zooplancton à enveloppe calcaire.

La protection de ce patrimoine est indispensable, car des écosystèmes en bonne santé seront mieux à même de s'adapter au changement du climat. De plus, les écosystèmes peuvent être des outils d'adaptation efficaces vis-à-vis d'autres contraintes et besoins (érosion, alimentation, tourisme, risques naturels). Le contrôle des espèces invasives et la limitation des actions anthropiques dommageables aux écosystèmes sont des mesures sans regrets accessibles dès aujourd'hui.

Le climat est l'un des grands déterminants des formes et de la dynamique du tourisme. Il agit à la fois de manière directe (clémence et faible variabilité des conditions, ensoleillement important...) et indirecte (biodiversité, température

de la mer, paysages...). Aussi, les conditions climatiques sont en général considérées comme étant la principale ressource de l'industrie touristique de l'outre-mer tropical.

Les grandes tendances de l'évolution du climat sont dommageables à la compétitivité et à la durabilité du tourisme littoral. La diversification de l'offre touristique est essentielle à la fois dans une logique concurrentielle et dans une logique de sobriété face à des ressources en raréfaction. La promotion d'une image touristique spécifique au territoire et le maintien des richesses en biodiversité seront un atout pour maintenir l'activité dans un climat changeant. La prise en compte du changement climatique comme paramètre dans les schémas de développement touristique revêt donc une importance stratégique malgré un contexte de fortes incertitudes sur l'évolution de la demande.

La sensibilisation des acteurs privés du tourisme au coût des impacts et aux options techniques d'adaptation de leurs activités ou le développement d'un tourisme durable et diversifié est un exemple de mesure sans regret.

L'outre-mer confère à la France le deuxième espace maritime au monde. Malgré l'insuffisance de données spécifiques sur le secteur de la pêche outre-mer, les connaissances actuelles laissent envisager un fort impact sur les migrations des espèces et la dégradation des milieux de vie. Le fort potentiel halieutique des outre-mer est relativement hétérogène en abondance et en diversité en raison de différences de productivité primaire et d'habitats. Les territoires possédant des lagons abrités bénéficient en complément d'un potentiel aquacole. Malgré ces atouts, le secteur de la pêche et de l'aquaculture joue le plus souvent un rôle économique secondaire mais central dans l'alimentation de la population. Cet ensemble d'enjeux économiques et sociaux donne à la problématique d'adaptation de ce secteur un caractère très sensible.

L'anticipation des migrations d'espèces doit servir à renforcer les capacités des pêcheurs pour faire évoluer leurs techniques et matériels à moyen terme, ainsi qu'à favoriser les coopérations régionales. Le suivi de l'état écologique de ressources essentielles, notamment pour les activités comme la perliculture, doit être renforcé. La hausse du niveau marin rendra nécessaire l'évolution en conséquence des infrastructures de pêche et d'aquaculture.

Le secteur agricole ressent les impacts du changement climatique car ses performances dépendent directement des caractéristiques du climat et de ressources disponibles (eau et sols). Les principales contraintes auxquelles il est confronté risquent d'augmenter, ce qui appelle à engager d'importantes transformations, notamment des types de productions, des pratiques agricoles et de l'organisation des filières. L'agriculture joue un rôle majeur dans les territoires peuplés à climat tropical. Malgré des conditions d'ensoleillement, de température et de pluviométrie globalement favorables, les contraintes associées au climat sont fortes (variabilité des précipitations, cyclones, bio-agresseurs, etc.). Les impacts négatifs qu'aura le changement climatique sur le secteur agricole sont plus faciles à entrevoir que les opportunités qu'il pourrait créer. L'évolution attendue du climat pourrait affecter de façon sérieuse les grandes productions sucrières et bananières des outre-mer. L'élevage peut également être fortement pénalisé par la plus grande fréquence des épisodes de sécheresse dans de nombreux territoires.

La structuration du secteur, l'interaction avec les consommateurs pour continuer la diversification et la hausse des consommations locales peuvent contribuer à l'adaptation. Les techniques culturelles limitant l'érosion et la consom-

mation d'eau sont des mesures sans regret. Il existe aujourd'hui des variétés mieux adaptées au climat à venir, mais pour de nombreux produits agricoles la sélection reste à développer, sans quoi certaines productions pourraient disparaître à moyen terme dans certaines zones.

Outre-mer, les forêts occupent une surface variable en fonction des conditions physiques (relief, climat, sols) et des pressions anthropiques. Les principales forêts naturelles se concentrent en Guyane et dans les îles tropicales montagneuses. La Guyane se distingue par l'étendue de sa forêt primaire, son haut niveau de préservation et son fort potentiel d'exploitation. Avec une superficie de 8 millions d'hectares, la forêt équatoriale guyanaise représente le tiers du couvert forestier français.

Les efforts de maintien du bon état écologique sont capitaux pour assurer la résilience des forêts, mais il est inéluctable qu'une grande partie des formations actuelles évoluera. L'augmentation des températures va provoquer le déplacement en altitude des bioclimats et des forêts associées. Les formations forestières qui ne trouveront pas d'espace refuge en altitude en raison de l'anthropisation ou de leur position sommitale, sont menacées de disparition. La modification du régime des précipitations pourrait avoir un effet perturbateur tout aussi important. Les zones propices de développement vont évoluer géographiquement et les espèces invasives pourraient en altérer la valeur écologique et économique. Dans la plupart des outre-mer la sécheresse devrait augmenter les risques de feu de forêt et réduire la capacité de fixation des sols pour cause de dépérissement.

De manière générale, il importe de préserver et de gérer durablement les forêts existantes afin de pérenniser les services écosystémiques qu'elles rendent (protection des personnes et des biens, fixation des sols, etc.) et la biodiversité. S'agissant des forêts exploitées commercialement, cette préservation passe par le maintien ou l'amélioration de la rentabilité car ceci est souvent une condition indispensable pour éviter un changement d'affectation des sols.

Cet impératif de préservation s'applique de manière encore plus accentuée aux mangroves, milieu naturel extrêmement riche, source et havre de biodiversité, et puits de stockage de CO₂. Leur sauvegarde pérennise les services écosystémiques qu'elles rendent, notamment la limitation de l'érosion, la protection des personnes et des biens, et la limitation des apports terrigènes sur les côtes.

L'impact attendu du changement climatique sur la santé consiste principalement en un effet amplificateur (en fréquence comme en extension géographique) sur des affections existantes plutôt que l'apparition de « nouvelles » maladies. Le changement climatique influera probablement sur quatre types d'affections : les pathologies liées aux vagues de chaleur et épisodes caniculaires intenses ; les affections liées à la hausse du rayonnement solaire ; les maladies vectorielles ; les maladies hydriques et alimentaires. Si les infrastructures et l'offre de soin sont très variables d'un territoire à l'autre, les plus grandes difficultés dans l'amélioration du secteur de la santé se concentrent dans les collectivités du Pacifique.

La compréhension des liens qui existent entre climat, changement climatique et santé humaine s'est considérablement améliorée au cours des dix dernières années. D'importants efforts de recherche restent à déployer pour développer les connaissances sur les chaînes d'impacts.

Dans le secteur de la santé, comme dans d'autres secteurs, les activités et

comportements humains influenceront fortement sur la vulnérabilité globale des populations. La surveillance et la sensibilisation du public sont essentielles pour contenir les effets néfastes attendus (vagues de chaleur, hausse de la pression des vecteurs, etc.). Les structures sanitaires en place doivent rester en capacité d'action en contexte de changement climatique (moyens d'action et robustesse aux extrêmes climatiques) ou être renforcées dans les zones déficitaires.

Les outre-mer français sont en majorité dépourvus de ressources fossiles et sont donc dépendants d'hydrocarbures importés pour la production d'énergie. Le taux de dépendance est proche de 90 % pour certains territoires. La dépendance énergétique est d'autant plus préoccupante que le parc automobile et la consommation d'électricité augmentent, du fait notamment de la croissance démographique, de la décohabitation des ménages, de l'amélioration du niveau d'équipement et du dynamisme économique. La place des énergies renouvelables varie très fortement d'un territoire à l'autre : certains outre-mer sont très largement en avance par rapport à la métropole, alors que d'autres sont quasi exclusivement dépendants des énergies fossiles.

Face aux politiques d'atténuation, à la perspective d'un épuisement progressif des ressources pétrolières mondiales et au regard du développement encore réduit des sources d'énergie alternatives dans certains outre-mer, la vulnérabilité énergétique des outre-mer va s'accroître à l'avenir. Quoique cette contrainte ne soit pas directement liée au changement climatique, elle doit cependant être considérée afin de mettre en œuvre des synergies entre l'adaptation et l'atténuation.

Le développement de modèles économiques plus sobres en énergie est une solution d'adaptation sans regret pour les outre-mer, à la fois pour faire face aux impacts directs du changement climatique sur la production et la consommation électrique, mais également pour gérer la hausse des coûts des énergies fossiles importées. La diversification des ressources énergétiques, notamment renouvelables, est à encourager dans une perspective d'adaptation car un bouquet de solutions permet de répartir les risques en cas d'événement extrême ou de défaillance d'un mode d'approvisionnement. Le développement d'énergies robustes au changement climatique comme les énergies marines et géothermiques est une orientation sans regret.

La combinaison de leurs caractéristiques physiques et humaines confère aux territoires d'outre-mer des niveaux d'exposition variables aux risques littoraux incluant l'érosion côtière, les submersions marines, les inondations, les mouvements de terrain et la salinisation. La très forte concentration d'habitats et d'activités économiques sur le littoral crée un niveau de risque élevé et en augmentation. La croissance démographique et urbaine générera d'autant plus de vulnérabilité qu'elle sera spontanée et s'effectuera en dehors des zones autorisées.

La plupart des risques actuels vont rester identiques ou s'amplifier dans le futur : la correction des insuffisances constatées est donc une option sans regret. La mise en place de zonages de risques et de mesures visant à contrôler le respect des plans de prévention doit être poursuivie car c'est une solution sans regret. Les choix d'aménagements doivent être considérés de façon globale en prenant en compte la morphologie des bassins versants, les sols, les cellules hydrologiques et sédimentaires. L'observation et la communication au public doivent être amplifiées à la fois pour affiner les zonages et les régulations

comme pour contribuer au développement d'une culture du risque.

Principes pour l'action

L'élaboration de mesures d'adaptation pertinentes doit privilégier une approche systémique et dynamique. Cela implique de mettre en évidence la chaîne des impacts prévisibles du changement climatique à la fois sur les ressources nécessaires aux différents secteurs et sur l'organisation des secteurs eux-mêmes. Cela impose aussi d'évaluer l'ensemble des impacts potentiels de chacune des actions et des orientations envisagées pour un secteur donné, mais aussi pour les autres secteurs. Cet aspect est crucial pour identifier les co-bénéfices ou à l'inverse des risques de « maladaptation ». La planification publique assure la fonction de mise en cohérence des orientations sectorielles d'adaptation. Par exemple, il est aujourd'hui capital de prendre en compte l'élévation du niveau de la mer dans la conception des infrastructures côtières.

Des pistes d'adaptation transsectorielles existent, qui renvoient à des logiques similaires, comme l'économie d'eau, malgré des formes différentes d'un secteur d'activité à un autre. Ces pistes transversales s'appuient également sur les notions de « système de ressources » et de « chaîne d'impacts », et elles soulignent l'importance d'agir à la fois sur les composantes environnementales et sur les composantes anthropiques du territoire.

La capacité d'adaptation recouvre à la fois la résilience aux aléas actuels et l'anticipation de ceux à venir. Commencer par réduire la vulnérabilité actuelle constitue une voie concrète pour réduire la vulnérabilité sur le long terme. L'enjeu de fond consiste à intégrer la perspective du long terme dans des actions actuelles par l'intermédiaire des institutions et des modes de gouvernance. Il s'agit en particulier de structurer et d'institutionnaliser les activités informelles qui restent prégnantes dans les outre-mer, notamment dans les secteurs de l'agriculture et de la pêche. Développer la transversalité entre les institutions est également un enjeu clé afin de réduire les conflits d'usage des ressources. Tout cela ne pourra se réaliser sans le support de la recherche scientifique, tant sur les impacts physiques et environnementaux du changement climatique que sur les aspects socio-économiques. L'innovation et la recherche ont une place importante pour l'adaptation des territoires, mais l'évolution des pratiques non soutenables actuelles constitue une première voie d'adaptation, à très court terme et qui permet de s'affranchir en partie du problème de l'incertitude.

Introduction générale

Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266) et Alexandre Magnan (IDDRI)

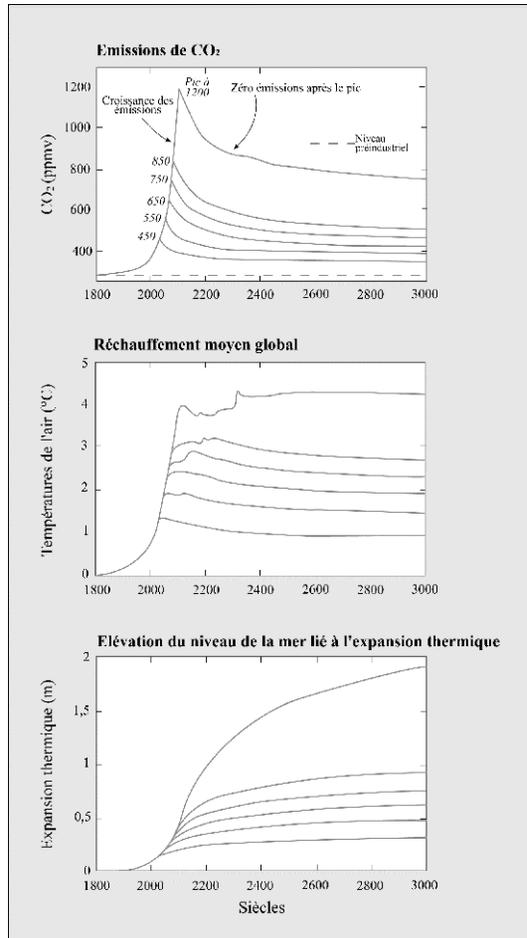
Pourquoi se préoccuper de changement climatique et d'adaptation ?

Le changement climatique constitue une menace aujourd'hui, non pas parce qu'il est source de modifications des conditions de vie et de production, mais parce que les rythmes selon lesquels il impose ces évolutions sont extrêmement rapides. Les rythmes des changements actuels et à venir sont tels que se pose la question de l'aptitude des écosystèmes et des communautés humaines à y faire face. Sommes-nous ou serons-nous capables d'anticiper ? Si l'humanité s'est déjà adaptée à des changements environnementaux, cette adaptation s'est essentiellement réalisée sur un mode réactif, après que les conditions ont changé, soit sur place, soit parce que l'on s'est déplacé. Le contexte actuel est tout à fait différent dans la mesure où les progrès technologiques des deux derniers siècles nous permettent de savoir à l'avance que des changements vont s'opérer.

Même si les travaux de modélisation et de projection climatiques montrent encore des imperfections qui constituent autant d'enjeux scientifiques pour le futur, ils ont néanmoins clairement établi que le changement climatique était désormais en marche et qu'au moins une partie de ses effets continuera de se faire sentir sur le siècle à venir, même si tous les pays du monde arrêtaient dès aujourd'hui de rejeter dans l'atmosphère le moindre GES. Pourquoi ? Parce que l'atmosphère et les océans présentent une grande inertie du fait de chaînes de réaction très longues qui impliquent de nombreuses composantes interagissant les unes avec les autres. Si bien que lorsque l'on agit sur l'une de ces composantes, c'est tout le système qui est appelé à se modifier. C'est pourquoi les spécialistes mettent en garde, d'une part, sur les modifications induites par ces réactions en chaîne et, d'autre part, sur le temps nécessaire au développement de ces réactions. Des travaux largement reconnus par la communauté scientifique internationale estiment par exemple que même en réalisant des efforts d'atténuation considérables, la concentration de GES dans l'atmosphère devrait rester élevée au moins jusqu'en l'an 3000 (Solomon *et al.*, 2009). Même si l'on limitait la concentration en GES dans l'atmosphère à un taux de 450 ppmv (parties par million et par volume) autour de 2100, la température de la surface terrestre à la fin du millénaire serait de toute façon plus élevée d'au moins 1 °C par rapport à la période préindustrielle (graphique 1). Le niveau de la mer continuerait quant à lui de croître sur quasiment l'ensemble du millénaire. D'autres travaux montrent cette irréversibilité partielle à des échelles de temps plus courtes allant des décennies à venir à l'ensemble du siècle en cours (Meehl *et al.*, 2007 ; Rahmstorf *et al.*, 2007). Cela est d'autant plus préoccupant que les tendances actuelles d'émissions mondiales de

GES restent élevées, malgré les processus annuels de négociation.

Graphique 1 – Évolution sur le millénaire à venir de la température de l'air et de l'élévation du niveau de la mer en fonction de divers scénarios de réduction brutale des émissions de GES



Source : d'après Solomon *et al.*, 2009.

L'irréversibilité climatique fonde donc l'urgence des mesures d'atténuation et d'adaptation, car il faudra bien gérer ce qui d'ores et déjà est inéluctable. Selon une formule devenue courante, « l'atténuation vise à éviter l'ingérable quand l'adaptation cherche à gérer l'inévitable ». Si les efforts d'atténuation demandent un investissement considérable, l'adaptation doit aussi faire l'objet d'un engagement fort des États, des acteurs privés et des populations. Poussé à l'extrême, le raisonnement nous amènerait à considérer les efforts d'atténuation comme des formes d'adaptation, car en limitant le problème à la source, on conserve certaines marges de manœuvre ; ou alors, à considérer que l'adaptation, parce qu'elle implique des changements dans nos manières de consommer et dans nos rapports à l'environnement, pourrait être considérée

comme une composante de l'atténuation. On le voit ici, les effets d'aller-retour entre adaptation et atténuation sont permanents, allant parfois dans le même sens (synergies), mais parfois aussi en sens inverse (effets contre-productifs). Il ne faut toutefois pas confondre, dans la pratique, les deux logiques.

L'adaptation vise la réponse aux impacts des évolutions climatiques, ponctuelles (tempête, sécheresse...) comme graduelles (élévation des températures moyennes de l'air ou du niveau de la mer), et son but est la réduction de la vulnérabilité des territoires, des populations et des secteurs d'activité sur le temps long. S'adapter, c'est donc chercher, non seulement à être suffisamment solide pour projeter nos choix de développement dans le temps, mais également à être suffisamment flexible pour réajuster ces choix au fur et à mesure que de nouvelles connaissances sont mises en lumière (Tubiana *et al.*, 2010 ; Magnan, [à paraître 2013]).

Les outre-mer français face au changement climatique

La réalisation d'une synthèse relative aux impacts du changement climatique sur les secteurs d'activité et, plus globalement, l'aménagement et la gestion des territoires d'outre-mer, se justifie par plusieurs arguments. D'abord par le fait que ces territoires sont moins bien connus et par conséquent moins bien pris en compte au plan national que les territoires métropolitains. Ensuite, les particularités climatiques, environnementales, socio-économiques et institutionnelles des outre-mer exigent que soit menée une réflexion spécifique et approfondie sur leur situation en soutien à la prise de décision et à la mise en œuvre des politiques publiques d'adaptation d'autant que la modélisation climatique y est plus délicate à réaliser qu'en métropole. En troisième lieu, il importe d'engager rapidement ces politiques sur ces territoires au regard de leur situation de relative urgence. Celle-ci est due à la présence d'écosystèmes très sensibles au changement climatique (comme les récifs coralliens et la forêt amazonienne, par exemple), à des évolutions démographiques et socio-économiques souvent rapides qui accroissent les pressions actuelles et amplifient les problèmes existants, et à des difficultés à mettre en œuvre les politiques publiques qui imposent plus encore qu'ailleurs d'anticiper. Il est d'autant plus urgent d'agir que ces territoires, parce qu'ils sont pour la plupart insulaires et de dimension modeste, possèdent une capacité d'amortissement des pressions et de redéploiement territorial inférieure à celle des espaces continentaux. Cela réduit les marges de manœuvre des sociétés et des acteurs, publics et privés, face aux problèmes qui se posent, et impose par conséquent d'engager au plus vite des actions d'adaptation. Enfin, ces territoires sont importants à considérer parce qu'ils conduisent, dans différents domaines, des expériences ambitieuses et innovantes qui seront riches d'enseignement pour d'autres territoires, y compris métropolitains. Ils participent ainsi pleinement à l'effort national d'innovation.

Quelle démarche pour penser l'adaptation au changement climatique ?

Pour penser de manière opérationnelle l'adaptation au changement climatique, il faut d'abord choisir une méthode d'analyse pertinente. Celle qui est proposée dans cet ouvrage vise à établir des bases solides pour l'aide à la décision en étant globale, dynamique, systémique et concrète.

Elle est en premier lieu globale parce qu'elle est fondée sur un positionnement à l'interface environnement/sociétés qui permet de prendre en compte l'ensemble des composantes qu'interpelle le changement climatique : les écosystèmes et les ressources qu'ils fournissent, les systèmes de production, les sociétés, et la sphère décisionnelle. L'approche qui est développée ici est centrée sur les principaux secteurs d'activité, qui sont replacés dans leur contexte environnemental, sociétal et décisionnel. Le caractère global de l'approche tient également à la prise en compte de l'ensemble des échelles spatiales qui commandent la dynamique de ces territoires, du système monde (intégration économique dans les dynamiques internationales et régionale, relations avec la métropole...) à l'échelle strictement locale (oppositions de façades, formes d'occupation de l'espace littoral...).

En deuxième lieu, l'approche ici proposée est systémique et dynamique, car l'analyse qui est faite des impacts du changement climatique s'appuie sur la réalité évolutive des territoires, appréhendés dans toute la complexité de leurs trajectoires de développement. Il apparaît en effet absolument fondamental d'ancrer l'analyse des impacts du changement climatique dans les réalités à la fois spécifiques et contrastées que présentent les territoires d'outre-mer, car le changement climatique va exacerber des enjeux, des phénomènes, des contraintes et des pressions qui existent déjà. Dans un premier temps au moins, il ne renouvellera pas la donne territoriale actuelle. Aussi faut-il penser les impacts et l'adaptation dans le contexte territorial actuel. C'est pourquoi dans chaque chapitre, on rappellera le contexte et les facteurs de développement (opportunités et contraintes) des différents secteurs d'activité. Ces facteurs expliquent la situation actuelle et commandent la dynamique de ces secteurs. Cette étape est fondamentale, non seulement pour bien comprendre les impacts qu'aura le changement climatique sur les outre-mer en général et sur chacun des territoires en particulier, mais aussi pour appréhender leur variabilité d'un territoire à l'autre, et enfin pour concevoir des pistes d'adaptation pertinentes sur la base d'actions concrètes et priorisées.

Le caractère concret de la démarche que nous proposons tient à l'effort fait pour replacer l'analyse dans le contexte des outre-mer, à la mobilisation de nombreux exemples d'événements ou d'impacts qui permettent d'apprécier de manière concrète les conséquences que pourrait avoir le changement climatique sur un secteur d'activité ou une région, et à la proposition de pistes et d'actions d'adaptation spécifiques aux outre-mer et aussi précises que possible. L'un des enjeux majeurs de ce rapport est de démontrer qu'il est d'ores et déjà possible d'agir parce que nous avons à ce stade, d'une part, une bonne appréhension de la nature et de l'ampleur potentielle des impacts du changement climatique – bien que l'on ne puisse les mesurer précisément – et, d'autre part, des exemples d'actions qui constituent des solutions d'adaptation aux difficultés actuelles et à venir. Ancrer l'analyse des impacts du changement clima-

tique dans les dynamiques territoriales des outre-mer permet justement de faire le lien entre les impacts du développement actuel et du changement climatique en cours et, par là même, entre les solutions à promouvoir pour faire face à la fois aux problèmes actuels et futurs.

Sur ces bases, cet ouvrage repose sur le cheminement suivant : 1) le contexte environnemental et humain explique l'importance et les caractéristiques des différents secteurs d'activité, à la fois à l'échelle de l'ensemble des outre-mer (*poids élevé de l'agriculture et du tourisme, par exemple*) et de chacun d'entre eux ; 2) les différents secteurs d'activité mobilisent des ressources pour partie identiques et pour partie différentes qui sont susceptibles, à des degrés divers, d'être affectées par le changement climatique ; 3) le changement climatique va affecter les secteurs d'activité par les impacts qu'il aura, non seulement sur les ressources que ces secteurs utilisent, mais aussi sur les secteurs d'activité eux-mêmes, ces deux types d'impacts interagissant ; 4) la situation actuelle des territoires d'outre-mer, les impacts attendus du changement climatique et diverses expériences qui y sont conduites permettent de proposer des pistes et des actions d'adaptation.

Le changement climatique

en outre-mer

et les grands enjeux

socio-environnementaux

Michel Galliot (Onerc),
Bertrand Reysset (Onerc),
François Bonnardot (Direction interrégionale La Réunion, Météo-France),
Philippe Dandin (Direction de la climatologie, Météo-France),
Philippe Palany (Direction interrégionale Antilles-Guyane, Météo-France)
Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266)
Alexandre Magnan (IDDRI)

- Si la modélisation du climat dans les zones outre-mer reste encore un domaine de recherche très jeune, les grandes tendances de l'évolution du climat sont mieux connues aujourd'hui à l'exception des très petites îles.
- Le changement climatique pèsera sur les trajectoires de développement des outre-mer.
- L'analyse réalisée dans ce rapport se basera sur l'évaluation des impacts et de l'adaptation dans différents secteurs, considérés comme des composantes des systèmes de ressources de ces territoires.
- Des incertitudes sur les effets du changement climatique subsistent, mais dans tous les secteurs des solutions sans regret seront toujours identifiables immédiatement.

L'évolution du climat en outre-mer

Pour poser les enjeux, cette partie donne un panorama, non exhaustif, des contraintes climatiques actuelles et des évolutions anticipées dans l'avenir pour les outre-mer.

Des régimes climatiques particuliers et leur altération par le changement climatique

Excepté Saint-Pierre-et-Miquelon et les Terres australes et antarctiques françaises, l'outre-mer français est situé en zone tropicale. De ce fait, les climats ultramarins sont très différents du climat métropolitain, avec des températures moyennes plus élevées, des régimes de précipitations particuliers et des saisons définies davantage par les périodes de pluies.

Cette situation insulaire ou en basses latitudes entraîne une très forte exposition de la plupart de ces territoires à des aléas d'origine hydrométéorologique parfois violents (cyclones, tempêtes, sécheresses, etc.). Les fréquences d'occurrence et les caractéristiques de ces aléas sont modulées par les variations climatiques, qu'elles soient dues à la variabilité naturelle ou une expression du changement climatique anthropique – la détection de ces évolutions pour des événements extrêmes, donc par définition rares, et *a fortiori* leur attribution à l'activité humaine, demeurant difficile à faire.

Les territoires de l'océan Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna, Polynésie française) sont particulièrement affectés par le phénomène d'oscillation australe *El Niño/La Niña* (désigné usuellement par l'acronyme anglais ENSO ¹)

1. *El Niño/La Niña Southern oscillation* (ENSO) est un phénomène couplé océano-climatique du Pacifique se traduisant par une alternance (tous les 2 à 7 ans) entre phase de réchauffement des eaux de surface de la mer dans l'Est du Pacifique (périodes dites *El Niño*) et phase de refroidissement (périodes dites *La Niña*) dans cette même région. Ces phénomènes ont des conséquences importantes, et bien delà du Pacifique. Le phénomène ENSO n'est pas une conséquence du changement climatique mais ce dernier pourrait expliquer des évolutions récentes d'oscillations *El Niño/La Niña*. Plusieurs recherches explorent cette hypothèse d'altération du cycle ENSO par le changement climatique.

qui déplace les masses d'eau et les circulations atmosphériques (alizés), avec des effets d'augmentation de l'activité cyclonique en Polynésie française, habituellement épargnée, et de sécheresse en Nouvelle-Calédonie. L'ENSO est une des premières manifestations de la variabilité climatique aux échelles de quelques mois à une année.

Les Antilles et la Guyane sont également affectées par ce phénomène avec des effets directs et retardés (moins de pluie pendant le phénomène *El Niño* et renforcement de l'activité cyclonique pendant *La Niña*). Ces régions subissent en complément l'influence de l'océan Atlantique, notamment marqué par une oscillation Atlantique multidécennale² dont les différentes phases modèleraient l'activité cyclonique sur l'Arc antillais.

Le secteur sud-ouest de l'océan Indien est marqué saisonnièrement par le développement de l'activité cyclonique, entraînant de fortes précipitations ; on y trouve également la trace d'une modulation interannuelle naturelle.

Au-delà de ces variations saisonnières à interannuelles, toute la zone tropicale subit la variabilité naturelle intrasaisonnière qui module notamment les précipitations sous forme d'orages. Le climat est la résultante de ces principaux modes de variations climatiques.

Compte tenu de l'importance de la variabilité climatique et météorologique dans les régions tropicales, la question importante est de savoir comment les régimes météorologiques et climatiques actuels seront affectés par le réchauffement en cours. C'est là un domaine de recherche encore largement ouvert, car si des tendances ont pu parfois être mises en évidence quant à certains phénomènes ou paramètres (augmentation des températures moyennes plus faible qu'en métropole mais néanmoins significative), les connaissances actuelles ne permettent pas de trancher sur l'évolution de la variabilité interannuelle ou intrasaisonnière, ni sur l'évolution régionale des cyclones, si ce n'est qu'ils seraient accompagnés de précipitations encore plus violentes et à même d'affecter des régions plus éloignées des tropiques. Une des raisons de cette difficulté est le manque de recul historique ou de fiabilité des séries d'observation, qui rendent l'analyse statistique délicate et parfois impossible.

Les régions ultramarines de plus haute latitude (Terres australes, Terre Adélie, Saint-Pierre-et-Miquelon) font face à de violentes tempêtes, de fortes houles et des périodes de grands froids. Dans ces régions, le réchauffement climatique est déjà bien observé sur de nombreux paramètres et pose des questions en termes d'impacts, notamment sur la biodiversité et des incidences potentielles sur les ressources halieutiques.

Les principales projections, notamment celles réalisées dans le cadre du Giec, montrent des réponses à forte disparité régionale dans la zone outre-mer intertropicale. Il reste donc à entreprendre un très important travail sur la régionalisation du changement climatique en outre-mer et la détermination de son impact local dans l'optique de définir des stratégies d'adaptation.

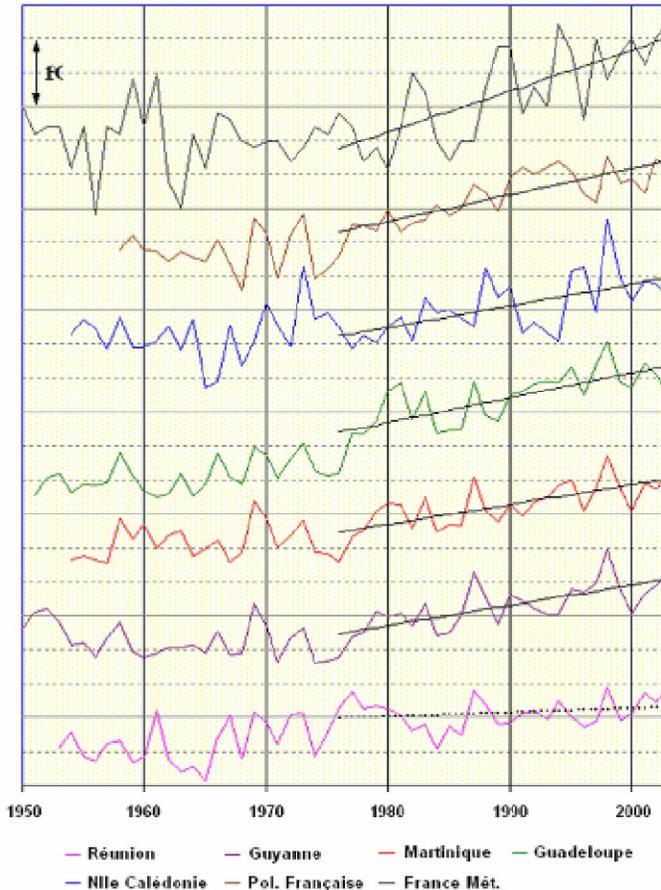
2. Cette oscillation Nord-Atlantique se traduit par une variation cyclique des différences de pression atmosphérique entre la zone islandaise et la zone des Açores. Son cycle d'oscillation est plus long (> 10 ans) que celui d'ENSO (2 à 7 ans). Il affecte également le climat global.

Les tendances observées aujourd'hui

Températures observées

En 2006, Météo-France a entrepris une étude détaillée de l'évolution des températures dans les Dom-Com où apparaît une tendance à la hausse des températures moyennes annuelles dans tous ces territoires (Royer, 2006).

Graphique 2 – Évolution des températures observées sur la métropole et en outre-mer au cours de la seconde moitié du XX^e siècle



Source : Royer, 2006³.

Pour La Réunion, une étude plus récente confirme cette tendance sur la période 1969-2008 (Météo-France, 2009a) : la température moyenne de l'île a augmenté de + 0,62 °C en quarante ans. La hausse est plus marquée sur les

³Toutes les données utilisées par cette étude n'étant pas encore homogénéisées, il convient d'utiliser ces résultats avec prudence et de se référer prochainement aux études de Météo-France en cours pour compléter et réactualiser ces premiers éléments.

températures maximales que sur les températures minimales. On constate également une hausse plus importante pendant la saison de l'automne austral (mars-avril-mai). Le pourcentage de journées ou nuits froides a diminué plus ou moins fortement selon les postes, tandis que le pourcentage de journées ou nuits chaudes a nettement augmenté. Les tendances sur les températures, réactualisées en 2012 en tenant compte des années 2009 à 2011 et d'un nouveau travail d'homogénéisation des données, semblent plus marquées encore avec une hausse pouvant dépasser + 1 °C en quarante ans dans certaines zones.

Aux Kerguelen, après un refroidissement dans les années 1960-1970, les températures moyennes de l'air ont augmenté de + 1,3 °C depuis les années 1960.

En Nouvelle-Calédonie, Météo-France enregistre une augmentation des températures de + 1,3 °C à Nouméa sur la période 1970-2009. Au niveau de l'archipel, la hausse des températures minimales a été encore plus marquée (Cavarero *et al.*, 2012).

En Polynésie française, le réchauffement a atteint + 1,05 °C sur la période 1976-2003 (Météo-France, 2009a).

Les fluctuations observées en Guyane attestent à la fois du changement climatique et de la variabilité climatique naturelle. La température moyenne annuelle est en hausse. L'augmentation est de l'ordre de 0,24 degré par décennie sur la période 1955-2009 soit un cumul de + 1,3 °C. Le réchauffement s'est accéléré sur les dernières décennies.

En Martinique, l'augmentation de la température moyenne annuelle est de + 1,47 °C sur la période 1965-2009, soit près du double de la hausse moyenne constatée sur le globe durant la même période.

Précipitations observées

Sur quarante ans, une tendance à la baisse des précipitations est constatée à La Réunion sur les régions de l'ouest, du sud-ouest et du sud de l'île. En revanche, sur la façade orientale, dite « au vent », il a été observé une augmentation du nombre de jours de faibles précipitations, accompagnée d'une baisse de la durée des épisodes secs, mais peu d'évolution des quantités cumulées. Les mois d'hiver austral ont connu une baisse généralisée des précipitations. Le nombre de jours de précipitations modérées a baissé sur l'ensemble de l'île mais aucune tendance robuste ne peut être déduite sur la fréquence des épisodes de précipitations extrêmes (Météo-France, 2009a).

En Nouvelle-Calédonie, aucune évolution significative n'est décelée depuis les cinquante dernières années.

En Polynésie, aucune évolution significative du régime des précipitations n'a été constatée, à l'exception de Mururoa (Tuamotu) et Pueu (presqu'île de Tahiti) qui ont vu leurs cumuls croître (Finet *et al.*, 2001 *in* Avagliano et Petit, 2009). Aux Marquises, bien que les précipitations annuelles aient augmenté selon les postes de mesure de 50 à 100 % entre 1977 et 1999, il ne s'agit pas d'une tendance liée au changement du climat mais à l'Oscillation interdécennale pacifique (OIP)⁴.

4. Ce phénomène peut interagir avec l'ENSO *El Niño/La Niña*, mais reste bien distinct (oscillation sur un cycle > 10 ans contre 2 à 7 ans pour *El Niño/La Niña*).

En Martinique et Guyane, on n'identifie pas d'évolution statistiquement significative des précipitations moyennes annuelles sur la période 1965-2005.

Les tendances futures

La plupart des Dom-Com ont une étendue trop réduite pour que les modèles globaux représentent convenablement les évolutions climatiques locales. Cette difficulté est amplifiée pour les petits territoires insulaires où il faut corriger l'interaction continent/océan. Aussi, il existe très peu de travaux de projection climatique pour ces zones et cette section s'appuie donc sur un nombre limité d'études. Néanmoins, Météo-France réalise actuellement des simulations régionales sur les Dom-Com afin de compléter la base de connaissances : elles seront mises à disposition en 2013 sur le portail *Drias les futurs du climat*⁵.

Projections pour les températures futures

Une étude spécifique a été effectuée sur La Réunion et sa région géographique (Météo-France, 2009a), exploitant une simulation à haute résolution effectuée à l'aide du modèle ARPEGE-Climat. Elle projette un accroissement des températures plus élevé sur les grandes îles comme Madagascar que sur les océans. À proximité de La Réunion, le modèle simule un réchauffement compris entre 1,4 °C et 3,0 °C d'ici la fin du siècle selon les scénarios et la saison. L'analyse fine des températures par saison pour six postes de mesure de l'île de La Réunion révèle que les anomalies les plus importantes, à la fois pour les maximales et pour les minimales, se produisent pendant les mois d'été austral, indépendamment du poste étudié. À l'inverse, les anomalies les plus faibles se produisent pendant les mois d'hiver austral. Les effets du changement climatique se ressentiront donc d'autant plus que le réchauffement le plus important se produira pendant les mois les plus chauds de l'année. En revanche, les mois les plus frais, juin-juillet-août, connaîtront une hausse plus modeste.

Dans le Pacifique Sud, le 4^e rapport du Giec anticipe une augmentation des températures moyennes de surface de 1,8 °C d'ici 2100 (+ 1,4 °C à + 3,1 °C). Cette augmentation estimée est légèrement moins importante que l'augmentation mondiale projetée (de + 2,8 °C) et elle est relativement uniforme suivant les saisons de l'année (Météo-France, 2009a).

Ces résultats sont néanmoins une moyenne sur une zone extrêmement vaste (du Mexique à la Nouvelle-Zélande) et les variabilités interrégionales sont importantes. Ainsi la plupart des modèles anticipent un réchauffement 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) (Météo-France, 2009a).

En Nouvelle-Calédonie, une hausse des températures de 1,8 °C à 2,1 °C est projetée d'ici la fin du siècle (Maitrepierre, 2006).

Enfin, la variabilité du climat futur continuera d'être affectée par les phénomènes d'oscillation particuliers à cette zone (ENSO, OIP).

Le Giec anticipe une augmentation des températures moyennes annuelles de

5. *Drias les futurs du climat* constitue une des mesures inscrites au Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC). Le portail, ouvert en juillet 2012, est accessible à l'adresse : www.drias-climat.fr

la région Caraïbe de + 2 °C d'ici la fin du siècle sur la base du scénario d'émission médian (A1B). La tendance dans les îles Caraïbes est légèrement inférieure à la moyenne globale.

Pour la Martinique, des estimations préliminaires basées sur des descentes d'échelle statistiques anticipent des hausses de l'ordre de + 1,5 °C (scénario B1 du Giec) et à 2,3 °C (scénario A2) à horizon 2080 (Lepousez et Loukos, 2011). Des travaux en cours basés sur deux nouveaux scénarios du Giec (RCP 4.5 et RCP 8.5) et sur une descente d'échelle statistique anticipent une hausse de + 2 °C à + 3,5 °C à horizon 2071-2100. L'effet cumulatif avec les oscillations Nord Atlantique et ENSO est mal connu à l'heure actuelle.

Ce réchauffement de l'air affectera également la température des eaux continentales et marines.

Projection pour les précipitations futures

Sur La Réunion, les projections sur l'évolution des précipitations réalisées dans le cadre du quatrième exercice du Giec et issues des simulations des modèles globaux, font apparaître une baisse moyenne pour la fin du XXI^e siècle qui se situe entre 6 et 8 % par rapport à la situation actuelle selon les scénarios retenus, mais il faut être prudent dans l'interprétation des moyennes car la dispersion des résultats est très forte (– 36 à + 21 % selon les simulations). L'application d'une méthode de descente d'échelle, forcée par le scénario A2 pour l'horizon 2055, confirme une baisse attendue du cumul annuel des précipitations sur l'ensemble de l'île. Les périodes sèches seraient plus longues, particulièrement sur la façade sous le vent, aggravant ainsi les épisodes de sécheresse sur une zone déjà peu arrosée pendant la saison sèche (Météo-France, 2009a).

En Nouvelle-Calédonie, le modèle ARPEGE Climat projette une baisse des précipitations annuelles de – 5 à – 8 % à horizon 2070-2099 par rapport à la situation actuelle. La saison des pluies (janvier à mars) n'enregistrerait pas d'évolution significative alors que la saison sèche (août à novembre) deviendrait encore plus sèche (baisse des cumuls saisonniers de – 14 à – 24 %) (Maitrepierre, 2006).

Le quatrième rapport du Giec indique une légère augmentation des cumuls annuels de précipitations de + 3 % sur l'ensemble de la zone du Pacifique Sud d'ici la fin du siècle (scénario A1B). La variabilité régionale et saisonnière serait néanmoins très élevée : dans le Pacifique équatorial au Nord les précipitations augmenteraient de + 10 % à + 30 % alors que plus au Sud, elles seraient en baisse ou stationnaires (de 0 % à – 30 %) (Météo-France, 2009b). Un zoom de ces projections sur la Polynésie ferait apparaître une très forte disparité d'évolution : ainsi sur les Marquises les précipitations croîtraient de + 5 à + 20 %, sur les îles de la Société et Australes de + 5 à + 15 %, alors qu'à l'Est dans les Tuamotu les précipitations chuteraient de – 5 à – 40 % en saison humide (*ibid.*). Dans tous les cas, ces variations anticipées dans les moyennes annuelles de précipitations continueront de connaître une variabilité annuelle liée aux oscillations ENSO et OIP.

Les projections actuellement disponibles ne donnent pas d'indication claire quant à l'évolution des précipitations annuelles et/ou saisonnières du Nord de l'Amérique du Sud incluant le bassin amazonien. Le changement le plus marquant suggérerait un déplacement vers le sud de la zone de convergence inter-tropicale (ZCIT) et du transport d'humidité et de chaleur associé. Pour les Ca-

raïbes, dans l'hypothèse du scénario médian A1B, une diminution moyenne annuelle des précipitations de - 12 % [- 19 % à - 3 %] peut être attendue (Giec, 2007).

Des simulations en cours menées par Météo-France utilisant deux des nouveaux scénarios du Giec (RCP 4.5 et RCP 8.5) et le modèle régional ALADIN Climat ont modélisé le climat à une résolution de 10 km sur un domaine recouvrant les Petites Antilles (960 km *960 km) sur les périodes 1971-2000 et 2071-2100. Une descente d'échelle statistique puis une méthode de spatialisation pour cartographier les tendances des normales vues par le modèle (résolution 1 km). Les premiers résultats projettent une légère augmentation de la pluviosité annuelle se manifestant principalement par l'augmentation du cumul de précipitations en début de saison pluvieuse. Parallèlement, la saison sèche aurait tendance à être plus sèche. Ces résultats sont donc nuancés par rapport aux résultats régionaux du quatrième rapport du Giec tout en pointant une saison sèche plus intense.

Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de déduire de ces résultats des tendances sur une évolution quelconque des risques d'inondations liées aux fortes précipitations. On ne peut pas anticiper d'évolution des zones à risque d'inondation suite à des précipitations pour des causes climatiques : les choix d'aménagement influenceront de manière plus certaine sur l'évolution des risques que le changement climatique.

Enfin, il semble important de noter que des précipitations futures identiques ou en faible repli peuvent avoir des conséquences considérables dans les zones les moins arrosées : en effet, avec l'élévation de la température, l'évapotranspiration sera plus élevée ce qui pourrait provoquer des stress très importants pour la flore sauvage et cultivée.

Élévation du niveau des mers

D'après le dernier rapport du Giec, deux sources majeures expliquent l'élévation récente du niveau moyen des mers : l'expansion thermique due au réchauffement des masses d'eau et l'apport d'eau par la fonte des glaces continentales. Néanmoins l'élévation du niveau de la mer n'est pas uniquement liée au réchauffement climatique, d'autres paramètres influent naturellement : la salinité, les courants marins, la pression de surface ou encore la déformation des plateaux continentaux.

En terme d'observation sur la période 1993-2011, le niveau marin a cru dans l'ensemble de l'outre-mer (mesures altimétriques, d'après Planton *et al.*, 2012) :

- de 0 à 3 mm/an en Martinique et Guadeloupe ainsi qu'en Polynésie ⁶ ;
- de 2 à 3 mm/an à Saint-Pierre-et-Miquelon ;
- de 3 à 5 mm/an à Mayotte ;
- de 5 à 9 mm/an à La Réunion.

Les modèles analysés par le Giec projettent une montée du niveau de la mer entre 18 et 59 cm d'ici la fin du siècle, mais les processus dynamiques de fonte et de flux de glaces, dont l'importance est suggérée par des observations ré-

6. Ainsi à Papeete, le niveau marin s'est élevé de près de 9 cm entre 1975 et 2010 (source : <http://Onerc.org/fr/indicateur/graph/1629>).

centes, ne sont pas pris en compte dans ces projections et pourraient raisonnablement apporter une contribution supplémentaire de 10 à 20 cm à ce niveau marin (Planton *et al.*, 2012). La fourchette de 18-59 cm est donc à considérer comme une borne inférieure de la montée du niveau de la mer pour le XXI^e siècle.

Des projections plus pessimistes ont récemment été publiées dans la littérature scientifique suggérant une élévation du niveau de la mer supérieure à 1 m d'ici la fin du siècle (Rahmstorf *et al.*, 2007 ; Vermeer et Rahmstorf, 2009). Cependant, les méthodes utilisées pour ces projections ne s'attachent pas à reproduire les processus physiques en jeu mais à extrapoler statistiquement les tendances actuelles : elles doivent donc être considérées avec beaucoup de précautions.

La distribution régionale du changement du niveau de la mer est quant à elle encore plus difficile à estimer car elle dépend aussi de l'évolution locale de plusieurs paramètres indiqués précédemment : de la température de l'océan, de la salinité, des courants marins, de la pression de surface, de l'apport d'eaux continentales ou encore de la déformation des plateaux continentaux. Dans l'état actuel des connaissances, il n'est donc pas possible de proposer des hypothèses solides d'élévation du niveau de la mer au niveau régional. Compte tenu de cette incertitude l'Onerc recommande ainsi la prise en considération des valeurs suivantes sur l'ensemble des côtes françaises.

Tableau 1 – Projections d'élévation du niveau de la mer

Élévation projetée (cm)	2030	2050	2100
Optimiste	10	17	40
Pessimiste	14	25	60
Extrême	22	41	100

Source : Onerc, 2010.

L'élévation de la mer amplifiera les tendances d'érosion côtière observées aujourd'hui (Nicholls, 2007 *in* Planton *et al.*, 2012) mais ce seul effet climatique n'entraînera pas d'érosion généralisée de l'ensemble des côtes. L'élévation du niveau de la mer n'est qu'un des nombreux facteurs qui affectent la dynamique du trait de côte (avec les facteurs géodynamiques, biologique et anthropogéniques) et l'activité humaine reste un des facteurs déterminants dans de nombreux cas d'érosion.

Si l'élévation de la mer est un phénomène lent et progressif, elle augmentera significativement les risques de submersion marine. L'interaction de l'élévation graduelle du niveau des mers avec les phénomènes de houle, de marée et de dynamique des vagues est encore un sujet de recherche. Néanmoins, l'élévation du niveau moyen entraînera mécaniquement une plus forte probabilité de submersion ou de franchissement côtiers, même sans évolution des régimes de tempêtes.

L'élévation du niveau de la mer peut également provoquer des intrusions salines dans les aquifères côtiers les rendant impropres à la consommation et affectant les écosystèmes liés (zones humides, zones agricoles, etc.). Cette tendance inéluctable ne trouve pas de solution technique évidente et se trouve amplifiée par les prélèvements anthropiques dans les nappes d'eau douce.

L'élévation du niveau de la mer peut également provoquer une remontée du niveau piézométrique : les lentilles d'eau douce peuvent se retrouver « poussées » vers la surface en occasionnant des impacts sur les infrastructures du sous-sol ou côtières (localisation des captages, systèmes d'assainissement, corrosion des fondations et des réservoirs enterrés, déstabilisation des ballasts, etc.).

Autres paramètres

En ce qui concerne l'évolution de l'activité cyclonique, des tempêtes tropicales, du nombre de jours d'orages, de la fréquence et ampleur des houles, des sécheresses, ou encore des régimes des vents, des développements régionaux restent à réaliser. On rappellera néanmoins certaines conclusions du quatrième rapport du Giec sur ces sujets :

– il y aura « vraisemblablement » une augmentation de l'intensité des cyclones tropicaux (avec une certitude plus grande pour l'Atlantique Nord que pour les autres bassins). Cette augmentation serait alors principalement liée aux effets du réchauffement anthropique et se traduirait par une augmentation des précipitations associées. En revanche, l'évolution de la fréquence de ces cyclones est indéterminée ;

– il est « vraisemblable » que certains événements extrêmes vont devenir plus fréquents ou plus intenses (en particulier les pluies extrêmes, les canicules et les sécheresses).

Enfin, l'acidification des océans mérite une mention : si elle n'est pas liée au réchauffement climatique, il s'agit néanmoins d'une autre conséquence de la quantité croissante de dioxyde de carbone présente dans l'atmosphère. En effet, le CO₂ de l'air se dissout en partie dans les masses océaniques en provoquant un abaissement de leur potentiel hydrogène (pH). L'acidification des océans (baisse du pH) a des conséquences importantes sur le fonctionnement et la productivité des écosystèmes marins de l'outre-mer. Ce point, qui accompagne le réchauffement climatique, sera notamment développé plus loin quant aux pressions néfastes et cumulatives qu'il exerce sur de nombreux écosystèmes coralliens notamment.

Tableau 2 – Récapitulatif sur les évolutions des températures et des précipitations

	Températures		Précipitations	
	Observations récentes	Horizon 2080	Observations récentes	Horizon 2080
Antilles-Guyane	↑ + 1,5 C (Martinique) + 1,3 C (Guyane)	↑↑ + 2 à 3 C	↔ Pas d'évolution	↓ - 12 % (régional) ↔ 0 % (Martinique)
La Réunion	↑ + 0,65 à 1°C	↑↑ + 1,4 à 3 C	↔ Légère baisse	↓ - 8 %
Polynésie	↑ + 1 C	↑ + 1,5 à 2,5°C	↔ Pas d'évolution	↑ + 5 à 20 % (Martinique, îles de la Société, îles Australes) ↓↓ - 5 à - 40 % (Tuamotu)
Nouvelle-Calédonie	↑ + 1 C	↑ + 1,8 à 2,1°C	↔ Pas d'évolution	↓ - 5 à - 8 %

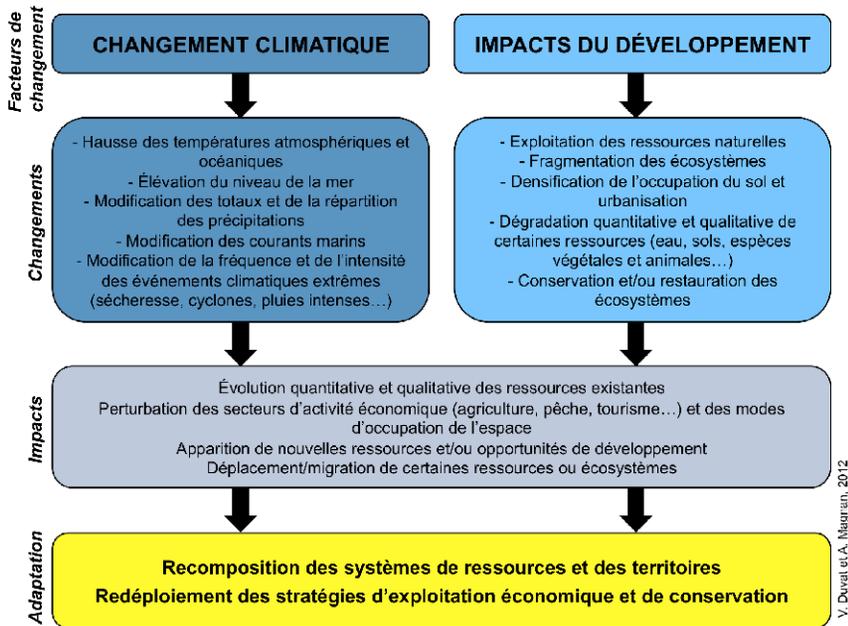
Tableau 3 – Récapitulatif sur les évolutions du niveau de la mer et des événements extrêmes

	Élévation niveau de la mer		Événements extrêmes	Cyclones tropicaux **
	Observations récentes	Tendance d'ici la fin du siècle	Tendance d'ici la fin du siècle	Tendance d'ici la fin du siècle
Ensemble des outre-mer	↑ + 3 mm/an	↑ + 40 cm (optimiste) ↑↑ + 60 cm (pessimiste) ↑↑↑ + 1 m (extrême)	↑ Pluies violentes * ↑ Sécheresses * ↑ Canicules * ↑ Feux de forêt *	↑ Intensité * ↔ Fréquence

* Tendance probable mais non précisément quantifiée.

** Ne concerne que les zones tropicales.

Figure 2 – Approche générale de l'adaptation au changement climatique



Enfin, une autre justification à ne pas considérer le changement climatique seulement comme un problème futur est que c'est sur les conditions environnementales et de développement actuelles que repose la capacité d'adaptation des territoires, et donc leur aptitude à engager une démarche d'adaptation sur le long terme.

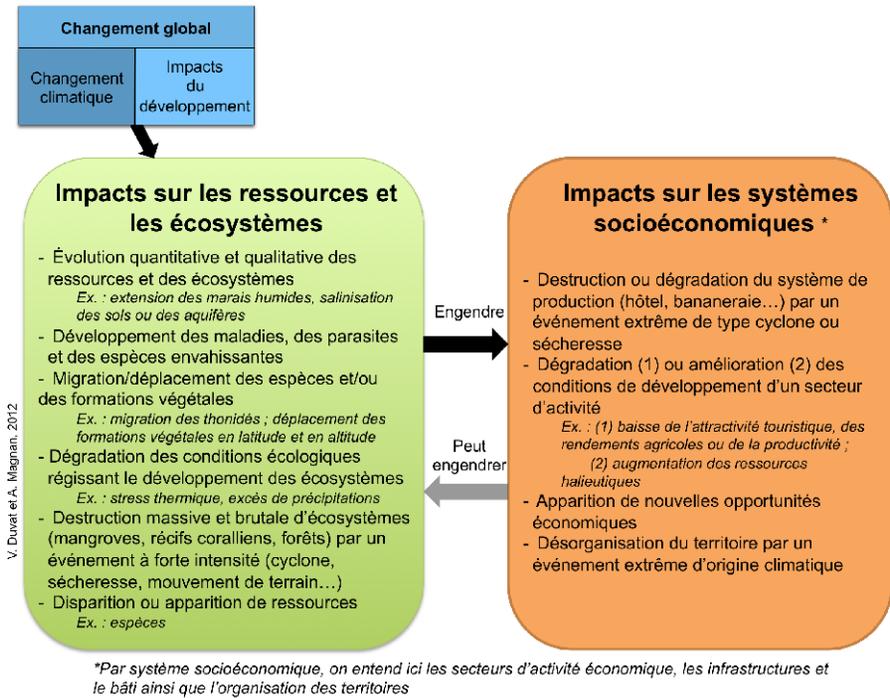
Le territoire comme « système de ressources »

Parce que chaque île/archipel est riche d'une certaine diversité de composantes environnementales et anthropiques, qui par ailleurs interagissent, on peut considérer ces territoires comme des « systèmes de ressources » produits et gérés par les sociétés pour satisfaire leurs besoins présents et futurs. Par conséquent, la vulnérabilité d'un territoire, tout comme ses piliers d'adaptation, prennent racine dans les logiques de fonctionnement de son système de ressources. Penser le territoire comme un système de ressources environnementales et anthropiques est nécessaire pour placer l'analyse des impacts potentiels du changement climatique et des possibles formes d'adaptation dans une approche globale (prise en compte de l'ensemble des composantes territoriales), systémique (analyse de leurs interactions) et dynamique, en considérant que tout état (morphologique, écosystémique, sociétal, économique...) est momentané, car modifié en permanence par les processus en jeu.

Certaines interactions résultent d'effets d'enchaînement d'ordre physique (entre morphologie, processus naturels, niveaux de ressources et exposition aux aléas) ou anthropique (relations sociales, effets de concurrence économique, etc.). D'autres interactions, entre facteurs anthropiques et facteurs naturels, méritent aussi une analyse approfondie dans le contexte du changement

climatique, car elles sont à la base de la durabilité des modes de développement (figure 3). En milieu tropical par exemple, les modalités d'aménagement du territoire ont des effets majeurs sur la morphologie côtière, l'état des écosystèmes (récifs coralliens, mangroves, etc.), l'évolution des ressources et l'exposition des sociétés aux aléas naturels (Duvat, 2007). Le remblayage de l'avant-côte et l'extraction de matériaux de construction sur les platiers récifaux, par exemple, ont pour effets, d'une part, de modifier la morphologie côtière et de déstabiliser les plages au détriment des zones habitées qui les bordent, et d'autre part, d'accélérer la dégradation des écosystèmes. Ainsi, l'aggravation des risques liés à la mer est en grande partie le résultat de modifications de la morphologie littorale et de la destruction des espaces tampons protecteurs (crêtes de plage, plages, mangroves, platiers récifaux) par des pratiques actuelles d'aménagement et d'exploitation des ressources qui sont inadaptées.

Figure 3 – Le système de ressources : interdépendance entre écosystèmes et secteurs d'activité économique



Le changement climatique comme « chaîne d'impacts »

Il faut donc considérer le changement climatique comme étant une « chaîne d'impacts ». Les perturbations du système climatique se traduiront par l'évolu-

tion de certains grands paramètres (températures de l'air, précipitations, niveau de la mer), qui aura potentiellement des répercussions sur la fréquence, l'intensité et la répartition des aléas. Ceux-ci auront eux-mêmes des conséquences plus ou moins marquées sur les ressources naturelles (eau, sols, espace terrestre, etc.), et donc à terme sur les conditions de maintien et de développement de nombre d'activités humaines (agriculture, production d'énergie, aménagement du territoire, etc.). Certains secteurs d'activité sont également directement sensibles à l'évolution des conditions climatiques, comme le tourisme ou la santé, par exemple.

Appréhender cette chaîne d'impacts permet de comprendre en quoi le changement climatique menace les territoires et les sociétés. Cette logique a été adoptée dans la suite de ce document pour décrire, pour chaque secteur d'activité économique, les impacts potentiels directs et indirects du changement climatique.

Le poids relatif des incertitudes climatiques

Les incertitudes sur les impacts du changement climatique sont « normales »

Schématiquement, l'ampleur du changement climatique à l'échelle mondiale va dépendre i) des émissions de GES passées, actuelles et futures ; et ii) de la réponse du système climatique à ces émissions. Ces deux éléments sont des composantes de la construction des « modèles climatiques », dont les résultats sont les « projections climatiques ». Pour avoir une idée du climat futur, il faut donc savoir quelles seront les émissions de GES d'ici là. Or, celles-ci vont dépendre des choix de développement que nos sociétés feront dans les années et décennies à venir. Et comme il est impossible de définir dès maintenant de tels choix, les modélisateurs utilisent des « scénarios d'émissions » qualifiant différentes tendances possibles d'émissions. Ils appliquent ensuite à ces scénarios leur connaissance du fonctionnement de l'atmosphère et de l'océan, pour dégager les possibles évolutions associées de l'effet de serre, puis du climat mondial. Ainsi, les modèles climatiques sont une représentation simplifiée du monde réel, et les projections climatiques ne sont dès lors que des images d'un climat plausible. Au final, la science du climat dresse donc des scénarios possibles de changement climatique, qui servent ensuite de base à l'analyse des impacts envisageables sur l'environnement et les sociétés.

Au fil de cette construction de la connaissance, de multiples incertitudes vont se combiner, tant sur les émissions futures que sur la réaction des systèmes atmosphériques et océaniques. C'est ce qui explique qu'il existe des incertitudes sur les impacts précis du changement climatique aux échelles locales. Il faut cependant bien comprendre que ces incertitudes ne sont pas une défaillance de l'exercice de modélisation climatique, mais simplement le reflet (normal) de notre compréhension imparfaite des mécanismes physiques comme des évolutions sociétales futures. Les modèles ne peuvent donc être crédités d'aucun pouvoir de prévision. Ils dessinent juste des futurs possibles.

En revanche, l'on peut « croire » en ce qu'ils disent (Randall *et al.*, 2007), par exemple que la température moyenne de la Terre se réchauffe. Les modèles sont en effet fondés sur des lois physiques établies et sur une profusion d'ob-

servations, de même qu'ils simulent très bien les grandes lignes des climats actuels et passés, et qu'ils ne se contredisent que rarement les uns les autres. À côté de ces incertitudes, nous avons donc des certitudes, ce qui justifie de ne pas attendre passivement que la science du climat affine ses modèles pour agir, donc d'engager dès aujourd'hui des actions d'adaptation.

L'incertitude n'est pas un frein à l'adaptation

La question qui se pose dès lors est de savoir si l'existence d'incertitudes sur les impacts futurs du changement climatique aux échelles locales constitue un réel problème ou non. À vrai dire, l'incertitude sur l'avenir est une constante du développement des sociétés humaines. La spécificité de l'époque contemporaine est que nous avons pris l'habitude d'agir à partir de connaissances scientifiques éprouvées. Le défi climatique questionne en ce sens les modèles de développement modernes. Dans quelle mesure l'absence de savoir limite-t-elle la mise en œuvre d'un développement durable ? C'est bien ici à la capacité d'adaptation des sociétés modernes qu'il est fait référence car l'adaptation, en permettant des réajustements, des réorientations dans les choix de développement au fil des événements et des évolutions, constitue à l'évidence l'une des clés pour palier l'incertitude. Accepter l'incertitude est donc un impératif, ce qui suppose une évolution des attitudes et des comportements de l'ensemble des composantes des sociétés (décideurs, gestionnaires et populations).

Sur un plan plus pragmatique, les points précédents rappellent que le changement climatique va essentiellement avoir pour effet aux échelles locales d'exacerber des pressions existantes, liées à des modes de développement non soutenables. Autrement dit, commencer par régler les problèmes actuels de dégradation de l'environnement et de déséquilibres socio-économiques constitue un premier pas nécessaire, pour ne pas dire indispensable, pour une adaptation sur le long terme. Cela peut par exemple consister à mettre en place des stratégies « sans regret » – qu'il y ait changement ou pas, ce sont de toute façon de bonnes pratiques dès aujourd'hui – ou « flexibles » – des choix et des aménagements réversibles – (Schneider, 1989 ; Hallegatte, 2009 ; Heltberg *et al.*, 2009 ; Barnett et O'Neill, 2010).

Des contraintes et des opportunités

Un dernier point doit être abordé. Il renvoie à la nature négative ou positive des impacts du changement climatique. La communauté scientifique internationale comme les organisations internationales, les organisations non gouvernementales, les collectivités locales, les acteurs privés, etc. , conçoivent essentiellement le changement climatique comme un ensemble de contraintes. Et pour cause, les travaux recensés dans les rapports du Giec, par exemple, montrent combien les menaces potentielles sont lourdes en termes de perte de biodiversité, de pénuries de ressources, de destruction des moyens de production, d'insécurité sanitaire et alimentaire, etc. Il est donc extrêmement important de prendre ces menaces au sérieux. Il est par ailleurs crucial de considérer également les opportunités que va potentiellement générer le changement climatique. Si les évolutions climatiques vont se traduire dans certaines destinations

touristiques par une perte d'attractivité, elles vont s'évaluer en termes d'amélioration dans des territoires jusque-là peu à pas touristiques. La vulnérabilité économique des premiers aura tendance à s'accroître quand celle des seconds, si l'activité touristique est mise en valeur, pourra être réduite. Sur un même territoire, des productions agricoles vont probablement bénéficier de la baisse des rendements d'autres productions, permettant alors au système agricole considéré dans sa globalité, moyennant évidemment des réajustements, de se maintenir.

Le problème auquel il faut alors faire face est que les effets dommageables du changement climatique ne sont ni mieux, ni moins prévisibles que ses effets positifs. Et l'éthique pousse, dans un tel contexte, à se concentrer en priorité sur la lutte contre les effets négatifs. Mais cela ne doit pas pour autant conduire à négliger les potentiels effets positifs, car des stratégies d'adaptation pourront reposer sur eux, par exemple parce qu'ils permettront une diversification économique.

Dans ce rapport, nous avons donc essayé de mettre également en avant quelques perspectives positives, et surtout de les corrélérer aux impacts négatifs à attendre du changement climatique. C'est en effet dans cet équilibre impacts négatifs/positifs que va résider la pertinence de telle ou telle stratégie d'adaptation.

Analyses sectorielles

Ce chapitre couvre huit secteurs qui seront affectés par le changement climatique. Si le champ couvert par les analyses est très large, il n'est cependant pas exhaustif. Par souci de facilitation de la lecture l'ensemble des huit sections est rédigé selon une structure identique :

- situation du secteur, importance socio-économique et dynamique actuelle ;
- impacts attendus du changement climatique et vulnérabilités identifiées ;
- adaptations envisageables pour ce secteur : pratiques à poursuivre, pratiques à risque, nouvelles actions sans regrets envisageables.

Analyse sectorielle

Impacts du changement climatique sur la biodiversité d'outre-mer

Aurélie Bocquet (Comité français de l'UICN),
Michel Allenbach (Université de Nouvelle-Calédonie)
Michel Porcher (IFRECOR)

- Le changement climatique affecte déjà la santé des écosystèmes, leurs richesses et les services qu'ils rendent dans les outre-mer.
- La protection de ce patrimoine unique pour la France, l'Europe et le monde est indispensable car des écosystèmes en bonne santé seront mieux à même de s'adapter au changement du climat.
- Le contrôle des espèces invasives et la limitation des actions anthropiques dommageables aux écosystèmes sont des mesures sans regret pour l'adaptation.
- Les écosystèmes peuvent également être des outils d'adaptation efficaces pour d'autres secteurs (gestion de l'érosion, limitation des mouvements de terrain, fourniture de produits alimentaires et touristiques).

Introduction

Le caractère insulaire de la plupart des outre-mer (tous sauf la Guyane et la Terre Adélie) est à l'origine du très haut niveau d'endémisme de leur faune et de leur flore. En effet, ils ont moins eu à subir les influences extérieures et leurs espèces se sont essentiellement développées en vase clos.

Malheureusement, les collectivités d'outre-mer souffrent déjà d'une dégradation environnementale causée par les pollutions, la destruction d'habitats, les espèces exotiques envahissantes et la surexploitation des espèces. Cette dégradation générale est accentuée par les conséquences du changement climatique.

Les impacts du changement climatique touchent des régions où la biodiversité est très riche, du point de vue patrimonial comme des services rendus aux communautés. Dépourvues – ne serait-ce que partiellement – de leurs écosystèmes naturels, les populations humaines de ces régions s'en trouveraient extrêmement appauvries.

Outre l'impact direct sur la biodiversité, le changement climatique affecte également les habitants des collectivités qui dépendent directement de la biodiversité pour les ressources alimentaires (voir l'analyse sur l'agriculture et l'élevage), la valorisation économique (voir l'analyse sur le secteur du tourisme) ou la protection du littoral (voir l'analyse sur l'aménagement du littoral et les risques naturels).

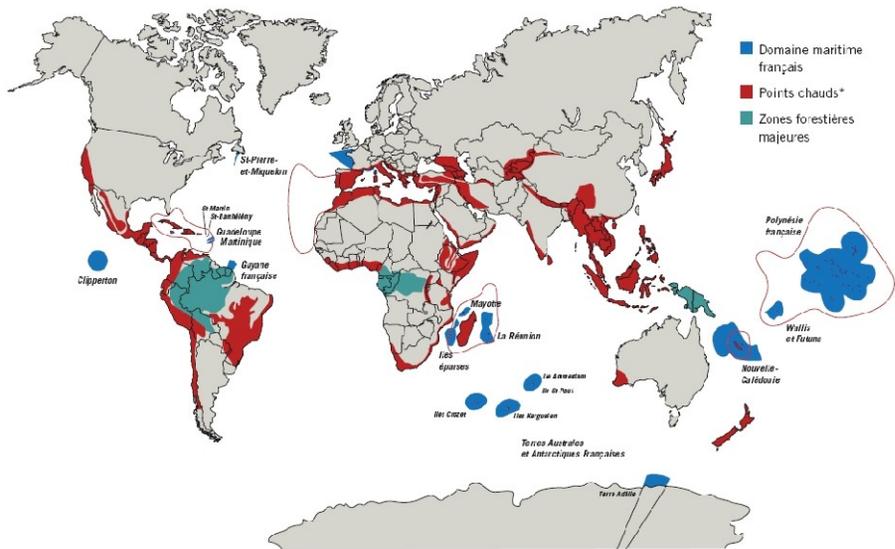
Panorama de la biodiversité dans les collectivités françaises d'outre-mer

Les collectivités d'outre-mer abritent 80 % de la biodiversité française sur 22 % du territoire national. Elles concentrent plus de 98 % de la faune vertébrée et 96 % des plantes vasculaires spécifiques à la France. Cette richesse écolo-

gique s'explique en majeure partie par l'insularité de la plupart des collectivités. Au niveau terrestre, les collectivités d'outre-mer hébergent plus d'espèces pour tous les groupes que la métropole. Dans le cas des espèces endémiques, il y a globalement 26 fois plus de plantes, 3,5 fois plus de mollusques, 100 fois plus de poissons d'eau douce et 60 fois plus de d'oiseaux dans les collectivités d'outre-mer (Gargominy, 2003).

Toutes les collectivités d'outre-mer sont situées dans des « points chauds » (*hotspots*) de biodiversité (représentation sur la carte 1), c'est-à-dire des zones à forte richesse écologique soumises à des menaces significatives. Quelques caractéristiques, en termes de biodiversité, propres aux collectivités d'outre-mer sont détaillées ci-après.

Carte 1 – Carte présentant les trente-quatre points chauds de la biodiversité mondiale et la situation particulière de la France, présente dans cinq de ces zones



Source : UICN France, 2009 d'après Conservation international.

Biodiversité côtière tropicale

Les récifs coralliens

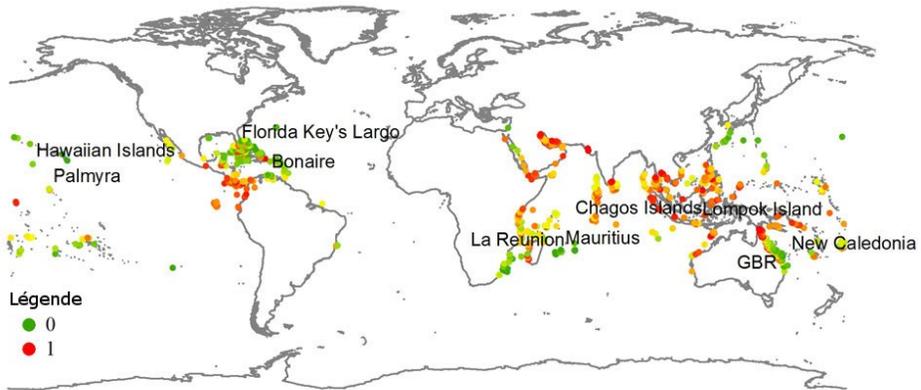
Les récifs coralliens doivent leur existence à l'activité constructive des coraux, colonies animales qui hébergent dans leurs tissus des algues microscopiques. Les coraux sécrètent un squelette calcaire qui va persister après leur mort et dont l'accumulation successive permet de constituer les récifs. Les récifs coralliens sont ainsi la plus grande construction jamais réalisée par les êtres vivants à la surface de la planète.

Les coraux et les récifs qu'ils construisent s'épanouissent dans les eaux chaudes peu profondes de la zone intertropicale, soit près des continents, soit

autour d'îles océaniques. Le récif agrège autour de lui une importante biodiversité : environ 100 000 espèces des récifs coralliens ont été décrites, soit approximativement le tiers de toutes les espèces marines décrites à ce jour. On compte environ 800 coraux, 25 000 mollusques, 8 000 poissons et autres vertébrés et des dizaines de milliers d'autres invertébrés (crustacés, échinodermes, gastéropodes).

Les récifs sont répartis en deux grands ensembles aux faunes et flores distinctes : la province caraïbe dans l'océan Atlantique et la province indopacifique dans les océans Indien et Pacifique.

Carte 2 – État de santé des principaux récifs.



Les points colorés correspondent à une note entre 0 et 1. Du vert pour un récif en bonne santé (valeur 0), le dégradé va jusqu'au rouge (valeur 1) pour un fort risque de disparition

Source : d'après *Wildlife Conservation Society*, www.wcs.org

Les coraux sont des animaux marins invertébrés appartenant à l'ordre des cnidaires (comme les anémones de mer ou les méduses). L'unité composant le corail est le polype. Le corail vit en symbiose avec une algue : certains types de coraux possèdent dans leurs tissus des micro-algues symbiotiques, les zooxanthelles. En captant l'énergie lumineuse, ces algues photosynthétiques apportent au corail une ressource énergétique supplémentaire favorisant la croissance de son squelette calcaire. En retour, les algues trouvent au sein du corail un milieu stable et les éléments nécessaires à la réalisation du processus de photosynthèse.

Le réchauffement climatique est une des menaces qui pèse sur les récifs coralliens. En particulier, l'augmentation de la température de l'eau menace le fragile équilibre qui relie les polypes et les zooxanthelles, provoquant le phénomène de blanchissement des coraux.

Au niveau mondial, les suivis de l'état de santé des milieux coralliens montrent une régression forte et continue. En 2011, 60 % des récifs coralliens sont menacés. D'ici le milieu du siècle, 75 % pourraient atteindre un degré de menace critique.

Les lagons et récifs français sont actuellement dans un état relativement satisfaisant et en danger modéré, à l'exception des secteurs situés à proximité des zones urbaines. Le dernier bilan de l'état de santé des récifs français montre

une relative stabilité sur les dix dernières années, mais la composition des communautés coralliennes a tendance à se modifier dès lors que le fonctionnement s'éloigne des conditions de référence des années 1970 (période des premiers inventaires et études systématiques).

Les récifs les mieux conservés sont ceux qui subissent la plus faible pression humaine, comme les récifs des collectivités du Pacifique (Polynésie française, Nouvelle-Calédonie). Ces deux domaines regroupent 95 % des surfaces récifolagonaires françaises avec des densités de population très faibles (moins de 100 habitants/km²), ou encore les îles Éparses de l'océan indien, inhabitées. La situation est plus contrastée dans les départements d'outre-mer (Antilles et La Réunion) où les écosystèmes coralliens sont bien moins étendus alors que la densité de population est très importante (200 à 500 habitants/km²) et induit des pressions importantes. Dans les Antilles françaises, par exemple, comme dans l'ensemble des pays de la Caraïbe, les récifs peuvent être considérés comme étant en danger dit « moyen », ce qui est préoccupant au regard de la biodiversité, en raison de l'endémicité très élevée de cette zone.

Les mangroves

Les mangroves sont des « forêts » aquatiques à l'interface entre l'eau douce et l'eau de mer. Cet écosystème spécifique de la zone intertidale est l'un des plus productifs au monde. Il a développé des capacités d'adaptation à des conditions extrêmement sélectives et la distribution des différentes espèces végétales est fonction de paramètres tels que la salinité (Walsh, 1974), la durée d'inondation (McKee, 1993), le taux de sédimentation (Ellison, 1998). Actuellement, la mangrove occupe environ 75 % des littoraux tropicaux du monde sur près de 200 000 km² et sa végétation est constituée par 19 familles de palétuviers, se décomposant en 27 genres et 70 espèces (Marchand *et al.*, 2010 ; pour un aperçu détaillé par territoire, voir le chapitre consacré au secteur forestier, *infra*).

La mangrove revêt une importance capitale aussi bien au niveau écologique qu'économique. Elle joue un rôle essentiel dans la conservation des littoraux tropicaux. Tout d'abord, elle stabilise le trait de côte, et sert de barrière contre l'érosion due à la houle, en diminuant l'énergie des vagues et en modifiant les hydrocirculations. Par ailleurs, du fait de sa forte productivité, elle est à la base du cycle des nutriments en milieu côtier. Les eaux littorales bordant les mangroves sont généralement riches en crevettes et poissons. La mangrove assure la fonction de refuge et de nurserie, en abritant une grande biodiversité animale : mollusques, crabes, poissons, lézards, serpents, tortues, oiseaux...

Les herbiers de phanérogames marines

Les herbiers sont des « prairies » marines. Ils regroupent de nombreuses espèces de plantes qui poussent sous l'eau. Situés entre le récif et la mangrove, ils abritent également une faune et une flore diversifiée : oursins, concombres de mer, étoiles de mer. Ils sont notamment des *nurseries* pour de nombreux juvéniles de poissons des récifs, offrant abri et nourriture. Les herbivores marins comme le dugong ou le lamantin se nourrissent de ces prairies marines.

Les récifs coralliens, les mangroves et les herbiers sont donc des écosystèmes en étroite interaction. Particulièrement fragiles et menacés, ils sont néanmoins

la source de nombreux services écologiques.

La Guyane

La Guyane abrite le bloc forestier le plus étendu d'Europe. La biodiversité y est exceptionnellement riche en nombre d'espèces : sur une surface six fois plus petite que la métropole, la Guyane héberge un tiers de plantes indigènes supplémentaires et trois fois plus de vertébrés. Par exemple, on trouve en Guyane huit fois plus de poissons d'eau douce, cinq fois plus de reptiles et trois fois plus de chiroptères (chauves-souris). Ces échelles sont au moins équivalentes pour les insectes, mais les connaissances sont encore très fragmentaires.

La Guyane abrite aussi des espèces hautement emblématiques, uniques dans le contexte européen, comme le jaguar, l'anaconda, la tortue luth et des insectes parmi les plus grands du monde à l'image du coléoptère titan. Les milieux naturels sont très divers : forêt sur sables, forêts inondables, savanes, mangroves, zones humides... et inégalement protégés.

Saint-Pierre-et-Miquelon

L'archipel est de faible superficie et proche du continent nord-américain, l'endémisme est donc très limité. La spécificité écologique de Saint-Pierre-et-Miquelon porte sur la présence de la seule forêt boréale de France. Cet écosystème original régresse du fait de la pression importante et répétée d'espèces exotiques envahissantes telles que le cerf et le lièvre.

Sur le plan maritime, l'archipel se trouvant dans la zone de confluence du courant froid du Labrador et courant chaud du Gulf Stream, les eaux sont très riches en éléments nutritifs favorables au développement du plancton. C'est pour cette raison que plus de trente espèces de mammifères marins (dont la baleine franche de l'Atlantique nord menacée d'extinction), d'importantes colonies d'oiseaux marins et de poissons pélagiques (dont la morue de l'Atlantique classée vulnérable sur la liste rouge de l'UICN) évoluent dans cette zone.

Les îles tropicales des Caraïbes et de l'océan Indien

Les îles de Guadeloupe, Martinique, Mayotte, La Réunion, Saint-Barthélemy et Saint-Martin présentent de nombreuses similitudes en termes de biodiversité.

La biodiversité se caractérise principalement par des forêts humides, des forêts sèches, des forêts marécageuses, des mangroves, des herbiers et des constructions récifales. La végétation terrestre s'organise selon un gradient altitudinal et en fonction de l'exposition aux vents dominants de saison humide et de saison sèche (versant « au vent » et versant « sous le vent »).

Les écosystèmes de basse altitude sont souvent encore bien conservés mais subissent des pressions très importantes à cause des aménagements croissants induits par l'évolution démographique.

Les mangroves, aussi largement présentes en Guyane, assurent de multiples fonctions écologiques. Elles jouent notamment un rôle majeur pour la protection physique des côtes contre l'érosion.

La flore et la faune de certaines îles, comme Saint-Barthélemy ou Mayotte, sont particulièrement mal connues mais ces îles abritent néanmoins quelques

espèces endémiques. Mayotte présente des enjeux de conservation très importants pour le milieu marin du fait de la superficie très étendue du lagon, de la double barrière corallienne et de la présence d'espèces emblématiques (dugong, tortues).

En raison de son relief volcanique très escarpé, La Réunion est relativement bien conservée, elle représente donc un fort atout régional pour la conservation de la biodiversité. Inoccupée à l'arrivée des Européens, La Réunion a pu témoigner de l'originalité des îles océaniques, avec notamment la présence du Solitaire, oiseau inapte au vol, à l'image du fameux Dodo, emblème des espèces disparues du fait de l'homme.

Les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF)

Les trois archipels des TAAF ont la particularité d'être tous inhabités et d'abriter une biodiversité riche et diverse. Les perturbations anthropiques sur les milieux naturels sont plus limitées que dans les autres collectivités d'outre-mer. Cette caractéristique fait des TAAF le « laboratoire » idéal pour l'étude des impacts du changement climatique sur la biodiversité.

Du fait de la distance importante des îles les unes par rapport aux autres, les moyens pour la gestion des espaces protégés doivent être à la hauteur des enjeux. Les TAAF sont, en particulier, le lieu d'une pêche illégale conséquente menaçant les stocks.

Les collectivités du Pacifique

La Nouvelle-Calédonie, possède la deuxième plus grande barrière corallienne du monde (1 600 km de long) délimitant un gigantesque lagon de 23 400 km² inscrit sur la liste des sites naturels du patrimoine mondial de l'Unesco.

Dans les terres ultramaïques du Sud de la Nouvelle-Calédonie et le maquis minier associé, la quasi-totalité des plantes est endémique de même que certains animaux comme le Cagou (dernier représentant d'une famille d'oiseau restreinte à la Nouvelle-Calédonie) ou quatre-vingt-un reptiles. Dans ce contexte, l'uniformisation de la faune et de la flore au travers des espèces exotiques envahissantes et la destruction des habitats naturels serait une véritable catastrophe écologique.

À Wallis et Futuna, la forêt (littorale ou sempervirente humide) recouvrant la quasi-totalité de l'île autrefois est en forte régression sous l'effet du défrichement au bénéfice de cultures traditionnelles et surtout des plantations de cocotiers. À Wallis, la forêt est très menacée puisqu'il n'en reste plus que quelques lambeaux. La situation est moins critique mais néanmoins préoccupante à Futuna avec 24 % de surface couverte de forêt. À Alofi, la troisième île de l'archipel, habitée périodiquement, la forêt couvre encore 60 % de la surface.

La Polynésie française concentre quatre-vingt-quatre atolls, soit 20 % du total mondial. Les récifs coralliens, couvrant plus de 15 000 km² (soit quatre fois plus que les terres émergées), hébergent une diversité relativement faible mais représentant un milieu hautement productif au centre du tissu socio-économique de la Polynésie. Les phénomènes de spéciation⁸, les colonisations épisodiques des cent vingt îles, les extinctions locales et les fragmentations ont

8. La spéciation est le processus évolutif par lequel de nouvelles espèces vivantes apparaissent.

façonné une diversité en espèces exceptionnelle, avec un endémisme archipélagique ou insulaire approchant les 100 % selon les groupes. Certaines plantes, escargots, insectes ou araignées sont même endémiques d'un seul sommet ou d'une seule vallée.

Vulnérabilité de la biodiversité

Si l'insularité de la plupart des collectivités d'outre-mer est le facteur de leur très haut niveau d'endémisme, elle est également facteur de fragilité. Les populations limitées des espèces sur une partie d'un territoire les rendent vulnérables face à l'extinction. L'endémisme est une notion de première importance : la disparition des populations d'un territoire (extinction locale) signifie la disparition de l'espèce à l'échelle mondiale (extinction globale). La conservation des espèces endémiques est à ce titre un des premiers principes fixé par la convention sur la diversité biologique adoptée au sommet de la Terre à Rio en 1992 et signée par la France.

La modification des habitats naturels, ou leur destruction pure et simple, est l'un des mécanismes les plus destructeurs de la biodiversité. Toutes les collectivités d'outre-mer sont concernées. La modification des habitats peut avoir lieu lors de l'urbanisation de zones inhabitées, de la construction d'infrastructures, de l'exploitation forestière et agricole, de l'extension d'activités minières, des feux ou, pour les récifs coralliens, de la pollution (chimique, biologique, sédimentaire), des aménagements du littoral ou des activités touristiques insuffisamment encadrées.

L'insularité rend les territoires d'outre-mer particulièrement vulnérables aux introductions d'espèces envahissantes⁹. L'absence d'animaux brouteurs a rendu les espèces végétales fragiles devant la pression des bovins, chèvres ou cerfs introduits, tandis que l'absence de prédateurs a rendu les espèces animales très vulnérables face aux chats, chiens ou rats introduits. Les paysages ne sont pas plus épargnés puisque ce sont des formations monospécifiques d'espèces envahissantes qui remplacent progressivement de nombreuses formations naturelles d'outre-mer. Par exemple, le miconia (*Miconia calvescens*) introduit en Polynésie française à des fins ornementales a envahi 70 % de la surface de Tahiti, 35 % de celle de Moorea et 2,5 % de Raiatea. Il s'est également naturalisé sur les îles de Tahaa, Nuku Hiva et Fatu Hiva situées à environ 1 400 km de Tahiti.

La surexploitation des ressources naturelles est la troisième cause majeure de disparition des espèces. Le Dodo (*Raphus cucullatus*) de l'île Maurice, le Solitaire (*Threskiornis solitarius*) et la tortue géante de Bourbon (*Cylindraspis indica*) en sont de célèbres exemples. Plus récemment, le phoque des Caraïbes (*Monachus tropicalis*), autrefois présent en Martinique et Guadeloupe, a disparu du globe en 2008. Du XVII^e siècle au XIX^e siècle, il était exploité pour son huile en raison de son abondance.

9. Espèce exotique introduite suite à l'action de l'homme (à dessein ou involontairement) et qui spontanément va s'étendre, concurrencer, consommer ou prendre la place d'espèces autochtones.

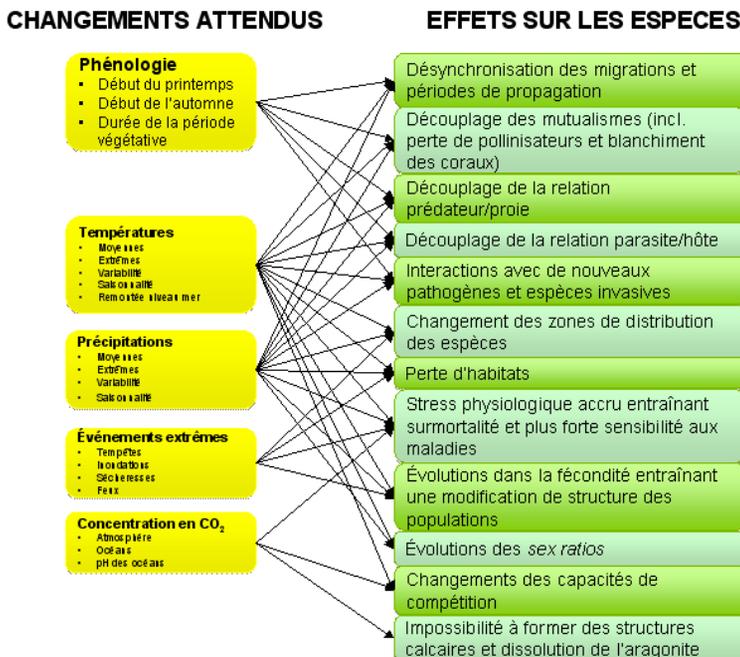
Impacts du changement climatique sur la biodiversité

Les principaux facteurs de menace du patrimoine naturel d'outre-mer sont la destruction des habitats, l'introduction d'espèces et la surexploitation des espèces. Cependant, le changement climatique est en passe de devenir l'un des principaux catalyseurs du processus d'extinction des espèces au XXI^e siècle (Vié *et al.*, 2009). Certaines espèces déjà menacées sont particulièrement vulnérables aux conséquences du changement climatique, facteur aggravant des menaces déjà constatées.

En plus de constituer un catalyseur de ces phénomènes, les changements climatiques provoqueront une série de perturbations des milieux naturels. Les espèces se développent dans des conditions de température et d'hygrométrie bien définies. Les espèces végétales ont des besoins spécifiques de température et d'humidité pour leur germination.

De nombreuses publications détaillent la variété des modifications écologiques attribuables aux changements climatiques (Giec, 2007), comme les changements dans les aires de répartition géographique des espèces ou les modifications de sex-ratio (figure 4).

Figure 4 – Aperçu de quelques effets attendus du changement climatique et exemples d'impacts probables qu'ils auront sur les espèces



Source : d'après Foden *et al.*, 2008.

Les espèces terrestres confinées aux îles de faible altitude n'ont pas d'autres endroits où aller, c'est le cas par exemple de la gallicolombe érythroptère (*Gallicolumba erythroptera*) de Polynésie française, espèce en danger critique d'extinction selon la liste rouge de l'UICN. Or, les écosystèmes côtiers naturels tels

que les récifs, les marais salants et les forêts de mangrove, s'ils sont bien préservés, ont la possibilité de minimiser ces impacts.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat estime que 20 à 30 % des plantes et des animaux seraient exposés à un risque d'extinction de plus en plus élevé si les températures globales moyennes augmentaient de 2 à 3 °C par rapport à l'époque préindustrielle (Fischlin *et al.*, 2007). Le PNUE (Nellemann *et al.*, 2008) estime que 80 % des récifs coralliens mourraient mourir en quelques décennies sous l'effet combiné de la hausse de la température et de l'acidification des océans.

Les oiseaux, amphibiens et coraux des mers chaudes bâtisseurs de récif ont été les premiers groupes évalués par l'UICN à l'aide d'une méthode de diagnostic de vulnérabilité. Les résultats montrent que 35 %, 52 % et 71 % des espèces de ces groupes possèdent des caractéristiques les rendant plus sensibles aux impacts des changements climatiques. Ces résultats confirment donc que les caractéristiques biologiques de certaines espèces sont un des premiers facteurs de sensibilité aux impacts des changements climatiques.

Les écosystèmes forestiers sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques. En effet, une augmentation de la température d'un seul degré Celsius peut modifier le fonctionnement et la composition spécifique des forêts. Le changement climatique affectera la distribution des forêts en outre-mer (forêt boréale, tropicale sèche, tropicale humide, alpine). Certains milieux forestiers relictuels sont condamnés par cette évolution. La distribution des forêts dépendant des conditions microclimatiques, certaines forêts migreront en altitude, mais les forêts sommitales n'auront pas la possibilité de migrer davantage.

La Guyane et tout le bloc forestier amazonien subiront des épisodes de sécheresse prolongés augmentant leur vulnérabilité aux feux de forêt. De plus, 43 % des espèces de plantes angiospermes de la forêt amazonienne seraient non-viables d'ici la fin du siècle du fait du changement radical des conditions (Miles, 2004). Les conditions nouvelles ne seront pas adéquates pour permettre leur développement ou leur nouvelle aire de distribution sera trop éloignée de leur aire de répartition actuelle pour permettre leur migration. Les espèces caractéristiques des forêts tropicales sont extrêmement adaptées à leur milieu et elles ne pourront pas s'acclimater à des variations même très légères des conditions climatiques (Woodward, 2004).

Les coraux vivent en symbiose avec une micro-algue photosynthétique unicellulaire appelée zooxanthelle. Cette algue donne aux coraux leur couleur particulière. En état de stress, lié notamment à la température, les coraux peuvent expulser leurs zooxanthelles, ce qui leur donne une couleur plus claire ou complètement blanche. Si la période de stress persiste, les coraux peuvent mourir et leur squelette calcaire est alors colonisé par des gazons algaux, puis par des macro-algues. L'importance des mortalités est liée à la résilience des coraux, cette dernière dépendant principalement des pressions anthropiques annexes auxquelles sont exposés les coraux, principalement la pollution (notamment terrigène¹⁰) et la surpêche. Tous les blanchissements ont été corrélés avec des températures moyennes élevées de la surface de la mer pendant la saison chaude (Hoegh-Guldberg et Salvat, 1995).

En Polynésie française, les phénomènes sont apparus lorsque la température

10. Apport d'éléments issus de l'érosion des sols.

de l'eau de mer en surface a dépassé 29,2 °C (Hoegh-Guldberg et Salvat, 1995). L'augmentation envisagée des températures des eaux tropicales dans les prochaines décennies pourrait rendre les épisodes de blanchissement des coraux plus fréquents. Pour la Polynésie française, les simulations concernant l'augmentation de la température de l'eau de surface (Roeckner *et al.*, 1996, *in* Hoegh-Guldberg, 1999) montrent que le seuil de 29,2 °C sera dépassé vers 2050 et que les phénomènes de blanchissement pourraient avoir une fréquence annuelle à partir de 2040.

L'augmentation de la température des eaux marines de surface peut avoir d'autres conséquences sur le milieu marin et induire notamment des phénomènes de bloom planctonique ¹¹ lorsque se conjuguent de fortes températures prolongées et un temps très calme susceptible de provoquer dans certains lagons, une quasi-stagnation des eaux. Ces phénomènes peuvent alors entraîner une chute brutale de l'oxygène dissous dans les eaux des lagons avec une mortalité massive des poissons, des coraux, des nacres.

Pour les milieux d'eau douce, les changements du régime hydrologique liés à l'augmentation moyenne des températures entraînent un réchauffement des rivières, une modification des mélanges et des régimes de débit. Ces variations ont une influence directe sur la faune et la flore associées et on constate des changements dans la croissance, la reproduction et la répartition de la diversité biologique des lacs et des ruisseaux (et des espèces qui fréquentent ces milieux comme les oiseaux migrateurs par exemple). Les changements dans la répartition des précipitations affecteront les habitudes de reproduction et alimentaires de certaines espèces (Dudgeon *et al.*, 2006).

L'élévation du niveau des mers, dont l'accélération a été observée dans le monde au cours des vingt dernières années est une conséquence directe du réchauffement planétaire. Il s'agit de la principale menace pour les mangroves, en particulier lorsque l'augmentation du niveau de la mer se produit à un rythme supérieur à celui de l'élévation de la surface des sédiments de mangroves. Celles-ci auront tendance à migrer à la condition que la montée du niveau marin reste minime et qu'il y ait des terres disponibles et propices à ces écosystèmes. Souvent situés en arrière-mangrove, les écosystèmes d'eau douce inondables semblent être les premiers écosystèmes terrestres menacés par le changement climatique en Guadeloupe. Entre la mangrove et les implantations humaines, ces zones marécageuses ne pourront pas remonter plus en amont à mesure que la salinité de l'eau progressera à l'intérieur des terres, et l'élévation du niveau marin pourrait les faire disparaître. Ces écosystèmes ont en rôle important pour la fourniture d'eau potable et le rôle de réservoir qu'ils jouent, limitant les inondations. La plupart des collectivités d'outre-mer sont touchées par ce phénomène puisque les mangroves sont présentes dans les îles des Caraïbes, en Guyane, à Europa (îles Éparses), à Mayotte, en Nouvelle-Calédonie.

L'augmentation du niveau de la mer pose problème également aux îles basses, en particulier les atolls de Polynésie française. Les atolls ont généralement une altitude inférieure à 2 m, ce qui les rend plus vulnérable à la submersion due à la hausse du niveau de la mer et à l'érosion côtière par la houle. Les côtes sont résilientes face aux facteurs de stress naturels comme les tempêtes, mais leur capacité à se régénérer peut être dépassée, par exemple

11. Multiplication très rapide de biomasse en réaction à des conditions devenues plus favorables.

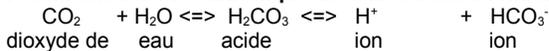
lorsque les tempêtes sont plus intenses ou plus fréquentes ou lorsque la dégradation des récifs coralliens se prolonge. Cela peut entraîner une érosion permanente et des pertes de terres.

L'acidification des océans

L'acidification des océans représente un risque majeur pour les formations coralliennes, car l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique entraîne une plus forte absorption de CO₂ par l'océan, ce qui contribue à diminuer le pH de l'eau de mer. Cette acidification fait alors chuter la concentration en ions carbonate, diminuant notamment la capacité des coraux à construire leur squelette. Cette situation pourrait conduire à un déclin des récifs coralliens (et de certains types de plancton) du fait de leur incapacité

Plusieurs processus synchrones et complexes se déroulent quand le CO₂ dissout dans les eaux océaniques réagit avec l'eau de mer. Deux réactions chimiques de base impliquant sont particulièrement importantes.

Formation d'acide carbonique avec libération d'ions hydrogène :



dioxyde de carbone + eau + acide carbonique = ion hydrogène + ion bicarbonate

La production d'ions bicarbonates à partir d'ions carbonate :



dioxyde de carbone + eau + ion carbonate = ion bicarbonate

L'effet combiné des deux réactions est non seulement d'augmenter l'acidité (baisse du pH), mais aussi de réduire la disponibilité en ions carbonates.

à entretenir les structures de carbonate de calcium (calcite).

Processus chimiques mis en jeu

Une des conséquences de ce phénomène est que les organismes marins vont avoir plus de difficulté à construire leurs coquilles, et notamment devront dépenser plus d'énergie, ce qui les rend plus vulnérables à d'autres facteurs de stress. Les conséquences cumulées sont mal connues mais l'effet induit sur l'équilibre des réseaux trophiques en mer peut être significatif.

Le pH de l'eau de mer est aujourd'hui compris entre 8 et 8,2, or la forte augmentation du CO₂ dans l'atmosphère depuis le début de la période industrielle de 270 ppm en 1850 à 380 ppm actuellement, a entraîné une baisse du pH des eaux de surface de presque 0,1 unité pH dans les eaux chaudes. Selon Gattuso *et al.* (1999) et Buddemeir *et al.* (2004) la calcification aurait déjà diminué de 10 % entre 1880 et 1990.

Une réduction de 0,2 à 0,3 unité de pH pourrait se produire dans le siècle à venir, or le seuil limite de pH pour la survie des coraux est compris entre 7,6 et 7,9.

Les projections formulées concernant la diminution de la calcification des coraux d'ici la fin du siècle sont très variables (de - 10 à - 60 %) suivant les au-

teurs car les paramètres biochimiques à prendre en compte sont relativement complexes et nécessitent encore des recherches. Les récifs coralliens actuels traduisent un équilibre entre la calcification (croissance produisant le carbonate de calcium) générée par la croissance des colonies et l'érosion physique (effets des houles et courants) et biologique (poissons, oursins, etc.) que celles-ci subissent. Une réduction, même faible, de la calcification contribuerait fortement à un déséquilibre en faveur de l'érosion, et donc à la fragilisation, voire à la disparition des récifs coralliens. Dans cette hypothèse, l'incidence sur la biodiversité et les ressources vivantes augmentera donc très fortement, ainsi que les phénomènes d'érosion du littoral.

Par ailleurs l'acidification affectera probablement le comportement des poissons de récifs. Des travaux récents ont mis en évidence qu'une acidification importante perturbe l'appareil sensoriel de plusieurs espèces d'alevins récifaux, les rendant moins méfiants vis-à-vis de leurs prédateurs. Cette altération des capacités des poissons modifiera drastiquement les écosystèmes récifaux (Munday *et al.*, 2010).

En outre-mer, l'acidification des océans pourrait affecter tous les organismes marins à squelette calcaire, comme la plupart des coraux, mais aussi les oursins, certains mollusques et certaines espèces de zooplancton à enveloppe calcaire.

Illustration d'impact sanitaire : la 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 (*Gambierdiscus toxicus*), microalgues épiphytes de gazons algaux. Ces dinoflagellés produisent de puissantes neurotoxines qui s'accumulent dans les animaux marins herbivores et sont ensuite transférées dans les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire par les poissons carnivores. La dégradation des récifs coralliens, notamment par les phénomènes de blanchissement induits par l'augmentation de la température des eaux marines de surface, augmentera les surfaces de corail mort, substrats propices au développement des gazons algaux et donc à la prolifération des épiphytes comme des dinoflagellés produisant les toxines.

Une augmentation de la ciguatera et des phénomènes de mortalités massives de poissons dans certaines régions tropicales pourrait être la conséquence indirecte des effets du changement climatique.

L'adaptation au changement climatique

Les écosystèmes se sont adaptés aux changements dans le passé mais les changements actuels surviennent à un rythme jamais subi précédemment. En règle générale, plus les changements climatiques sont rapides, plus leurs

conséquences se font sentir sur les écosystèmes. La réduction des émissions de GES peut soulager ces pressions et donner aux écosystèmes plus de temps pour s'adapter.

Les impacts des changements climatiques sont visibles dans de nombreux pays, leur intensité varie d'un pays à l'autre. Les pays en développement et les pays insulaires dépendent directement des ressources naturelles pour leur alimentation en particulier. Or les coûts des infrastructures pour la protection contre les impacts de la houle, des inondations représentent une partie significative du PIB, souvent supérieure aux moyens financiers de la plupart des petits États insulaires (Nurse *et al.*, 2001).

En France, ce sont les collectivités d'outre-mer qui sont les plus touchées. L'exiguïté des territoires et leur insularité les rendent plus vulnérables aux conséquences des changements climatiques, en particulier l'élévation du niveau de la mer et les impacts directs et indirects des événements extrêmes (augmentation des risques d'érosion du littoral, inondation et destruction d'infrastructures littorales avec risque de pollution, glissement de terrain, intrusions salines, etc.). Les mesures d'adaptation les plus efficaces et les moins coûteuses sont basées sur la nature. Elles prennent en compte les contextes géomorphologiques, biologiques et socio-économiques des sites. Elles sont, en général, simples à mettre en œuvre et permettent de faire face aux conséquences déjà visibles du changement climatique. Elles devront être dans la mesure du possible flexibles pour pouvoir évoluer en fonction des tendances et de l'acquisition de nouvelles connaissances.

Les îles sont des lieux démonstrateurs uniques pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique. Ainsi les impacts sur la biodiversité et les réponses d'adaptation (et d'atténuation) peuvent être étudiés sur un territoire fini et réduit.

Recommandations pour l'adaptation des écosystèmes

Les recherches laissent penser que des systèmes naturels seront plus résilients face à des changements environnementaux s'ils sont diversifiés et en bonne santé.

La notion d'adaptation fondée sur le maintien des écosystèmes en bon état de conservation s'attache au fait que les écosystèmes garantissent la fourniture de nombreux services et notamment contribuent à réduire les impacts du changement climatique pour les populations. Les mesures d'adaptation basées sur le maintien des écosystèmes en bon état écologique sont une solution efficace et peu coûteuse. Un bon état de conservation des écosystèmes implique de minimiser les impacts de toutes les causes de dégradation : fragmentation, pollutions, espèces exotiques envahissantes.

Afin de préserver les capacités naturelles des écosystèmes, il est primordial d'établir des plans de gestion à long terme visant à les garder en bon état de conservation. Pour cela, il faut à la fois agir sur les causes de dégradation et renforcer le dispositif d'espaces protégés.

Développer les connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes et les services écosystémiques

La biodiversité est encore relativement mal connue dans de nombreuses collectivités d'outre-mer. Un important effort de recensement, de suivi et de compréhension des mécanismes mis en jeu et de l'influence des paramètres climatiques sur les espèces et leur milieu doit être mené. Cet effort permettra d'ajuster les stratégies de gestion et d'adaptation en fonction notamment de l'avancée des connaissances.

Réduire la pression des espèces envahissantes

Les espèces envahissantes contribuent à l'uniformisation des milieux naturels. Les collectivités d'outre-mer sont très vulnérables aux introductions d'espèces. La documentation sur les espèces exotiques envahissantes, enclenchée par le Comité français de l'UICN dans les collectivités d'outre-mer, doit être poursuivie. La démarche de prévention et de lutte contre les espèces exotiques envahissantes doit être généralisée à chaque collectivité d'outre-mer en élaborant une stratégie de lutte contre ces espèces envahissantes terrestres et maritimes, incluant un dispositif de détection précoce des nouveaux foyers.

Limiter la dégradation des zones côtières et les restaurer en maîtrisant les impacts en amont

Le mauvais état écologique des espaces littoraux résulte souvent d'une mauvaise gestion des pratiques en amont (effluents agricoles, eaux usées, polluants). En limitant les défrichements des zones côtières et des bords de rivière, en réduisant les pollutions, en régulant les pressions de pêche, ou en restaurant les milieux dégradés, l'érosion côtière sera fortement résorbée. Les collectivités d'outre-mer doivent se doter d'un dispositif de gestion intégrée des zones côtières afin d'améliorer la résilience des écosystèmes littoraux en limitant les impacts induits en amont.

Renforcer le réseau d'espaces protégés, marins et terrestres

Un réseau conséquent d'aires protégées représentatives et interconnectées, anticipant ainsi les déplacements futurs des aires de répartition des espèces doit être créé ou étendu. La gestion des espaces protégés devra inclure des réponses adaptées pour faire face aux modifications engendrées par le changement climatique et notamment permettre de préserver des corridors écologiques entre les espaces. Les trames vertes et bleues (TVB) doivent être considérées comme une réponse efficace pour l'adaptation au changement climatique et mises en œuvre en outre-mer¹².

12. La réalisation d'une cartographie des habitats naturels en outre-mer et la mise en application du dispositif Trame verte et bleue sont déjà deux actions inscrites au Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC), concourant ainsi à cette recommandation.

Contenir le risque d'inondation et d'érosion côtière par la conservation ou la restauration des écosystèmes côtiers

La préservation des écosystèmes côtiers doit être intégrée aux schémas d'aménagement locaux pour éviter leur destruction ou leur fragmentation. La majorité des collectivités d'outre-mer connaissent une pression démographique importante qui engendre souvent la construction d'infrastructures à l'origine du mitage et de la fragmentation des habitats. La planification du territoire doit être engagée globalement et les écosystèmes doivent être considérés dans ce contexte pour le potentiel adaptatif qu'ils confèrent. Des opérations de restauration écologique des habitats dégradés, en complément de la démarche TVB, sont à mettre en place afin d'améliorer leur résilience et de renforcer leur rôle de barrière naturelle.

Éviter les pollutions terrigènes

En lien avec la recommandation de gestion intégrée, il est indispensable, pour préserver l'intégrité et les capacités de résilience des milieux aquatiques, de contenir les sources de pollution et notamment de limiter l'érosion des sols par le maintien de surfaces végétalisées et l'adoption de pratiques agricoles y contribuant.

Intégrer l'échelon supranational et le transfert de vulnérabilité à grande échelle

Au niveau supranational, il est primordial de continuer à soutenir la mise en œuvre du dispositif européen BEST¹³ réclamé par les ONG depuis 2003 et qui a fait l'objet d'une recommandation du message de La Réunion en 2008, à l'issue de la première conférence¹⁴ dédiée à la question du changement climatique et de son impact sur la biodiversité dans l'outre-mer européen. Ce dispositif engagera l'Europe à reconnaître l'importance de la biodiversité de ses régions ultrapériphériques et de ses pays et territoires d'outre-mer et à apporter des moyens financiers dédiés pour leur gestion, afin de permettre aux milieux d'atteindre un bon état écologique. La mise en œuvre de mesures d'adaptation au changement climatique fait partie intégrante du dispositif.

Sensibiliser les populations et les décideurs à l'importance des services écosystémiques

Il est important de mener des actions d'information afin que chacun soit conscient de l'enjeu majeur que représente la conservation d'une biodiversité terrestre et marine en bon état pour l'adaptation des territoires au changement climatique et au bénéfice des générations futures.

13. BEST (Biodiversité, écosystèmes et services écosystémiques dans les territoires d'outre-mer européens) est un dispositif européen au service de la biodiversité d'outre-mer.

14. Conférence « L'Union européenne et l'outre-mer : stratégies face au changement climatique et à la perte de la biodiversité » organisée par l'Union internationale pour la conservation de la nature, le conseil régional de La Réunion et l'Onerc, sous présidence française de l'Union européenne.

Les actions menées dans les collectivités d'outre-mer

Depuis déjà plusieurs années, les différentes collectivités d'outre-mer ont pris conscience des problèmes à venir liés au changement climatique, d'une part sous l'impulsion des institutions scientifiques présentes localement et d'autre part, par le caractère insulaire et tropical de ces collectivités qui sont plus sensibles aux effets directs et visibles du changement climatique.

Les régions d'outre-mer sont engagées dans la préparation des schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) qui doivent comporter un volet sur l'adaptation au changement climatique territorial qui devra être réalisé pour la fin de l'année 2012.

Parallèlement aux actions relativement récentes ciblées sur le changement climatique, les collectivités d'outre-mer mènent déjà depuis de nombreuses années des actions visant à protéger les récifs coralliens et écosystèmes associés, actions qui favoriseront leur résilience face aux effets envisageables du changement climatique. Ces actions concernent la réalisation des plans de gestion et d'aménagement du littoral, les schémas d'assainissement, de gestion des granulats (concernant les extractions en milieu récifal), de développement touristique, la création d'aires marines protégées, la réalisation des études d'impacts et les opérations de suivi de l'état de santé du milieu naturel. Ces efforts doivent être poursuivis.

Analyse sectorielle

Impacts potentiels du changement climatique sur le secteur du tourisme

Gabrielle Mossot (UMR LIENSs 7266)

Alexandre Magnan (IDDR)

Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266)

- Les grandes tendances de l'évolution du climat seront dommageables à la compétitivité et à la durabilité du tourisme littoral.
- La diversification de l'offre touristique est essentielle dans une logique à la fois concurrentielle, de moindre vulnérabilité face aux aléas naturels et de sobriété par rapport à des ressources en raréfaction (eau, énergies fossiles, etc.).
- La promotion d'une image touristique spécifique au territoire et le maintien des richesses en biodiversité seront des atouts pour maintenir l'activité dans un climat changeant. Globalement, il serait d'importance stratégique de prendre en compte ce paramètre dans les schémas de développement touristique existants.
- La sensibilisation des acteurs privés du tourisme au coût des impacts et aux options techniques d'adaptation de leurs activités est une mesure sans regret.

Rôle et poids du secteur touristique dans les outre-mer français

Le levier étatique du développement touristique : la défiscalisation

Ce sont essentiellement leurs plages et leurs récifs coralliens qui font la réputation touristique des outre-mer français (Gay, 2009). L'accessibilité des îles depuis la métropole, foyer majeur des touristes, a également joué un rôle, de même que les politiques de défiscalisation des investissements touristiques qui ont, depuis les années 1980, soutenu le développement rapide d'infrastructures d'accueil (Doumenge, 2007). En dix ans, la capacité d'accueil de Saint-Martin a été multipliée par cinq. Entre 1985 et 1990, la Martinique a vu sa capacité hôtelière croître de 56 % alors que le nombre de bateaux de croisière était démultiplié en Guadeloupe. La Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie ont également bénéficié de systèmes fiscaux incitatifs par le biais, respectivement, des lois Flosse (1995-1996) et Frogier (2001).

L'État s'est ainsi rapidement placé au cœur du système touristique ultramarin. Toutefois, selon les territoires et le degré de maîtrise du foncier, ces lois incitatives ont pu avoir des effets pervers : création d'une bulle spéculative immobilière à Nouméa et Tahiti ou surcapacité touristique conduisant à la vente des appartements ou à l'apparition de friches touristiques, comme à Saint-Martin (Magnan, 2008) et en Nouvelle-Calédonie.

Une dynamique touristique inégale

Aujourd'hui, le succès et les caractéristiques du secteur touristique varient fortement d'un territoire à l'autre.

En Guadeloupe et à la Martinique, ce secteur est en difficulté. La crise actuelle, sans précédent, est due à différents facteurs : l'image véhiculée lors des conflits sociaux de 2009, la qualité moindre des services et de l'accueil, l'inadéquation entre infrastructures portuaires et bateaux de croisière, etc. Combinés, ces facteurs ont conduit à un essoufflement de compétitivité. Ainsi, entre 2000 et 2009, la fréquentation touristique de la Guadeloupe a diminué de moitié, passant de 623 000 à 364 000 touristes. La croissance touristique de la Martinique s'est en revanche poursuivie, mais à un rythme relativement lent, avec le passage de 535 000 touristes en 2006 à 620 780 en 2010. Finalement, ces îles souffrent d'un faible rayonnement international et régional, alors même que la Caraïbe est le premier bassin de croisière au monde : en 2005 par exemple, la Martinique et la Guadeloupe ont capté moins de 1 % des 19 millions de croisiéristes de cette région. Malgré leurs niveaux de développement élevés par rapport à d'autres îles de la Caraïbe, ces deux Drom restent des destinations internationales secondaires, comme l'illustrent les effectifs touristiques de Cuba (2,7 millions de touristes en 2011) ou de la République dominicaine (4,3 millions). Les touristes des Drom sont métropolitains à plus de 70 % (tourisme « affinitaire »¹⁵). Cette situation limite logiquement les impacts des fluctuations du marché international sur ce secteur.

La Réunion et Mayotte proposent une offre touristique plus diversifiée qui s'appuie aussi sur la découverte des espaces naturels. Si La Réunion a reçu 420 300 touristes en 2010, les flux touristiques sont encore réduits à Mayotte (53 000 touristes), mais en forte progression, avec une croissance de 7 % entre 2009 et 2010 (IEDOM, 2011).

La Réunion tente de diversifier son offre touristique en s'appuyant sur la valorisation du volcan et des forêts d'altitude que soutiennent la création récente du parc national des Hauts et son inscription au patrimoine mondial de l'Unesco. La stratégie des opérateurs touristiques consiste à se démarquer non seulement des îles de la Caraïbe, mais aussi de destinations internationales de l'océan Indien comme l'île Maurice et les Maldives, qui sont très concurrentielles. Comme les Antilles, La Réunion attire de nombreux métropolitains (75 % des touristes en 2006), pour des raisons essentiellement affinitaires (Gay, 2009). Cette situation a permis d'amortir des crises telles que celle du chikungunya en 2005-2006, qui a généré une réduction des flux de 50 % pour le tourisme d'agrément, mais de 26 % seulement pour le tourisme affinitaire.

L'offre touristique de Mayotte s'appuie sur la découverte du lagon. La clientèle est essentiellement régionale avec, en 2010, 48 % de Métropolitains, 44 % de Réunionnais et 8 % d'étrangers. Le développement du tourisme est encore freiné par de nombreux facteurs : le manque d'infrastructures de transport (piste d'atterrissage courte, routes en mauvais état) et d'accueil (bien qu'elles se développent) ; la qualité moindre des prestations ; une promotion publicitaire embryonnaire ; un coût d'accès aérien élevé ; la barrière de la langue (le français n'est pas parlé par tous) ; et un contexte social particulier (tensions autour du coût de la vie, immigration clandestine, etc.).

La Polynésie française, Saint-Barthélemy et Saint-Martin sont les hauts lieux

15. On entend par tourisme affinitaire un choix de destination qui est influencé par le fait que l'on ait des attaches relationnelles particulières sur place ou par la praticité malgré une situation éloignée (continuité des services du pays d'origine, monnaie, langue, etc.) et où, par conséquent, l'attrait purement touristique-économique n'est pas déclencheur unique du séjour.

du tourisme ultramarin, qui relève ici de logiques planétaires même si les effectifs touristiques restent relativement modestes dans les deux derniers cas. Le succès de la Polynésie française, et en particulier de Bora Bora, repose sur des motivations totalement différentes de celles qui fondent l'attractivité des Drom. Venir en Polynésie relève « du voyage d'une vie », souvent un voyage de noce (environ le quart des visiteurs – ISPF, 2009). D'ailleurs, le tourisme international représente la première activité économique de la Polynésie française, en ce qu'elle génère plus de 77 % de ses ressources (ISPF, 2010). En 2011, ce territoire a reçu près de 162 800 touristes, dont 26 250 croisiéristes (ISPF, 2011). À noter également, le poids des îles de la Société, notamment de Tahiti (156 000 touristes en 2009), Moorea (104 000) et Bora Bora (103 100). Une île comme Bora Bora se caractérise d'ailleurs par sa spécialisation dans le tourisme (16 touristes/habitant/an, ce secteur représentant les deux tiers des emplois), qui a soutenu sa croissance démographique de 306 % entre 1971 (2 215 habitants) et 2007 (8 992 habitants). Plus globalement enfin, le flux qui touche la Polynésie française est résolument international : alors que la métropole l'alimentait en 2007 à hauteur de 20 %, les contributions des États-Unis, du Japon et de l'Italie atteignaient respectivement 30 %, 10 % et 7 %. En contrepartie, cela rend la Polynésie française fortement dépendante de la conjoncture internationale.

Saint-Barthélemy attire une clientèle haut de gamme en recherche d'exclusivité. Les principaux atouts de l'île sont ses plages, ses boutiques de produits de luxe détaxés et sa gastronomie. Le tourisme y est la première activité économique et il a largement bénéficié de la défiscalisation, avec pour effet induit un quasi-doublement de la population en vingt-cinq ans. Saint-Barthélemy a reçu 281 270 touristes en 2010, pour 70 % originaires des États-Unis (IEDOM, 2011). Néanmoins, la fréquentation s'est repliée au cours des dernières années, le port de Gustavia (37 900 croisiéristes en 2010) restant très sensible aux intempéries : entre fin 2009 et début 2010, onze escales de paquebots ont par exemple dû être annulées. Cette île est par ailleurs confrontée à des difficultés d'approvisionnement en eau nécessitant des usines de dessalement. Enfin, sa forte dépendance vis-à-vis de la conjoncture internationale fait fluctuer les effectifs touristiques, qui ont par exemple diminué pendant la crise économique et financière de 2007.

À Saint-Martin plus qu'ailleurs, l'explosion du tourisme est le résultat de la politique de défiscalisation. En générant une véritable frénésie immobilière, celle-ci a été à partir des années 1980 à l'origine d'une urbanisation rapide du littoral et d'un essor démographique sans précédent¹⁶ (Duvat, 2008). L'île de Saint-Martin a accueilli 2,2 millions de touristes en 2010, soit 15 % de plus qu'en 2009, dont seulement 440 000 ont fréquenté sa partie française (IEDOM, 2011). Parce qu'elle est également l'une des destinations de croisière les plus prisées au monde, cette île accueille depuis 2002 plus d'un million de passagers par an. C'est néanmoins la partie néerlandaise qui en profite : Philipsburg, le seul port en eau profonde, capte 98 % des croisiéristes. La partie française bénéficie tout de même de la présence dans la partie hollandaise de l'aéroport international de Juliana, seule entrée pour les longs courriers, et d'un bon réseau

16. La population de la partie française de Saint-Martin est en effet passée de moins de 7 800 habitants en 1982 à plus de 28 500 en 1990 (Duvat, 2008).

de connexions régionales. Mais depuis les années 2000, la partie française de Saint-Martin connaît une crise touristique : sa capacité de 3 500 chambres, à l'époque de son apogée en 1990, avait diminué de moitié dans les années 2000. Différents facteurs expliquent ces difficultés, comme des cyclones répétés (Luis en 1995 et Lenny en 1999), l'essoufflement de l'effet défiscalisation, la crise du 11 septembre, etc.

La Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna, la Guyane, Saint-Pierre-et-Miquelon et les TAAF constituent des marges touristiques, à différents degrés. La Nouvelle-Calédonie est en tête de ce groupe, avec 235 900 touristes dont 131 200 croisiéristes en 2009 (ISEE, 2010). Elle accueille des visiteurs provenant majoritairement des rivages du Pacifique (Japon, Australie, Nouvelle-Zélande) et le tourisme y est en augmentation. Le régime foncier a freiné la spéculation immobilière et les principaux complexes hôteliers se concentrent aujourd'hui dans la région de Nouméa.

La Guyane a accueilli 83 000 touristes en 2009 (IEDOM, 2011), contre près de 113 400 en 2007. Il s'agit aux deux tiers d'un tourisme d'affaire, avec une nette tendance au tourisme affinitaire (Gay, 2009). Les touristes viennent en Guyane pour découvrir son histoire (baignade : l'île du Diable comptabilise 22 000 visiteurs en 2007), la haute technologie liée à la base spatiale française ou la forêt équatoriale.

Saint-Pierre-et-Miquelon a reçu 12 300 visiteurs en 2010, dont 2 800 croisiéristes (IEDOM, 2011). Les principaux foyers émetteurs sont le Canada (60 % du flux) et les États-Unis (16 %). Le tourisme offre la possibilité de diversifier une économie mise en difficulté par la crise de la pêche industrielle, mais son développement reste contraint par le manque d'hébergements, une desserte maritime modeste et contraignante, et une faible diversification du produit. Cette activité affiche néanmoins une relative croissance, les professionnels s'organisant pour mieux gérer l'offre et établir une charte de qualité. Ce territoire cherche aujourd'hui à développer son attractivité au plan régional, notamment en créant des connexions avec Terre-Neuve.

À Wallis et Futuna, la fréquentation touristique est connue pour être faible, bien qu'elle ne soit pas comptabilisée. Parmi les facteurs de contrainte, on note l'éloignement des marchés émetteurs de touristes, des coûts de transport dissuasifs et l'absence de services touristiques classiques. Il existe soixante chambres d'hôtes utilisées par les fonctionnaires ou des résidents visitant une autre île de l'archipel. La fermeture de la liaison aérienne régulière entre Tahiti et Wallis en 2000 est indéniablement défavorable au développement de ce secteur.

Depuis 1994, l'administration des TAAF permet à un nombre limité de touristes de visiter les trois districts des îles Australes (archipels de Crozet, de Kerguelen, Amsterdam et Saint-Paul), attractifs de par leur patrimoine biologique exceptionnel. Ces îles sont desservies quatre fois par an (deux rotations en été et deux en hiver pour le ravitaillement et la relève des postes de personnels) par le *Marion Dufresne*. En 2009, les îles Éparses ont également été ouvertes au tourisme, un peu plus de trente visiteurs ayant été embarqués sur le *Marion Dufresne* à l'occasion d'une mission de dépollution et de recherche scientifique.

Quels impacts attendre du changement climatique sur le secteur touristique ?

Des impacts différenciés d'un territoire à l'autre

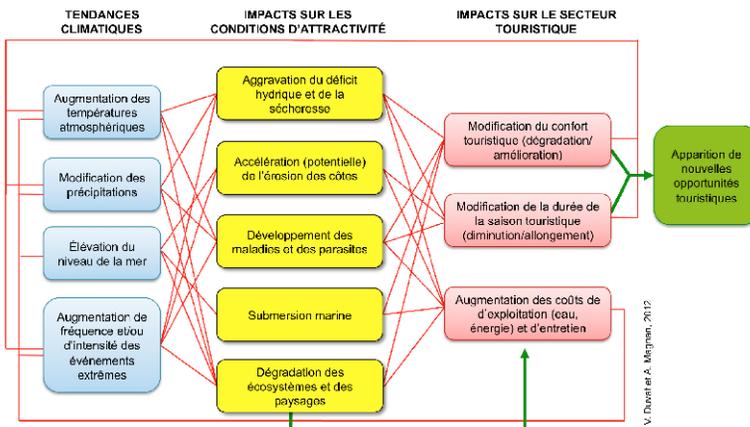
Le climat est l'un des grands déterminants des formes et de la dynamique du tourisme. Il agit à la fois de manière directe (confort climatique, durée de la saison touristique, taux d'ensoleillement, degré d'humidité, faiblesse du vent, etc.) et indirecte (biodiversité, température de la mer, types d'activités, paysages, etc.). Aussi les conditions climatiques sont-elles en général considérées comme étant la principale ressource de l'industrie touristique. Elles ont par ailleurs une influence sur les coûts de développement du tourisme (approvisionnement en eau, climatisation, etc.) (PNUE, 2008). Dès lors, leurs fluctuations actuelles et futures, ponctuelles comme graduelles, ont et continueront à avoir un impact sur l'attractivité d'ensemble des territoires, et sur les coûts de maintien et de développement de cette activité. Si l'on considère également le fait que la zone intertropicale sera l'une des plus affectées par le changement climatique (Meehl *et al.*, 2007), il devient évident que les destinations tropicales comptent parmi les plus exposées.

Toutefois, différents territoires seront différemment vulnérables en fonction de leurs caractéristiques propres, parmi lesquelles joueront un rôle, en particulier, leur position géographique, leur dépendance vis-à-vis des investissements extérieurs, le degré de littoralisation des infrastructures, le degré de diversification de l'économie, le type de tourisme (international/national, exclusivement balnéaire ou pas), l'état de santé des écosystèmes (récifs coralliens, plage, mangroves, etc.) et leurs réponses aux variations climatiques.

Les grands types d'impacts attendus

Compte tenu de la sensibilité d'ensemble de l'activité touristique aux modifications climatiques et météo-marines, les impacts à attendre du changement climatique sont nombreux (figure 5). L'on peut en dégager huit principaux.

Figure 5 – Chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur le secteur du tourisme



La destruction au moins partielle d'infrastructures touristiques ou utiles au tourisme implantées sur le littoral (restaurants, hôtels et bungalows, routes, aéroports, ports de plaisance, etc.) est à redouter sur les côtes basses exposées à la submersion marine et à l'érosion côtière (PNUE, 2008). Il a, par exemple, été estimé qu'à l'horizon de quelques décennies, près de la moitié des principaux hôtels de la région caraïbe pourraient avoir été détruits par les événements extrêmes et les phénomènes graduels (Simpson *et al.*, 2011). Si ce type de projection doit être considéré avec précaution et n'est pas généralisable à l'ensemble des littoraux des outre-mer français, il souligne néanmoins l'existence, indéniable, d'un risque réel. Les dégâts occasionnés dans la Caraïbe par les derniers cyclones intenses ont donné une triste illustration des impacts à attendre de ce type d'événement.

On peut également redouter une augmentation des crises sanitaires liées aux maladies tropicales, parce qu'une élévation de la température et de l'humidité atmosphérique devrait favoriser la recrudescence de vecteurs parasitaires. Ces derniers pourront avoir un impact direct sur la fréquentation des outre-mer, comme l'a illustré la crise de chikungunya à La Réunion en 2005-2006, qui a engendré la fermeture de certaines structures hôtelières (2 430 chambres en 2006 contre 2 910 chambres en 2005). Si les territoires qui présentent une certaine insécurité sanitaire (la Guyane et Mayotte, notamment) sont les plus menacés, les autres ne sont à l'évidence pas à l'abri de crises majeures. De nouveaux vecteurs pourraient se développer à la faveur du changement climatique.

L'intensification et/ou la multiplication des événements climatiques extrêmes (cyclone, sécheresse, etc.) pourrait conduire à une diminution de la fréquentation sur le long terme. Dans les Antilles, le passage de cyclones entraîne déjà une baisse momentanée de la fréquentation, qui se reporte alors sur des îles voisines. La chute du nombre de visiteurs peut être importante et avoir des répercussions économiques conséquentes, lorsqu'elle dure quelques années. Ce qui est à redouter avec le changement climatique, c'est non seulement la survenue d'un événement d'intensité exceptionnelle – par exemple, un cyclone intense qui se combinerait à une marée de vives eaux – mais surtout la répétition sur un temps court de plusieurs événements. Bien qu'elle s'inscrive dans un contexte très spécifique, la difficulté de Saint-Martin à relancer le tourisme après les cyclones de 1995 et 1999 en donne d'ores et déjà une illustration.

La baisse des précipitations annuelles et le creusement des écarts saisonniers, qui pourraient se combiner à des vagues de chaleur, conduiront sur certains territoires à des pénuries d'eau, ponctuelles ou permanentes. La diminution des ressources en eau exacerbera la concurrence qui existe entre les différents usages de l'eau, et créera en particulier des tensions entre le tourisme, l'agriculture et les usages domestiques. La saison sèche, qui est d'ailleurs la plus touristique, sera logiquement la plus concernée. Dans les territoires déjà touchés par des déficits chroniques en eau douce (Bora Bora, Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Mayotte), il sera crucial d'analyser non seulement les bénéfices, mais aussi les effets collatéraux de solutions comme le dessalement de l'eau de mer, la récupération de l'eau de pluie ou encore les transferts d'eau.

Le changement climatique aura également des impacts sur les ressources naturelles qui fondent l'attractivité de certains outre-mer (plages, coraux et forêts),

en particulier sur la biodiversité et les paysages¹⁷. Le blanchissement des récifs coralliens pourrait entraîner leur disparition dans certaines régions. Et les plages, là où elles sont bordées d'aménagements, risquent de disparaître sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer. Les forêts équatoriales comme tropicales, qui constituent l'un des supports de l'écotourisme, sont également fortement menacées d'altération¹⁸. Tous les outre-mer touristiques seront affectés par ces changements.

Plus globalement, on redoute une modification de « l'idéal climatique ». L'augmentation des températures de l'air et de l'eau pourra à terme avoir des impacts sur le choix des touristes, parce qu'elles deviendront « trop chaudes ». Une enquête révèle en effet que pour la clientèle européenne prise dans son ensemble, le confort climatique se situerait entre 28 et 32 °C (Simpson *et al.*, 2011). Au-delà de cette fourchette, une baisse d'attractivité climatique est possible. Par ailleurs, la potentielle recrudescence des cancers de la peau pourrait avoir des effets négatifs sur le tourisme balnéaire tropical. Les évolutions climatiques modifieront probablement aussi la longueur et la qualité de la saison touristique, ce qui conduira à une redistribution saisonnière des flux touristiques ou à leur report, au moins partiel, vers d'autres destinations devenues plus attractives. Une telle modification de la temporalité et de la spatialité des conditions touristiques aura des répercussions, non seulement sur l'emploi et la concurrence internationale (PNUE, 2008 ; OMT, 2009), mais aussi sur les pratiques touristiques en elles-mêmes, qui pourraient se détourner des plages. Enfin, un dernier type de conséquence indirecte du changement climatique sur le secteur touristique concerne les effets de la mise en place des politiques d'atténuation des émissions de GES. Elles pourraient en effet conduire à une augmentation du coût des transports (avion et croisière) et engendrer une modification des habitudes touristiques (partir loin mais plus longtemps ou partir moins loin). Les Drom et les îles du Pacifique, qui sont des destinations fortement dépendantes de foyers émetteurs de touristes éloignés, sont évidemment les plus concernés. Cela pourrait favoriser des destinations proches de ces foyers émetteurs. D'ailleurs, d'autres formes de tourisme émergeront probablement qui, sur les modèles de l'écotourisme ou du tourisme responsable, pourraient contribuer à redistribuer les flux et à renouveler les pratiques (OMT, 2009).

De fortes incertitudes sur les tendances touristiques et sur les impacts directs du changement climatique

Dans le secteur du tourisme comme dans les autres secteurs d'activité, le changement climatique se traduira à la fois en termes de contraintes et d'opportunités. Les logiques actuelles de compétitivité changeront, tant parce que certaines destinations n'auront plus forcément les mêmes produits à proposer que parce que les attentes et les pratiques des touristes se modifieront. L'évolution du rapport qualité/prix jouera un rôle majeur. Or, à ce stade, il est bien difficile de faire des projections.

Parallèlement, un autre champ d'incertitude est celui des impacts physiques lo-

17. Voir le chapitre consacré à la biodiversité et aux récifs coralliens de cet ouvrage.

18. Voir le chapitre consacré aux forêts de cet ouvrage.

caux du changement climatique, qui varieront forcément d'un site et d'une île à l'autre ainsi qu'au sein d'une même région. Une grande question reste aujourd'hui celle de l'influence du changement climatique sur les régimes cycloniques futurs (fréquence, intensité et trajectoire de ces météores). Sans compter que les combinaisons de phénomènes (houle + vents forts + marée de vives eaux), qui sont aléatoires, génèrent les plus gros dégâts et peuvent, là où elles se produisent, avoir des effets irréversibles sur l'économie et les stratégies de développement.

Enfin, à l'échelle locale, un dernier champ d'incertitude touche à la capacité d'adaptation des territoires, et en particulier à la résilience des acteurs économiques et à l'engagement dans des politiques publiques d'anticipation. La relation entre tourisme et changement climatique s'inscrit aujourd'hui au cœur des débats qui animent l'Organisation mondiale du tourisme (OMT) dont les conférences de Djerba (Tunisie, 2003) et de Davos (Suisse, 2007) ont débouché sur des déclarations qui proposent de grands principes d'adaptation pour ce secteur. Le défi est aujourd'hui de mettre en œuvre ces grands principes sur le terrain en s'adaptant aux spécificités locales afin de dessiner des politiques et des actions d'adaptation à la fois concrètes et réalistes.

On mesure dès lors tout l'intérêt qu'il y a pour les outre-mer français d'élaborer et de mettre en œuvre des solutions d'adaptation pour pérenniser la manne touristique ou pour mettre en place des alternatives économiques.

Pistes pour l'adaptation

On l'aura compris, l'un des enjeux forts de la mise en œuvre dès aujourd'hui de stratégies touristiques d'adaptation est d'anticiper les évolutions à venir (Tubiana *et al.*, 2010). Anticiper signifie d'abord tenter d'agir sur des processus qui commandent la dynamique du secteur touristique, comme les produits et les coûts ou les effets de mode. Mais toutes les évolutions ne sont et ne seront pas contrôlables par les seules décisions humaines, publiques et privées. C'est par exemple le cas de l'élévation du niveau de la mer. Anticiper implique donc également de mettre en œuvre des stratégies susceptibles de réduire les impacts inévitables des évolutions climatiques. C'est donc à la fois réduire l'exposition aux risques et limiter ses conséquences. Les incertitudes sur les sorties de modèles climatiques (quels impacts, où et quand ?) ne doivent pas entraver l'action, car nombre d'options sont d'ores et déjà envisageables qui participent d'un processus plus global d'adaptation. Trois grandes pistes sont présentées ici, qui évidemment ne couvrent pas le champ des possibles, mais montrent la diversité des options envisageables, ainsi que leur complémentarité.

Mettre en œuvre des stratégies de développement touristique mieux adaptées au changement climatique

On peut déjà intégrer les grandes tendances climatiques et la nature de leurs impacts dans les schémas de développement touristique de sorte, non pas à réviser intégralement le contenu des schémas actuels, mais plutôt à en analyser la pertinence au regard des changements potentiels futurs. L'objectif central est de développer une filière touristique résiliente aux aléas naturels, et ce

sur la base d'un diagnostic économique et social fiable, c'est-à-dire qui tienne compte du fait que la demande touristique, l'attractivité et l'accessibilité des destinations vont changer. En ce sens, deux domaines d'intervention émergent clairement dès aujourd'hui : l'aménagement du territoire et la promotion d'une image de marque de la destination. Ces deux champs peuvent se combiner, par exemple lorsque l'on décide de mettre en valeur ou de réhabiliter certains sites remarquables du littoral, des centres-villes ou l'intérieur des îles. Les infrastructures portuaires actuelles peuvent être modernisées (et prendre en compte l'élévation inexorable du niveau marin), des zones tampons développées (front de mer piéton, par exemple), des réseaux de transport favorables à la gestion des crises mis en place, etc. Cela peut et doit passer par la révision des documents de planification qui existent déjà dans la majorité des outremer¹⁹ et auxquels il convient d'intégrer ce que l'on sait des évolutions climatiques futures et de leurs impacts potentiels. Cet exercice de révision pourra se faire régulièrement, au fur et à mesure de l'émergence de nouvelles connaissances scientifiques, de sorte à assurer la flexibilité du développement et sa mise en adéquation avec les évolutions en cours. Promouvoir et ajuster l'identité des destinations reste en complément un défi majeur auquel peut répondre une stratégie marketing basée sur la gastronomie, le patrimoine naturel, l'architecture locale, l'artisanat, etc. Si elle n'a rien de novateur, elle constitue une option à ne pas négliger pour donner une certaine stabilité, dans un contexte de changement, à l'image des destinations. Certaines manifestations, comme le Raid « l'Arbre Vert » Amazones à Mayotte peuvent aussi contribuer à conforter cette image.

Un autre enjeu consiste bien entendu à développer un tourisme durable et diversifié. Lutter contre les dégradations environnementales (pollution, perturbations sédimentaires...) causées dans certains cas par l'industrie touristique reste un champ d'intervention prioritaire. Parallèlement, il est indispensable de poser les bases d'une diversification progressive de l'offre et des pratiques afin de proposer des alternatives aux consommateurs. La plage n'est pas le seul attrait que possèdent les outre-mer français. L'écotourisme peut être développé dans les zones montagneuses, forestières ou rurales. Les Hauts à La Réunion ou la forêt de Guyane pourraient devenir de réels produits touristiques, sur le modèle des écolodges développés au Brésil ou en Afrique du Sud. Mayotte fait figure de territoire pionnier en tentant d'asseoir sa stratégie touristique sur le respect de l'environnement. Cette île a d'ailleurs été récompensée en 2010 en obtenant la quatrième place (sur quarante destinations) au concours EDEN (*European Destinations of Excellence*) (IEDOM, 2011). De multiples possibilités sont envisageables qui devront s'accompagner de campagnes de promotion nationales et internationales.

Évaluer les dommages et les coûts potentiels du changement climatique

L'argument économique reste souvent un puissant levier politique et de mobilisation des acteurs privés. Il y a donc un réel intérêt à développer des évalua-

19. Schéma directeur d'aménagement touristique et plan d'aménagement de développement durable à Mayotte, schéma d'aménagement et de développement touristique 2010-2015 à Saint-Martin, à La Réunion, à la Martinique et en Polynésie, etc.

tions des pertes et des coûts associés à la gestion et à l'anticipation des impacts des aléas (analyses coûts/bénéfices, coûts supplémentaires, systèmes assurantiels, innovations technologiques, etc.). Un effort particulier doit être fait dans les territoires ultramarins, souvent laissés en marge. Ici encore, l'expérience de la gestion actuelle des territoires et les documents de planification existants, à condition qu'ils intègrent la dimension changement climatique, sont un support majeur pour identifier les zones, les secteurs et les filières les plus vulnérables et/ou à plus forts enjeux. Cela doit permettre de hiérarchiser sur des bases empiriques les priorités et de dégager les axes structurants d'une stratégie d'adaptation.

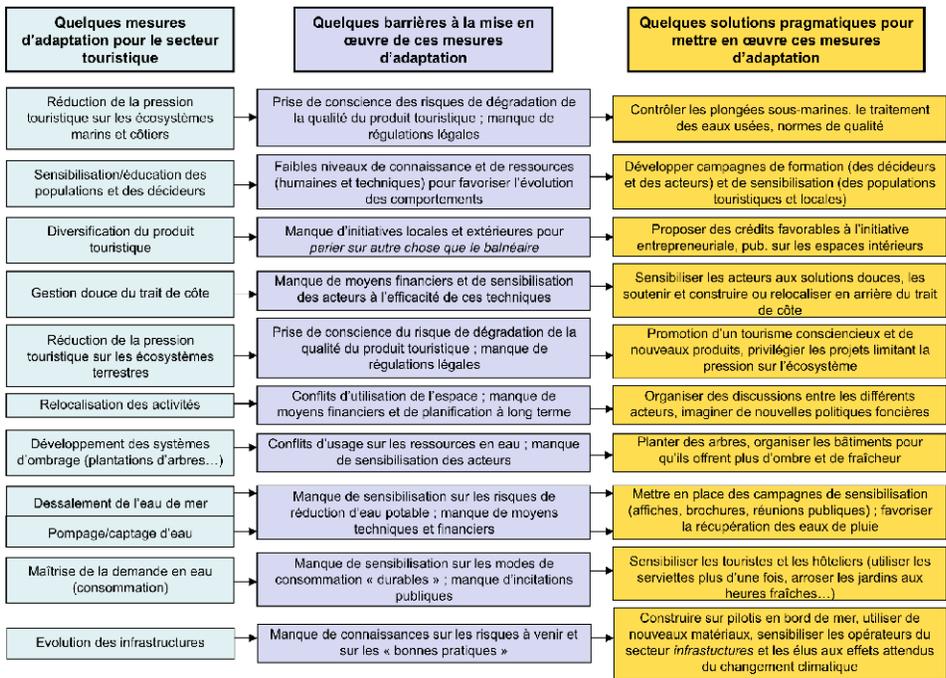
Une illustration peut en être donnée par les infrastructures touristiques qui seront exposées à un risque de submersion croissant avec l'élévation du niveau de la mer. La hausse du niveau marin va être progressive, aussi les impacts économiques seront-ils variables selon qu'il s'agit d'infrastructures à durée de vie réduite (< 15 ans) ou plus longue (> à 20, 30, 40 ou 50 ans). Si de nombreuses structures hôtelières sont entièrement remises à neuf tous les 15-20 ans, il n'en demeure pas moins qu'il faut anticiper leur déplacement vers des zones épargnées par la remontée du niveau marin : cela générera des coûts importants pour certains opérateurs. Tout comme il est fondamental de sensibiliser les propriétaires actuels de ce patrimoine aux risques de pertes qu'ils encourrent si aucune option d'adaptation n'est envisagée. En effet, les grands opérateurs hôteliers sont souvent de simples locataires des bâtiments pour une durée réduite : s'ils peuvent redéployer leur activité en louant ailleurs suite aux impacts du niveau de la mer, les propriétaires effectifs du patrimoine foncier n'ont en revanche pas cette flexibilité et doivent anticiper les investissements associés.

Favoriser la résilience naturelle des écosystèmes

La surveillance de l'état de santé et la conservation des écosystèmes sont également primordiales. Ce sont des éléments forts de l'identification et de la compréhension des tendances climatiques et de leurs impacts à l'échelle locale, parce qu'à eux seuls, les modèles climatiques ne livreront jamais toutes les clés de compréhension. Par ailleurs, mieux comprendre, c'est potentiellement mieux protéger. Les coraux, les mangroves et les forêts sont à la fois des indicateurs en temps réel du changement climatique et des zones tampons face à certains risques. Lorsque l'on parle d'adaptation, un premier objectif concret doit donc être de réduire les pressions fortes qui s'exercent sur ces écosystèmes et maintenir ainsi le capital touristique qu'ils représentent.

La figure 6 ci-dessous synthétise les options d'adaptation propres au secteur touristique qui pourraient être mises en place, à des degrés divers, dans les outre-mer français.

Figure 6 – Mesures d'adaptation, barrières induites et solutions associées



Source : Billé *et al.*, 2008.

Exemples d'actions mises en œuvre dans d'autres territoires

À Fidji, afin de prévenir les destructions causées par les tempêtes et l'élévation du niveau marin, les nouveaux bâtiments touristiques sont surélevés d'au moins 2,6 m par rapport au niveau de la mer et implantés à 30 m au minimum de la limite des plus hautes mers (PNUE, 2008). Parallèlement, les normes de construction obligent à édifier des structures résistant à des vents de 60 km/h. Les autorités ont prévu de réviser ces chiffres au fur et à mesure des évolutions futures. Par ailleurs, tous les bâtiments doivent, avant la saison cyclonique, se munir d'un plan d'évacuation et d'une couverture assurancielle. Des réserves d'eau et de nourriture doivent être constituées, des kits de premier secours être disponibles, et les arbres avoir été élagués. Une ligne directe avec les services météorologiques doit être créée, pour des alertes rapides et précises.

Analyse sectorielle

Impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de la pêche et de l'aquaculture

Virginie DUVAT (UMR LIENSs 7266)
Alexandre MAGNAN (IDDRI)

- Bien que peu de données spécifiques existent sur ce secteur dans les outre-mer, les connaissances actuelles laissent envisager de forts impacts sur les migrations des espèces et une dégradation non négligeable de certains habitats.
- Compte tenu des enjeux économiques et sociaux relatifs aux activités de pêche et d'aquaculture, il est important de considérer ce secteur comme faisant partie des plus sensibles à l'évolution du climat.
- L'anticipation des migrations d'espèces doit servir à renforcer les capacités des pêcheurs à faire évoluer leurs pêches et leur matériel à moyen terme.
- Le suivi de l'état écologique de ressources essentielles s'impose notamment pour des activités très exigeantes comme la perliculture.
- La hausse du niveau marin nécessitera l'évolution en conséquence des infrastructures de pêche et d'aquaculture.

La dimension de leur Zone économique exclusive (ZEE) confère aux territoires d'outre-mer un fort potentiel halieutique bien que l'abondance et la diversité de leurs ressources soient inégales en raison de différences de productivité primaire et d'habitats. Les territoires qui possèdent des lagons abrités bénéficient en complément d'un intéressant potentiel aquacole. Malgré ces atouts, le secteur de la pêche et de l'aquaculture joue le plus souvent un rôle économique secondaire à cause de fortes contraintes de développement (investissements réduits, relatif isolement, forte concurrence internationale, manque de structuration).

Au-delà de ce constat, il existe de fortes disparités quant à l'importance et à la nature des activités de pêche et d'aquaculture. Là où son poids économique est secondaire, la pêche joue le plus souvent un rôle central dans l'alimentation de la population et entretient, car elle est alors côtière, de fortes relations avec les mangroves, les récifs coralliens et les herbiers qui contribuent au renouvellement des ressources halieutiques. Ce secteur recouvre donc une grande diversité d'activités dont les principales sont la pêche industrielle hauturière destinée à l'exportation, la pêche artisanale côtière tournée vers la satisfaction des besoins locaux ou l'exportation, la pêche vivrière et l'aquaculture d'exportation. D'une manière générale, le changement climatique et l'acidification des océans, tous deux générés par l'augmentation de la concentration en GES dans l'atmosphère, se combinent pour expliquer la double menace qui pèse sur la pêche et l'aquaculture : sur la matière première (les poissons et leurs écosystèmes) et sur les moyens de production et de distribution (bateaux et infrastructures au sol).

Un poids économique, des fonctions et des pratiques variables d'un territoire à l'autre

Le secteur de la pêche et de l'aquaculture ne joue un rôle économique important qu'en Polynésie française. Ailleurs, la production est modeste, ce secteur étant, suivant les cas, en crise (Saint-Pierre-et-Miquelon), artisanal et peu structuré (Guyane, Antilles, Mayotte) ou peu développé (Nouvelle-Calédonie, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, La Réunion).

En Polynésie française, le développement de la pêche et de l'aquaculture a bénéficié de conditions très favorables dues à une ZEE immense, des habitats diversifiés et de vastes lagons propices à l'élevage des huîtres perlières (tableau 5) (ISPF, 2011 ; SPC, 2011). Ce secteur remplit deux fonctions, économique et alimentaire, la consommation moyenne de poisson s'élevant à 70 kg/habitants/an. La perliculture (huîtres *Pinctada margaritifera*), qui se concentre dans les archipels des Tuamotu (425 concessions couvrant 8 230 ha répartis dans 22 atolls) et des Gambier (102 concessions couvrant 1 260 ha), constitue la deuxième activité économique du territoire après le tourisme. En 2010, elle représentait 70 % de la valeur des exportations, principalement destinées à Hong Kong (50 % des perles exportées) et au Japon, et fournissait 5 000 emplois. À côté d'entreprises modernes qui contrôlent 80 % du marché, de nombreuses concessions familiales subsistent. Mais depuis le début des années 2000, la filière de la perle est touchée par une crise sévère due à la surproduction (baisse des prix) et à une baisse de qualité des perles (chute des ventes de 50 % entre 2000 et 2007). Des efforts sont faits pour améliorer la qualité des perles, limiter la contamination des huîtres par des virus et professionnaliser ce secteur. La pêche joue un rôle moins important (troisième rang des exportations, destinées à la métropole et aux États-Unis, avec des recettes de 5,6 M d'euros en 2010), avec une production de 8 400 tonnes réparties entre la pêche hauturière (5 700 tonnes en 2010 dont 80 % de thons) et la pêche côtière (2 700 tonnes) notamment autour des dispositifs de concentration de poissons²⁰ (DCP) (SPC, 2011 ; ISPF, 2011).

À Saint-Pierre-et-Miquelon où elle s'est développée dès l'après-guerre, la pêche industrielle est aujourd'hui en crise. Dès les années 1990, l'instauration de quotas pour certaines espèces comme la morue – mesure nécessitée par la surpêche –, et la forte variabilité interannuelle des ressources, ont précipité ce secteur dans une crise sévère qui perdure en dépit des aides à la diversification de la production (œufs de lompe, bulots, crabes des neiges, etc.) et à la reconversion, basée sur des projets d'aquaculture. La production s'est effondrée et reste très aléatoire (1 747 tonnes en 2008, 528 tonnes en 2011).

L'étendue du plateau continental guyanais (40 000 km²) est favorable à la pêche dont la production (3 000 à 4 500 tonnes/an) est principalement exportée vers l'Europe et les Antilles. Mais ce secteur est confronté à d'importantes difficultés. La pêche hauturière est affectée par la surexploitation des ressources (crevette²¹ et vivaneau), qu'aggrave la pêche illégale pratiquée par des navires

20. Aménagement immergé permettant de densifier la population de poissons.

21. 969 tonnes pêchées en 2010 contre 2 737 tonnes en 2000 ; instauration de taux autorisés de captures (TAC) fixés à 4 108 tonnes pour les crevettes pêchées sur le plateau continental.

brésiliens et surinamais. La filière crevette est également touchée par l'effondrement des cours, la concurrence de l'Équateur et du Brésil, et le caractère fluctuant des prises, qui chutent pendant les phases *La Niña*. Quant à la pêche côtière artisanale, elle souffre, comme dans la plupart des outre-mer, d'un manque de structuration (part élevée d'informel²²) et de moyens financiers (vieillesse des embarcations, difficultés de commercialisation). Pour redresser ce secteur, la Guyane s'est récemment engagée dans une politique de pêche durable fondée sur l'écocertification (label européen MSC²³) et l'usage du filet sélectif TED²⁴, qui permet d'accéder au marché américain.

Aux Antilles, la pêche est un secteur économique secondaire, artisanal et peu structuré. Elle est essentiellement côtière, les deux tiers des marins opérant à moins de 12 miles des côtes. La production annuelle fluctue entre 4 000 et 6 000 tonnes en Martinique où la surexploitation des ressources a conduit à la création de cantonnements de pêche en 1999. Elle atteint 10 000 tonnes en Guadeloupe (créant 70,3 M d'euros de recettes), où elle satisfait 60 % des besoins locaux et présente des possibilités de développement intéressantes, notamment grâce à l'installation récente de DCP. La pollution des eaux côtières par le chlordécone²⁵ a conduit en 2010 à la fermeture de certaines zones de pêche à la Martinique et de certaines fermes aquacoles en Guadeloupe. L'aquaculture y est par ailleurs exposée aux cyclones, comme l'a illustré la destruction des stocks d'ombrines par le cyclone Omar en 2008.

La ZEE de Mayotte est exploitée par des thoniers senneurs français et espagnols (4 289 tonnes en 2010), dont l'activité est remise en cause par les pêcheurs locaux qui ont obtenu depuis 2009 le versement d'une taxe de compensation affectée à la modernisation de la pêche artisanale et à la création d'une antenne de l'Ifremer à Mayotte. La pêche artisanale, qui se limite au lagon, remplit une fonction vivrière majeure, et concerne 2 000 à 3 000 pêcheurs dont la plupart sont des Comoriens en situation irrégulière. La production serait de l'ordre de 1 500 à 2 000 tonnes/an pour un chiffre d'affaires de l'ordre de 4 M d'euros. Ce secteur très largement clandestin fait l'objet d'efforts de modernisation et de structuration qui devraient permettre, en particulier, de le mettre aux normes sanitaires et sécuritaires en vigueur. À côté de la pêche, l'élevage d'ombrine (150 tonnes/an) semble prometteur, bien qu'il soit pénalisé par des coûts de production élevés.

En Nouvelle-Calédonie, bien qu'il bénéficie de conditions naturelles favorables, le secteur de la pêche (7 000 tonnes/an) et de l'aquaculture (2 000 tonnes de crevettes exportées en 2007) joue un rôle mineur, tant sur le plan économique (< 1 % du PIB) qu'alimentaire (26 kg/habitant/an) (SPC, 2011).

Si la pêche joue un rôle économique secondaire à La Réunion, elle y a un fort potentiel de développement en raison de la richesse des eaux des îles subantarctiques dans lesquelles opèrent ses six armements. La grande pêche indus-

22. Le caractère illégal de l'activité concerne non seulement les prises (61 navires en situation irrégulière en 2010), mais aussi les ventes (échec du Marché d'intérêt régional en poisson frais créé en 2003 à Cayenne).

23. *Marine Stewardship Council* (<http://www.msc.org/fr>).

24. Ce filet exclut tortues et requins. Il est utilisé depuis 2010.

25. Produit phytosanitaire utilisé jusqu'en 1993, notamment dans les bananeraies.

truelle bénéficie aujourd'hui de sa restructuration récente et d'une gestion rationnelle des ressources²⁶. Elle fournit plus de 6 000 tonnes de produits à forte valeur ajoutée (légine, langouste, grenadier) dont une partie est exportée vers l'Asie. La pêche palangrière au large (2 922 tonnes en 2008) est également dynamique, alors que la pêche artisanale opérant près des côtes (562 tonnes en 2008) est, comme dans la plupart des outre-mer, en recul.

À Wallis (pêche dans le lagon) et Futuna (ramassage de coquillages et de crustacés sur le platier récifal), la pêche assure une fonction vivrière, avec des prises de l'ordre de 1 000 tonnes/an dont 90 % sont destinés à la consommation locale (74 kg/habitant/an) (SPC, 2011).

Tableau 5 – Conditions naturelles de développement de la pêche dans les outre-mer français

Territoire	Superficie de la ZEE (km ²)	Habitats remarquables * (ha ou km ²)	Production annuelle (en tonnes) *
Polynésie française	4 867 370 km ²	Récifs et lagons : 12 800 km ² Herbiers : 29 km ² Mangroves : 4,2 ha	Pêche hauturière : 5 700 tonnes Pêche artisanale côtière : 2 700 tonnes Perliculture : 12 tonnes
Nouvelle-Calédonie	2 105 090 km ²	Récifs et lagons : 40 000 km ² Herbiers : 936 km ² Mangroves : 25 884 ha	Pêche hauturière : 2 140 tonnes Pêche artisanale côtière : 5 400 tonnes Aquaculture d'exportation (crevettes) : 2 000 tonnes
Wallis et Futuna	266 000 km ²	Récifs et lagons : 65 km ² Herbiers : 29 km ² Mangroves : 20,4 ha	Pêche hauturière : 168 tonnes (navires étrangers) Pêche artisanale côtière : 960 tonnes
Saint-Pierre-et-Miquelon	50 000 km ²	Récifs et lagons : / Herbiers : / Mangroves : /	Pêche hauturière : 528 tonnes Pêche artisanale : 1 285 tonnes
Guyane	126 000 km ²	Récifs coralliens : / Mangroves : 70 000 ha	Pêche hauturière : 969 tonnes Pêche artisanale côtière : 1 730 tonnes
La Réunion	318 300 km ² + ZEE des TAAF (657 610 km ²)	Récifs coralliens : 12 km ² Mangroves : / Herbiers : négligeable	Pêche hauturière industrielle : 6 083 tonnes Pêche palangrière : 2 922 tonnes Pêche artisanale côtière : 562 tonnes
Martinique	110 000 km ²	Récifs et lagons : 150 km ² Herbiers : 3 900 ha Mangroves : 2 100 ha	Pêche artisanale côtière : 5 000 tonnes Aquaculture : 85 tonnes
Guadeloupe	170 900 km ²	Récifs et lagons : 200 km ² Herbiers : 9 726 ha Mangroves : 3 983 ha	Pêche artisanale côtière : 10 000 tonnes Aquaculture : < 10 tonnes
Mayotte	69 500 km ²	Récifs et lagons : 1 500 km ² Herbiers : 730 ha Mangroves : 735 ha	Pêche industrielle : 4 289 tonnes Pêche artisanale : 1 500 à 2 000 tonnes Aquaculture (ombrine) : 150 tonnes

* Les données sont hétérogènes et variables d'une source à l'autre. Sont ici présentées des valeurs datant, suivant les cas, des années 2007 à 2011.

26. Fixation par les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) de taux autorisés de captures : 5 800 tonnes pour la légine en 2009, réparties entre Kerguelen (5 100 tonnes) et Crozet (700 tonnes) ; 400 tonnes pour la langouste. Suivi de l'état de la ressource (projets POKER aux Kerguelen en 2006 puis 2010).

Sources : SPC, 2011 ; SHOM ; IFRECOR, 1998.

Malgré les aides étatiques et européennes²⁷ dont il bénéficie, le secteur de la pêche est confronté à des difficultés qui tiennent à des facteurs à la fois endogènes (fluctuation ou baisse des ressources, manque de structuration, investissements limités) et exogènes (pêche illégale, concurrence internationale, quotas). L'évolution du climat et l'acidification des eaux océaniques constitueront donc des contraintes supplémentaires de l'évolution de ce secteur.

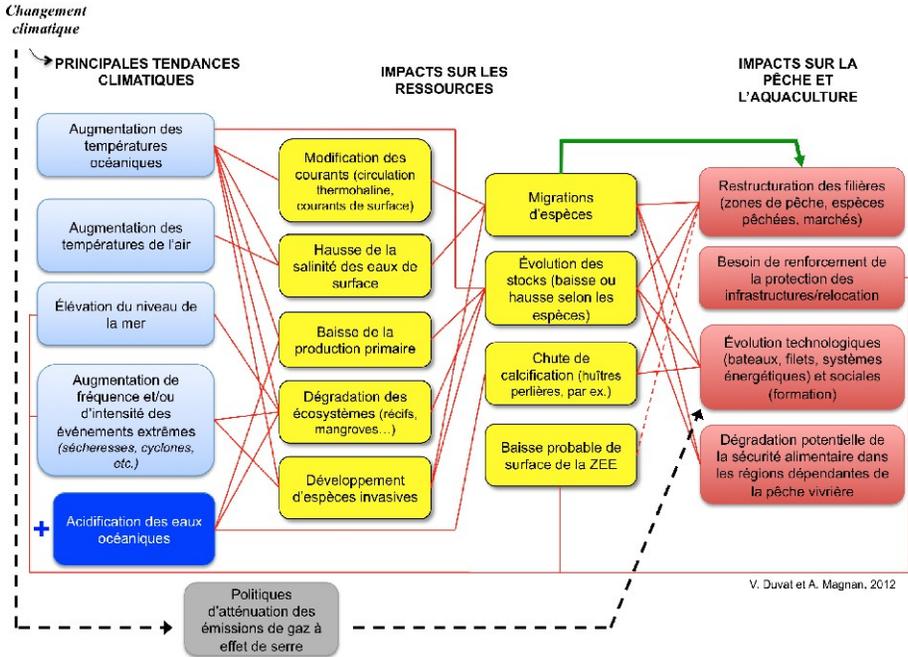
Impacts à attendre du changement climatique sur le secteur de la pêche et de l'aquaculture

Le changement climatique devrait avoir des impacts importants sur le secteur de la pêche (figure 7). D'abord, l'élévation du niveau de la mer pourrait engendrer la submersion de Bassas da India qui ferait perdre à la France 123 000 km² de ZEE. Au-delà, c'est surtout à travers la modification des températures de surface, de la salinité et de la productivité primaire des océans (voire des courants marins) que le changement climatique affectera le secteur de la pêche. Cela se combinera avec les effets de l'acidification progressive des océans. Bien que d'importantes incertitudes demeurent, l'on redoute d'une part, la baisse de la productivité océanique qui affecterait les stocks mondiaux et, d'autre part, d'importantes migrations qui redistribueraient les ressources en longitude et en latitude (migration des thons vers la zone tempérée, notamment). Ces évolutions toucheront la pêche hauturière ainsi que la pêche côtière, qui sera de surcroît affectée par la dégradation attendue des écosystèmes littoraux (mangroves, récifs coralliens, herbiers). Elles se manifesteront dans un contexte de surexploitation de nombreuses espèces, au large comme à la côte, si bien que le changement climatique risque d'exacerber des problèmes qui existent déjà. Enfin, les conséquences qu'auront à moyen terme les politiques d'atténuation des émissions de GES pourraient affecter les moyens de production encore très dépendants des énergies fossiles (bien que cela ne soit pas un effet direct du changement climatique) ; les cyclones comme la submersion marine (graduelle et ponctuelle) affecteront les infrastructures côtières (ports, routes, etc.)²⁸.

Figure 7 – Chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur le secteur de la pêche et de l'aquaculture

27. Fonds européen pour la pêche (FEP), CEP 2007-13, POSEIDOM 2007-13.

28. Les impacts du changement climatique sur les aménagements et les infrastructures sont traités dans la section « Aménagements littoral et gestion des risques » de cet ouvrage.



Impacts sur les stocks halieutiques exploités par la pêche industrielle hauturière

Les travaux récents de modélisation des captures²⁹ qui ont été effectués pour l'océan Pacifique fournissent à titre d'exemple des éléments intéressants sur les impacts possibles du changement climatique sur le secteur de la pêche (Lehodey *et al.*, 2011). Ces travaux relèvent d'une approche régionale qui ne prend pas en compte les évolutions qui pourraient se produire à l'échelle globale.

Les espèces les plus pêchées, en l'occurrence les thons, semblent peu vulnérables aux perturbations directes associées au changement climatique. Globalement, l'augmentation des températures océaniques devrait être plus élevée dans le centre et l'Est de l'océan Pacifique que dans sa partie Ouest, ce qui devrait se traduire par l'extension de la *zone d'eau chaude* occidentale actuelle vers l'Est, et donc par un déplacement dans cette direction des stocks de thons (Lough *et al.*, 2011). L'augmentation prévue des stocks dans le centre et l'Est du Pacifique devrait être favorable aux territoires français, en particulier à la Polynésie française. En parallèle, certaines espèces sensibles à la hausse des

29. Modèle SEAPODYM pour les territoires français.

températures océaniques pourraient migrer vers les latitudes moyennes (35-40°N et S), comme le thon obèse et surtout les thons à nageoires jaunes et albacore, ce qui réduirait les captures. En revanche, les prises de bonites rayées devraient augmenter, car cette espèce est moins sensible à la hausse des températures que les précédentes. D'après ces modèles, l'augmentation globale des stocks pourrait avoir pour conséquence une hausse significative des captures aux échéances 2035 et 2100 dans les territoires français. Les captures de bonites pourraient augmenter de 20 % (Nouvelle-Calédonie) à 40 % (Polynésie française et Wallis et Futuna) d'ici à 2100. En revanche, les prises de thons obèses devraient diminuer à Wallis et Futuna, et surtout en Polynésie française alors qu'elles pourraient augmenter en Nouvelle-Calédonie.

Si ces tentatives de modélisation sont intéressantes à titre d'illustration, d'importantes lacunes subsistent et invitent à considérer leurs résultats avec prudence. Ces incertitudes tiennent d'abord à des lacunes de connaissance sur la physiologie, la biologie et l'écologie des populations de thons. Elles sont également dues à une modélisation encore limitée des transformations de la chaîne trophique et de leurs impacts sur les populations de thons. Ensuite, des incertitudes persistent sur l'évolution du climat, notamment du phénomène ENSO, qui a une forte influence sur la variabilité des stocks, donc des captures³⁰. Par ailleurs, les conséquences de l'augmentation des précipitations sur l'évolution des populations de thons dans l'Ouest du Pacifique restent inconnues. Enfin, si la possible augmentation de stocks due au changement climatique est une perspective intéressante, car elle pourrait offrir des opportunités à des territoires dans lesquels d'autres secteurs seront probablement plus affectés, il ne faut pas oublier que l'aptitude à saisir ces opportunités dépendra aussi de la réduction des pressions actuelles sur la ressource. En effet, la capacité de régénération des espèces sera aussi fonction de leur état de santé dans un avenir proche.

Dans la Caraïbe, le secteur de la pêche devra s'adapter à l'évolution qualitative des stocks qui devrait être importante, car les espèces pêchées sont inégalement sensibles à la hausse des températures océaniques. Si les poissons blancs sont menacés de disparition, et les mérous, carangues et mulets très sensibles aux hausses de températures, d'autres espèces comme les requins, le cobia ou encore la loubine y sont en revanche peu sensibles. En Guyane, le programme CHALOUPE³¹ coordonné par l'Ifremer à partir de 2006, qui porte sur les impacts du changement climatique sur l'ichtyologie et la pêche côtière a démontré que cette région était déjà affectée par la hausse de la température des eaux et par un renforcement du phénomène *El Niño*, qui devrait engendrer une forte variabilité des captures de crevettes, celles-ci augmentant pendant *El Niño* et chutant pendant *La Niña*.

Impacts sur la pêche côtière

Peu d'études ont été réalisées sur les impacts du changement climatique sur la

30. Les prises augmentent pendant les épisodes *El Niño* dans l'Ouest et le centre du Pacifique (Salomon et îles de la Ligne).

31. CHAngement gLObal, de la dynamiqUe de la biodiversité marine exploitée et de la viabilité des pêcheries (<http://www.ifremer.fr/guyane/Nos-activites/Viabilite-des-systemes-halieutiques/CHALOUPE>).

pêche côtière, alors qu'elle devrait être fortement affectée à la fois par ses impacts directs (sur les ressources marines) et indirects (sur l'eau, l'investissement, les infrastructures côtières, etc.) (Badjeck *et al.*, 2010). En ce qui concerne ses impacts directs, sur lesquels on se concentrera ici³², l'on s'attend, d'une part, à la dégradation des écosystèmes contribuant au renouvellement des ressources halieutiques et aux prises de la pêche côtière (récifs coralliens, mangroves, partie aval des rivières, herbiers) et, d'autre part, à une évolution des stocks de pélagiques que cette pêche convoite par ailleurs. On abordera donc successivement ces deux aspects.

La capacité d'adaptation des écosystèmes côtiers au changement climatique, qui conditionne en partie l'avenir de la pêche côtière, dépend de deux facteurs que sont l'évolution des conditions écologiques et l'intensité des impacts anthropiques. L'amélioration de la compréhension des impacts du changement climatique sur ces écosystèmes et les suivis effectués au cours des dernières décennies permettent d'appréhender la vulnérabilité de ces écosystèmes, et d'identifier les territoires dans lesquels la pêche côtière est la plus menacée.

Globalement, les récifs coralliens³³ sont en meilleur état de santé dans l'océan Pacifique que dans l'océan Indien et la Caraïbe, car ils ont été jusqu'à présent moins sévèrement touchés par les épisodes de blanchissement³⁴ et les impacts anthropiques. En effet, si les récifs de Tahiti et de Moorea ont été fortement dégradés (pollution, sédimentation, prolifération de l'étoile de mer *Acanthaster planci*), ceux des îles extérieures comme les Tuamotu sont relativement préservés. Mais même là où ils sont en bon état de santé, les récifs coralliens pourraient être menacés d'ici à 2040 ou 2050 par l'augmentation de la température des eaux de surface. En Polynésie française, par exemple, les simulations montrent que le seuil de 29,2 °C pourrait être dépassé vers 2050 et que les phénomènes de blanchissement pourraient avoir une fréquence annuelle à partir de 2040, ce qui condamnerait probablement les coraux (Hoegh-Guldberg, 1999). De la même manière, les projections réalisées dans la région des Chagos, qui fournissent des indications sur les évolutions à attendre dans l'océan Indien, montrent qu'à partir de 2050, la température de 30 °C qui a provoqué un blanchissement massif des coraux en 1998 pourrait devenir annuelle (Sheppard, 2003, *in* Petit et Prudent, 2011). À Mayotte, le cumul d'épisodes de blanchissement corallien aussi dévastateurs que celui de 1998³⁵ et du développement de la ciguatera, due à la prolifération de micro-algues toxiques, telle

32. Voir la section « Aménagements littoral et gestion des risques » sur la question des impacts du changement climatique sur le bâti et les infrastructures côtières, telles que les ports, les routes, etc.

33. Pour rappel, le changement climatique devrait engendrer une dégradation importante des récifs coralliens en raison de l'augmentation des températures océaniques de surface, qui conduira à une hausse de la fréquence et de l'intensité des pics de mortalité corallienne, et du développement de maladies, micro-algues et espèces concurrentes, que l'évolution des conditions écologiques et l'affaiblissement des coraux devraient favoriser. La sédimentation côtière pourrait également s'amplifier avec le dépérissement des couverts végétaux. Les récifs seront par ailleurs affaiblis par la chute de calcification que provoque l'augmentation de la teneur des eaux océaniques en gaz à effet de serre.

34. Au cours des vingt dernières années, sept épisodes de blanchissement ont été recensés en Polynésie française. Les suivis indiquent qu'ils affectent environ 20 % des coraux des pentes externes, et que la régénération de ces derniers est relativement rapide. On dispose d'éléments de connaissance moins complets sur Wallis et Futuna (suivi depuis 1999 seulement) et la Nouvelle-Calédonie.

35. La mortalité corallienne a atteint 90 % sur les pentes externes.

Gambierdiscus toxicus, aurait un impact dévastateur sur la pêche côtière (Petit et Prudent, 2011). Dans la Caraïbe où le taux de recrutement corallien aurait baissé de 80 % depuis les années 1970 à cause de la propagation de maladies, d'événements extrêmes destructeurs et de pics thermiques (Badjeck *et al.*, 2010), le changement climatique pourrait engendrer, au moins dans certains secteurs, la disparition des récifs coralliens. L'état de santé déjà critique des récifs de la Guadeloupe et de la Martinique, et les fortes pressions anthropiques qu'ils subissent, réduisent de fait leur capacité à s'adapter à l'évolution du climat.

L'état de santé des autres écosystèmes qui contribuent au renouvellement des ressources côtières s'est également dégradé au cours des dernières décennies, qu'il s'agisse des mangroves, dont les surfaces ont en général reculé face à l'urbanisation, ou des herbiers marins, dégradés par l'aménagement de ports et par certaines techniques de pêche. Tout comme les récifs coralliens, ces écosystèmes souffrent de la pollution, qu'elle soit d'origine industrielle (Nouvelle-Calédonie), agricole (Antilles, en particulier) ou domestique, cette dernière concernant la plupart des territoires, bien qu'à des degrés divers.

La dégradation de ces écosystèmes devrait affecter les ressources en poissons démersaux qui jouent un rôle non négligeable dans les prises des pêcheurs artisanaux. Des chutes de 20 à 50 % d'ici à 2100 sont annoncées par le SPC (2011) dans les îles françaises du Pacifique. Les captures d'invertébrés devraient diminuer pour les mêmes raisons.

En ce qui concerne les impacts de la redistribution des espèces pélagiques sur la pêche côtière, l'étude du SPC (2011) sur les territoires français de l'océan Pacifique indique que cette redistribution devrait profiter à la Polynésie française et à Wallis et Futuna, mais en revanche être défavorable à la Nouvelle-Calédonie.

Au regard de la fonction largement vivrière de la pêche côtière dans certains archipels, on peut se demander dans quelle mesure les impacts du changement climatique pourraient affecter la sécurité alimentaire. En ce qui concerne les territoires du Pacifique, les ressources côtières devraient se maintenir à un niveau suffisant pour assurer l'alimentation des populations, même en Polynésie française où une forte croissance démographique est attendue (SPC, 2011).

Impacts sur la perliculture et l'aquaculture

Il existe peu d'éléments sur les impacts à attendre du changement climatique sur l'aquaculture.

Au regard des conditions thermiques et plus globalement écologiques très strictes qu'exige l'élevage des huîtres, d'une part, et du risque de chute de calcification associé à l'augmentation de la teneur des eaux océaniques en CO₂, d'autre part, on peut à juste titre redouter des effets négatifs du changement climatique sur la perliculture polynésienne. Nous ne disposons cependant pas d'analyses quantitatives de ce risque. La menace de blooms algaux provoquant l'anoxie des lagons et la mort des nacres n'est pas négligeable (Avagliano et Petit, 2009). D'ailleurs, la mortalité massive des huîtres perlières survenue dans les îles Cook en 2000 dans un contexte climatique associant sécheresse, absence de vent et hausse des températures, donne une idée des conséquences que pourrait avoir le changement climatique. Ces conditions ont

eu pour effet une baisse du niveau d'oxygène dans les lagons et une recrudescence de maladies qui ont à leur tour engendré une mortalité massive des huîtres perlières, causant 22 millions d'euros de pertes (SPC, 2002).

La pisciculture pourrait également être négativement affectée par l'évolution des conditions écologiques et par l'augmentation de l'intensité des cyclones. Mais peu d'études détaillées sont disponibles à ce jour.

Pistes d'adaptation et modalités de mise en œuvre

Adaptation de la pêche hauturière

Dans un contexte de pressions environnementales et anthropiques accrues, il apparaît en premier lieu fondamental de mieux assurer la protection des ressources halieutiques afin de permettre le renouvellement et l'adaptation des espèces exploitées. À ce titre, la politique qui est actuellement menée dans les Îles Subantarctiques par les TAAF semble prometteuse en ce qu'elle allie la création d'une vaste réserve naturelle (la plus grande de France), la fixation et la révision annuelle des taux de captures dans les zones de pêche, la recherche scientifique (nécessaire pour réduire les marges d'incertitude sur l'évolution future des espèces commerciales) et la lutte difficile mais nécessaire contre la pêche illégale.

Au-delà des stratégies nationales, les politiques régionales de gestion durable des stocks exploités ont un rôle important à jouer. La surpêche concerne en effet des espèces migratrices, qui devraient par ailleurs être affectées par le changement climatique, comme c'est par exemple le cas du thon obèse, surexploité dans l'océan Pacifique occidental (où les stocks devraient diminuer) et central. Des suivis sont nécessaires pour contrôler l'évolution et la distribution des stocks. La mise en œuvre de politiques régionales de gestion des ressources sera également nécessaire pour amortir les impacts négatifs de la redistribution des espèces pélagiques sur l'économie des pays dont les captures diminueront, comme cela est annoncé pour les îles Salomon et la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Il sera probablement nécessaire de mettre en place des arrangements régionaux prévoyant, par exemple, le déchargement et le traitement des captures dans les pays déjà équipés d'usines de transformation, pour y limiter les impacts de la diminution des captures tout en valorisant les investissements portuaires et industriels déjà réalisés (SPC, 2011).

Les changements qui affecteront l'abondance relative et la composition des stocks exigeront probablement une adaptation des techniques de pêche, qu'il convient d'anticiper autant que cela est possible.

Enfin, bien entendu, un enjeu fort pèse sur la protection des infrastructures portuaires ainsi que sur celles qui permettent le fonctionnement de la filière (routes, etc.) face aux risques de submersion et d'érosion, ce qui suppose d'en anticiper les coûts et d'intégrer l'effet de la remontée du niveau de la mer dans la conception des nouvelles infrastructures.

N. B. : même si cela n'est pas directement lié aux conséquences du changement climatique mais au poids que devraient avoir les politiques d'atténuation des émissions de GES, il est important de réfléchir à la transition énergétique

du secteur de la pêche hauturière. Quelles sources d'énergies renouvelables sont mobilisables, et pour quelles utilisations ? De même, la technologie des bateaux de pêche va devoir évoluer vers une moindre consommation d'énergie.

Adaptation de la pêche côtière

Parce que le changement climatique va accroître les pressions qui s'exercent déjà sur le secteur de la pêche artisanale, il appelle à concevoir et à mettre en œuvre des politiques globales de réduction de sa vulnérabilité, qui est forte dans les territoires ultramarins.

Une piste vise d'abord à réduire la dégradation des ressources qu'exploite cette pêche, ce qui impose de mettre fin à la pollution des eaux littorales par l'implantation et la mise aux normes de stations d'épuration, la modernisation des réseaux de collecte des eaux usées, et une gestion adéquate des déchets. En parallèle, il faut renforcer la protection des écosystèmes, notamment des mangroves (à protéger contre la déforestation et le remblaiement) et des récifs coralliens (à protéger contre les impacts néfastes des activités qui se développent dans les bassins versants, de la pêche à pied et des activités récréatives et touristiques). Il est également nécessaire de protéger les espèces commerciales surexploitées, comme les holothuries et les troques dans le Pacifique, ou la langouste et le lambi aux Antilles. Par ailleurs, comme dans le cas de la pêche hauturière, une attention particulière mérite d'être portée à la protection des infrastructures (routes côtières et ports), que des événements extrêmes comme les cyclones peuvent détruire. La construction d'abris cycloniques dans les territoires de pêche isolés (Tuamotu, par exemple), et la structuration et l'institutionnalisation de ce secteur d'activité (à Mayotte, en Guyane et aux Antilles), contribueraient à réduire les impacts des événements extrêmes sur le fonctionnement d'ensemble de la chaîne de production et de distribution.

Il importe par ailleurs de renforcer les capacités d'adaptation techniques des pêcheurs artisanaux à l'évolution des ressources. D'abord, en développant leur capacité à exploiter les ressources pélagiques dans une perspective de diversification de leur production (qui réduira d'autant les risques auxquels ils sont exposés) ou de report de leur effort de pêche (en cas de chute des ressources côtières, par exemple). Cela implique de les aider (subventions ou crédits) à acquérir des embarcations et des techniques de pêche appropriées. Cela suppose aussi de les former aux nouvelles technologies et de les intégrer aux circuits de commercialisation auxquels ils n'ont pas toujours accès. L'effort d'installation de DCP doit dans cette perspective être poursuivi, car il aidera les petits pêcheurs à exploiter les stocks de poissons pélagiques. Or, favoriser l'accès des pêcheries artisanales à ces ressources permettra, en parallèle d'une diversification de la production, de renforcer la viabilité de ce secteur en élargissant ses débouchés, notamment vers les villes. Cela renforcera du même coup la résilience de la pêche côtière face aux crises. Enfin, favoriser l'accès des petits pêcheurs aux ressources pélagiques permettra de régler des conflits qui existent déjà (par exemple, à Mayotte), ou qui pourraient émerger à l'avenir entre ces pêcheries, qui souffriront plus encore de leur cantonnement aux zones côtières, et le secteur de la pêche industrielle.

Il paraît par ailleurs important que les pêcheurs artisanaux puissent bénéficier des opportunités qu'apportera le changement climatique en faisant varier, à dif-

férents pas de temps, l'abondance et la composition des espèces. Au vu de la perturbation importante des stocks qui survient pendant les épisodes *El Niño*, il est important de développer des stratégies de report de l'effort de pêche sur d'autres espèces que celles qui sont habituellement pêchées. En 1997-1998, les pêcheurs péruviens ont ainsi vu changer de techniques de pêche (passage du filet à la plongée sous-marine) pour exploiter les opportunités associées à *El Niño*. À plus long terme, la formation des pêcheurs et l'amélioration de leur équipement favoriseront leur capacité à exploiter de nouvelles ressources. La diversification des activités des pêcheurs artisanaux, au sein même du secteur de la pêche et en dehors, semble cruciale pour réduire leur vulnérabilité face aux événements extrêmes. Dans les outre-mer, il serait intéressant d'encourager la pluri-activité et la mobilité professionnelle entre la pêche, l'agriculture et le tourisme. Cela permettrait de prendre en compte les incertitudes relatives à l'évolution des ressources disponibles et d'économies intrinsèquement fragiles, et de réduire les impacts des crises liées au climat (sécheresse, cyclones, etc.). Dans un contexte économique qui est peu favorable à la pêche, les petits pêcheurs de la Martinique mobilisent déjà leurs moyens de production pour accompagner à bon prix les touristes sur les îlots. À Antigua et Barbuda, suite au passage du cyclone Luis (1995) qui a dévasté les infrastructures touristiques, d'importants transferts de main-d'œuvre se sont opérés du secteur du tourisme vers celui de la pêche, le second amortissant pour un temps la crise qui frappait le premier.

Ces efforts ne porteront leurs fruits que si, en amont, les systèmes d'observation et de suivi des ressources et des évolutions climatiques se développent et donnent lieu à un effort de communication auprès des pêcheurs³⁶. Ces diverses actions pourraient favoriser la structuration du secteur de la pêche côtière et renforcer la cohésion sociale au profit de l'anticipation des changements et de l'amélioration de la capacité de gestion de crise. La structuration de cette profession facilitera par ailleurs le partage de l'innovation, l'accès à la technologie et l'amortissement des crises. Les bénéfices attendus s'entendent donc bien au-delà de la seule adaptation à l'évolution du climat.

Adaptation de l'aquaculture et de la perliculture

Les bassins aquacoles implantés sur le littoral ou aménagés au-devant des côtes à fleur d'eau devront probablement être rehaussés pour ne pas être submergés par l'élévation du niveau de la mer. D'ailleurs, l'élévation du niveau de la mer et les événements extrêmes, en fonction des contraintes et des dégâts qu'ils engendreront, pourraient à terme justifier le développement de l'aquaculture à l'intérieur des terres. D'autres solutions sont par ailleurs envisagées à titre expérimental, telle que la conception de cages d'élevage immergeables : ces dispositifs permettraient de faire face au regain éventuel d'intensité des épisodes cycloniques anticipé dans le futur, en mettant ces cages dès à présent à l'abri.

En ce qui concerne la perliculture, l'urgence est de mettre en place un suivi attentif de l'évolution des conditions écologiques à l'échelle locale afin de pouvoir

36. En prolongation du Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC), une étude spécifique sur l'impact du changement climatique sur la production de crevettes en Guyane a été lancée en 2012 par la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture.

réaliser dans les meilleures conditions les relocalisations de fermes qui s'imposeront. Le suivi du pH des eaux lagunaires des atolls exploités permettrait de mesurer les variations spatiales de l'acidification des eaux océaniques et par conséquent de réduire par anticipation les impacts de ce phénomène sur la production.

Analyse sectorielle

Impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de l'agriculture et de l'élevage

Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266)

Alexandre Magnan (IDDRI)

Bertrand Reyssset (Onerc)

- L'évolution attendue du climat pourrait affecter sérieusement les grandes productions sucrières et bananières des outre-mer.
- L'élevage serait également mis à rude épreuve compte tenu de la plus grande fréquence des épisodes de sécheresse dans de nombreux territoires.
- La structuration du secteur, l'interaction avec les consommateurs pour poursuivre la diversification en cours et la hausse de la part de consommation locale peuvent contribuer à l'adaptation.
- Les techniques culturales limitant l'érosion et la consommation d'eau sont des mesures sans regret.
- Il existe aujourd'hui des variétés mieux adaptées au climat à venir mais pour de nombreux produits agricoles, la sélection reste à développer car certaines productions pourraient disparaître à moyen terme dans certaines zones (taro, etc.).

Parce que ses performances dépendent directement des caractéristiques intrinsèques du climat et de ressources susceptibles d'être affectées par ses variations (eau et sols), le secteur agricole est très sensible aux impacts du changement climatique. Les principales contraintes auxquelles il est confronté risquent d'augmenter, ce qui appelle à engager d'importantes transformations, notamment des types de productions, des pratiques agricoles et des marchés.

Conditions actuelles de développement du secteur agricole

Dans les outre-mer, le poids du secteur agricole varie en fonction des conditions physiques, notamment pédologiques et climatiques, et du niveau de peuplement. En effet, l'agriculture est quasi inexistante dans les îles au climat polaire ou tempéré froid (îles subantarctiques, Saint-Pierre-et-Miquelon) alors qu'elle joue un rôle majeur dans les autres territoires peuplés et à climat tropical. Dans ces derniers, toutefois, bien que les conditions d'ensoleillement, de température et de pluviométrie soient globalement favorables, les contraintes associées au climat sont fortes, dues à la distribution inégale et à la forte variabilité des précipitations, à l'occurrence de cyclones et à la présence de bio-agresseurs³⁷.

37. Il y a 1,5 à 10 fois plus de maladies affectant les cultures maraîchères aux Antilles qu'en milieu tempéré (Bussière *et al.*, 2011).

Des ressources hydriques inégalement réparties et une demande croissante

D'ores et déjà, la principale contrainte est le déficit hydrique qui affecte les îles à climat tropical à des degrés variables (tableau 6). Le niveau des précipitations (< 1 500 mm/an) couplé aux caractéristiques pédoclimatiques limitent le développement de l'agriculture à Saint-Barthélemy, Saint-Martin, en Guadeloupe (Petite-Terre et dépendances) et dans les Tuamotu. Dans les îles à fort relief, comme La Réunion, la Guadeloupe, Tahiti et la Nouvelle-Calédonie, les versants sous le vent sont secs³⁸, ce qui impose d'irriguer. Le déficit hydrique s'accuse pendant la saison sèche et peut alors constituer un facteur limitant de la productivité de l'élevage, comme aux Antilles et en Guyane où il réduit fortement la production fourragère. Enfin, l'irrégularité interannuelle des précipitations, associée ou non au phénomène ENSO, ainsi qu'une évapotranspiration élevée, se traduisent par des épisodes de sécheresse qui peuvent détruire une part importante de la production, comme on l'observe aux Antilles (tableau 6). Enfin, la croissance démographique accroît les tensions entre l'offre et la demande d'eau.

Tableau 6 – Contraintes liées à l'état de la ressource en eau dans les outre-mer français

La Réunion	<ul style="list-style-type: none"> – Ressources abondantes, mais très inégalement réparties, d'où une distorsion spatiale entre ressources et besoins : ressources importantes sur la côte au vent peu peuplée, mais faibles sur la côte sous le vent fortement peuplée – Augmentation de la consommation sous l'effet de la pression démographique
Mayotte	<ul style="list-style-type: none"> – Forte irrégularité saisonnière des pluies (75 % pendant l'été austral entre octobre et mars) – Distorsion spatiale entre ressources et besoins : les régions NE et SO sont les plus arrosées, mais les moins peuplées – Augmentation de la consommation (nombre d'abonnés + consommation moyenne/foyer)
Saint-Martin	<ul style="list-style-type: none"> – Déficit chronique dû à une faible pluviométrie et à la rareté des ressources souterraines – Hausse rapide de la consommation jusqu'en 2009 (+ 5 % d'abonnés/an de 2000 à 2009)
Saint-Barthélemy	<ul style="list-style-type: none"> – Déficit chronique dû à une faible pluviométrie et à la rareté des ressources souterraines – Augmentation de la consommation (+ 25 % d'abonnés entre 2009 et 2010)
Guadeloupe	<ul style="list-style-type: none"> – Ressources en eau très inégalement réparties et insuffisantes en saison et/ou année sèche
Martinique	<ul style="list-style-type: none"> – Ressources sensibles aux aléas climatiques, périodes de sécheresse
Guyane	<ul style="list-style-type: none"> – Ressources en eau abondante – Épisodes de sécheresse
Nouvelle-Calédonie	<ul style="list-style-type: none"> – Ressources inégalement réparties, opposition classique côte au vent (E)/sous le vent (O) – Déficit hydrique de saison sèche (NO de la Grande-Terre) + épisodes de sécheresse pendant les épisodes ENSO
Polynésie française	<ul style="list-style-type: none"> – Épisodes de sécheresse aux Tuamotu

38. Le total des précipitations y est deux à huit fois (cas de La Réunion) inférieur à celui de la côte au vent pour une altitude égale.

Des aléas climatiques relativement fréquents et dévastateurs

Les îles situées sur la trajectoire des cyclones (Antilles, La Réunion, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française) subissent d'importants dégâts. La totalité de la production peut être détruite en un seul événement, comme cela a été le cas pour la filière banane aux Antilles en 2007. Il arrive que plusieurs aléas climatiques surviennent la même année, comme l'a illustré la Guadeloupe, affectée en 2010 par un épisode de sécheresse et deux cyclones (tableau 7).

Tableau 7 – Exemples d'impacts d'événements extrêmes sur le secteur agricole aux Antilles

Guadeloupe	– Cyclones Earl et Tomas (2010) + retombée des cendres volcaniques de Montserrat + sécheresse : baisse de la production de bananes de 23,5 % par rapport à 2009 (29 000 tonnes de dommages) et chute de la production de melons (1 824 tonnes de pertes, baisse des exportations de 40 %)
Martinique	– Sécheresse de 2003 : chute de la production de bananes de 24 % en raison de la baisse des rendements (59 t/ha en 2003 contre 74 t/ha en 2002) – Cyclones Tomas et Iris (2010) : pertes agricoles (canne, banane, fruits et légumes) – Cyclones Omar et Emily (2011) : perte de sols
Martinique et Guadeloupe	– Cyclone Dean (2007) : 115 M d'euros de pertes dues à la destruction intégrale des bananeraies aux Antilles ; destruction de 30 % de la surface plantée en canne à sucre, des cultures maraîchères et de l'horticulture

Un relief contraignant et un foncier morcelé

Dans les îles montagneuses (Drom insulaires, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française), les surfaces exploitables sont réduites et morcelées en raison du relief et de la forte urbanisation des plaines, ce qui limite l'amélioration de la productivité. Les valeurs de pente sont souvent élevées, ce qui favorise l'érosion des sols et les mouvements de terrain. L'alternance de périodes de sécheresse et de pluies intenses fragilise par ailleurs les sols des zones déforestées, en particulier en Nouvelle-Calédonie et à Mayotte.

À proximité de la mer, les parcelles de culture sont exposées à l'érosion marine, qui a fait perdre aux rizières de Guyane le quart de leur surface, soit 1 500 ha, entre 1980 et 2010, ainsi qu'à la salinisation des sols, qui affecte les rendements de taro³⁹ à Wallis et Futuna.

L'insularité et la pression foncière pèsent sur le secteur agricole

Divers facteurs humains contraignent également le développement de l'agriculture. Le premier est la position périphérique des outre-mer par rapport aux principaux marchés qui tient, non seulement à leur éloignement, qui accroît les coûts de production, mais aussi à l'étroitesse de leur marché ainsi qu'à leur statut politique, qui limite leur intégration régionale, réduit leur compétitivité et empêche l'ajustement au marché (normes sociales et environnementales plus élevées, coût élevé de main-d'œuvre, régime d'aides et de subventions spécifiques⁴⁰). Le

39. Tubercule très consommé dans les îles basses, en particulier.

40. Les outre-mer bénéficient d'une politique d'aide de la métropole et de l'Union européenne, dispensée à travers des programmes comme le POSEI (Programme d'options spécifiques à l'éloignement et à l'insularité, doté de 262 M d'euros en 2008, au titre de la Politique agricole commune (PAC) et du règlement de développement rural), les projets État-Région dont une partie est affectée à l'agriculture,

système d'aides publiques a favorisé le maintien d'une monoculture⁴¹ d'exportation (canne à sucre, banane) peu productive, alors que la diversification de la production, encouragée depuis 2009, pourrait améliorer la productivité et le taux de couverture alimentaire⁴², et réduire les impacts économiques des événements extrêmes. Au regard de la part élevée de l'activité informelle, de la prépondérance de la main-d'œuvre familiale et de la taille réduite des exploitations, il existe encore des marges de progrès.

Dans la plupart des outre-mer, le développement du secteur agricole est également contraint par la situation foncière. Dans les Drom insulaires et à Tahiti, la pression démographique et urbaine a entraîné le recul de la surface agricole et le mitage des territoires ruraux et des plaines. Ailleurs, la contrainte tient au contrôle foncier qu'exercent certains acteurs. En Guyane où 90 % du territoire relève du domaine privé de l'État, la mise en culture s'avère très difficile en dépit de la mise en œuvre d'un dispositif spécifique (périmètres d'attribution simplifiés). À Wallis et Futuna, en Nouvelle-Calédonie et à Mayotte, le droit coutumier limite les possibilités d'évolution de l'agriculture moderne, bien qu'il favorise par ailleurs l'agriculture vivrière, qui joue elle aussi un rôle important, alimentaire comme social.

Caractéristiques et évolution récente de l'agriculture

L'agriculture ultramarine présente une forte diversité en termes d'emprise spatiale, de poids dans l'économie et l'emploi, de nature des productions et de pratiques culturelles (tableau 8).

Une activité qui remplit des fonctions variées entre tradition et modernité

On peut distinguer les territoires isolés ou caractérisés par un système de droit coutumier (Wallis et Futuna, Nouvelle-Calédonie, Mayotte) de ceux qui sont intégrés au marché mondial. Dans les premiers, l'agriculture est avant tout vivrière et itinérante, s'insérant dans des systèmes agropastoraux ou de pluri-activité agriculture/pêche. Elle remplit des fonctions principalement alimentaires et a un faible rôle économique. Ailleurs (Antilles, La Réunion, Polynésie française), c'est une activité davantage marquée par la monoculture d'exportation en dépit d'une diversification progressive de la production, qui est commercialisée et pour partie exportée.

d'avantages fiscaux, de garanties d'écoulement (Cour des comptes, 2011, IEDOM, 2010a, b, c, d, e, f).

41. Par exemple, la monoculture concerne encore 72 % des producteurs martiniquais (Blazy, 2011).

42. En Guadeloupe par exemple, le taux de couverture alimentaire est de 14 % pour l'élevage et de 63 % pour les fruits et légumes.

Tableau 8 – Caractéristiques de l'agriculture dans les outre-mer français

	Importance du secteur			Production agricole
	SAU en ha et %	% du PIB et valeur ajoutée	% de l'emploi salarié	
La Réunion	45 035 ha 17,9 %	1,3 %	2,4 %	Productions principales : canne à sucre : 59 % SAU (stabilisation), production de 1,8 M de tonnes, 81,8 % des terres arables Productions secondaires : légumes (51 361 tonnes et 6,8 % TA) et fruits (ananas, banane, agrumes – 44 038 tonnes), élevage (poulets, porcs), 13 000 ha de prairies et cultures fourragères, vanille (185 ha, 13 tonnes)
Martinique	31 269 ha 28,4 %	Pêche et agriculture : 2,1 % Valeur ajoutée : 159 M €	5,5 %	Productions principales : – banane : 27 % SAU, 50 % des actifs, 54 % de la valeur ajoutée du secteur primaire, 188 000 tonnes exportées dont 98 % vers la métropole représentant 28 % des exportations totales – canne à sucre : 9,3 % SAU, 70 000 tonnes, rhum comme premier produit d'exportation agro-alimentaire Productions secondaires : élevage bovin et porcin, fruits et légumes
Guadeloupe	43 535 ha 25,4 %	2,9 % Valeur ajoutée : 267,6 M d'euros	2 % + main-d'œuvre familiale 22 535 personnes en 2007 80 % de saisonniers	Productions principales : – canne à sucre : 33 % SAU, 17,8 % de la valeur ajoutée (47,8 M d'euros) – banane : 5 % SAU, 19,3 % de la valeur ajoutée (51,6 M d'euros) Productions secondaires : légumes (6,7 % SAU, 21,4 % de la valeur ajoutée, 52 700 tonnes en 2010 dont 7 950 tonnes de melon), fruits (1,3 % SAU), bétail (12,8 % de la valeur ajoutée, prairies permanentes et fourrages : 26 % des terres arables)
Guyane	25 000 ha déclarés (2010) 0,3 % Hausse	Pêche et agriculture : 4 %	70 % d'agriculteurs sans titre foncier	Productions vivrières : manioc, ignames, ananas, banane, patate douce, maïs Productions commercialisées : – riz : 4 300 ha en 2010, recul avec 9 481 tonnes contre 19 612 tonnes en 2000 – élevage bovin (311 tonnes en 2010) et porcin, les prairies permanentes et fourrages représentant 42 % des terres arables ;
Mayotte	20 254 ha 54 %		2 795 déclarés, mais concerne 15 500 ménages (30 %)	Productions principales : – banane (4 600 ha, 18 500 producteurs), cocotier : 3 400 ha, 13 200 ménages, manioc, ambrevade, élevage bovin (1 ménage sur 5) Productions commercialisées : – maraîchages, cultures de rente dont ylang-ylang (464 ha, recul, 2,9 tonnes exportées) et vanille
Nouvelle-Calédonie	247 878 ha 13,5 %			Productions principales : – surfaces toujours en herbe : 97 % de la SAU, élevage bovin – cocoteraies – fruits et légumes, arboriculture, maïs, vanille
Polynésie française	18 534 ha 5,3 %		1 % 30 000 emplois dont 10 000 dans la production de coprah*	Productions principales : – coprah : 5 640 tonnes en 2007 (371 MF CFP), cultures et élevage : 17 675 tonnes en 2007 Productions secondaires : – vanille (11 tonnes et 230 MF CFP), noni (49 % aux Marquises (3 120 tonnes) + 40 % dans les îles de la Société), monoï : 355 tonnes d'exportations en 2007, 257 MF CFP

* Pulpe de noix de coco séchée utilisée pour fabriquer de l'huile.

Source : d'après le Recensement général agricole, 2002 ; IEDOM, 2011 ; ISPF, 2011a.

Les systèmes vivriers de Wallis et Futuna et de Mayotte

À Wallis et Futuna, l'agriculture est peu diversifiée et tournée vers la subsistance (taro, bananier, igname, arbre à pain, cocotier et élevage porcin). À Mayotte, 80 % des surfaces cultivées sont dédiées aux productions vivrières (banane, cocotier, manioc...) et 20 % aux anciennes cultures de rente⁴³ et aux maraîchages. Les cultures d'exportation souffrent du vieillissement des plantations, d'un coût de production élevé, des moyens limités des exploitants et d'une demande mondiale réduite (Gay, 2008). La pression démographique maintient la fragmentation des exploitations dont 82,5 % couvrent moins d'un hectare.

À Mayotte et à Futuna, les défrichements et le développement de l'élevage ont favorisé l'érosion des sols et ont été à l'origine de l'envasement des récifs coralliens.

La situation de la Nouvelle-Calédonie

Les structures agraires sont plus complexes en Nouvelle-Calédonie où il existe de fortes différences régionales dans la répartition des terres coutumières (24 % de la SAU et 69 % des exploitations), domaniales (11 % de la SAU et 1,4 % des exploitations) et de droit privé (65 % de la SAU et 25 % des exploitations), ainsi que dans la taille des exploitations (grandes dans le Nord et l'Ouest, petites dans le Sud, l'Est et les îles extérieures). L'élevage bovin prédomine avec 97 % de la SAU, d'où la quasi-autosuffisance de ce territoire. L'agriculture garde des attributs traditionnels : prépondérance des cultures vivrières et de la pluri-activité ; faible professionnalisation ; faire-valoir direct ; pratique de l'échange et des dons par 60 % des exploitants bien que 70 % commercialisent une part de leur production.

Un modèle guyanais spécifique

La Guyane présente une situation originale, avec une agriculture intérieure itinérante d'abattis brûlés⁴⁴ destinée à la consommation familiale et une agriculture plus moderne cantonnée aux rives du Maroni et à une étroite bande littorale dont la production (bovins, fruits et légumes) est destinée aux villes. Dans ce système mixte où seulement 15 % des besoins alimentaires sont couverts par la production locale, la part de la production commercialisée s'accroît, engendrant une augmentation de la taille moyenne des exploitations en forêt (Demaze *et al.*, 2002). En 2005, les micro et petites exploitations (< 10 ha) vouées à l'abattis et aux maraîchages dominaient avec 93,4 % du nombre total des exploitations alors que les grandes exploitations (> 20 ha), qui ne représentaient que 6,6 %, concentraient les cultures commerciales.

43. Ylang-ylang (42 % des recettes d'exportations en 2006) et vanille.

44. Le système d'abattis brûlés guyanais repose sur le défrichement et la mise en culture de petites surfaces de forêt généralement pour trois ans, suivie d'une période de jachère de deux à cinq ans (Demaze et Manusset, 2008).

Diversification et modernisation agricole dans les anciennes îles à sucre

À la fin des années 1990, la canne à sucre représentait les trois quarts de la production des Antilles et de La Réunion. Depuis lors, elle a accusé un important recul en raison de la concurrence de cultures d'exportation comme la banane, qui l'a progressivement remplacée aux Antilles, l'avocat ou l'ananas. La surface plantée en canne s'est stabilisée autour de 59 % de la SAU à La Réunion, 33 % en Guadeloupe et 10 % en Martinique. La Réunion est le premier producteur européen de sucre de canne avec 2 millions de tonnes de tiges récoltées et 200 000 tonnes de sucre produites. Les quelque 4 000 producteurs de canne y sont à l'origine de 15 000 emplois directs et indirects (CIRAD, 2011). Aux Antilles, au second rang après la banane, la canne à sucre contribue fortement à la valeur ajoutée agricole (17,8 % pour près de 48 M d'euros en Guadeloupe). L'organisation commune du marché du sucre est favorable à cette filière par la fixation de quotas élevés de production, l'octroi de fonds de conversion et l'indemnisation des pertes de revenu dues à la baisse des prix d'achat. Elle est complétée par un soutien de l'État pour la valorisation de la bagasse, l'irrigation et la plantation.

Aux Antilles, la banane constitue une filière structurée qui joue un rôle clé dans l'économie, avec 700 exploitations couvrant 10 500 ha, 6 000 emplois et une production annuelle de 260 000 tonnes (Blazy, 2011). Elle domine l'agriculture martiniquaise, avec 52 % de la richesse produite dans le secteur primaire (86 M d'euros), 42 % de la production agricole, 50 % des actifs et 27 % de la SAU. Elle joue un rôle également important en Guadeloupe où elle produit 19,3 % de la valeur ajoutée agricole (51,6 M d'euros en 2010). En dépit de la protection des exportations⁴⁵, cette filière souffre de la concurrence des producteurs latino-américains et des pays ACP. Entre 2002 et 2010, les exportations de la Guadeloupe ont diminué de près de 60 %, passant de 100 000 à 42 000 tonnes. Face à cela, diverses mesures visent à améliorer les performances du secteur : la structuration et la professionnalisation des producteurs⁴⁶, la concentration des exploitations dont 80 % couvrent moins de 10 ha, la certification de la production⁴⁷ et la lutte contre les maladies, en particulier la cercosporiose noire.

À La Réunion et aux Antilles, la diversification de la production se traduit par l'essor des cultures fruitières et maraîchères et de l'élevage (graphique 3). Elle permet de mieux satisfaire les besoins locaux ou d'occuper des marchés de niche à l'export. Ainsi, à La Réunion, le taux d'autosuffisance pour les fruits et légumes atteint aujourd'hui 80 % (CIRAD, 2011). En Guadeloupe, le melon joue un rôle clé dans les exportations (quatrième rang) alors que le bétail représente près de 13 % de la valeur ajoutée agricole. Par conséquent, le poids de la canne à sucre et de la banane recule dans l'économie des Drom. Si ces cultures représentent encore 36 % et 51 % de la valeur ajoutée agricole en

45. L'intervention des pouvoirs publics date des années 1960 et s'est renforcée avec la mise en place de l'Organisation commune du marché de la banane en 1993 (OCMB) et de programmes d'aide à la production (Gay, 2008).

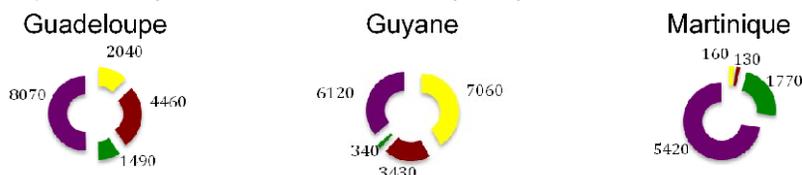
46. Création de l'Union des groupements de producteurs de bananes.

47. Le Plan banane durable 2008-2013 a permis à la Guadeloupe de certifier 73 % de sa production en 2010.

Guadeloupe et en Martinique, elles sont rattrapées par les productions de diversification qui atteignent respectivement 64 % et 49 % (Ozier-Lafontaine, 2011).

La modernisation se traduit par la concentration des exploitations (tableau 9) qui favorise en retour leur modernisation (consommation d'intrants, irrigation, intégration des apports de la recherche agronomique, structuration des filières et de la profession). À la fin des années 1990, les micro (< 1 ha) et petites exploitations (1 à 10 ha) représentaient dans les Dom 97 % de leur nombre total et 57 % de la SAU, contre 38 et 4 % en métropole (Benjamin et Godard, 1998).

Graphique 3 – Répartition en hectares des principales cultures



En jaune la banane, en rouge la canne, en vert légumes et tubercules, et en violet prairies et cultures fourragères.

Source : Agreste, 2005, in Ozier-Lafontaine, 2011.

Tableau 9 – Structure des exploitations agricoles dans les principaux Drom (en % du nombre total d'exploitations)

La Réunion (2007)	< 1 ha : 13,6 % < 10 ha : 78,2 % > 10 ha : 10,9 %
Martinique (2005)	< 1 ha : 17,4 % < 10 ha : 87,3 % > 20 ha : 5,5 %
Guadeloupe (2005)	< 1 ha : 19 % < 10 ha : 95 % > 20 ha : 1 %

Source : IEDOM, 2011 et chambres d'agriculture, 2009.

Les évolutions récentes ont renforcé l'opposition entre les communes rurales éloignées des centres urbains (centre de la Nouvelle-Calédonie, nord des Tuamotu et des Marquises, sud et ouest de Mayotte, est et sud de La Réunion, nord de la Martinique, ouest de la Guyane) et les communes urbanisées intégrées à l'économie de marché.

Cultures d'exportation, cultures vivrières et diversification en Polynésie française

En Polynésie française, l'agriculture reste fortement marquée par les cultures d'exportation. Le coprah continue à jouer un rôle important dans les Tuamotu où il emploie 10 000 personnes et constitue l'une des rares sources de revenu monétaire avec la perliculture. En 2007, l'exportation de 5 640 tonnes sur plus de 8 000 tonnes produites rapportait 371 MF CFP. La vanille (11 tonnes,

230 MF CFP en 2007) et le noni (355 tonnes d'exportation, 257 MF CFP en 2007) jouent un rôle plus secondaire, tout comme le noni⁴⁸ (2 525 tonnes, Marquises, îles de la Société). Par ailleurs, l'agriculture polynésienne se caractérise par l'importance des cultures vivrières, qu'illustre un taux de commercialisation de la production de 30 % seulement. Ici, la diversification agricole se traduit par l'augmentation des productions de fruits (9 230 tonnes), de légumes (4 727 tonnes) et de lait (10 680 tonnes).

Impacts à attendre du changement climatique sur le secteur agricole

Les impacts négatifs qu'aura le changement climatique sur le secteur agricole sont plus faciles à entrevoir que les opportunités qu'il pourrait créer. À l'échelle de l'ensemble des outre-mer tropicaux, on peut identifier cinq grandes menaces.

Aggravation du déficit hydrique et de la sécheresse

Ce risque concerne tous les outre-mer, mais il sera exacerbé là où la hausse des températures se cumulera avec une baisse des précipitations (Antilles, La Réunion, Nouvelle-Calédonie). Il sera accentué là où la variabilité intra et inter-annuelle des précipitations augmentera.

L'aggravation du déficit hydrique et de la sécheresse constitue un risque important au regard du rôle économique majeur de cultures d'exportation comme la canne à sucre, la banane ou le melon, qui sont très exigeantes en eau. Les simulations faites en Guadeloupe dans le cadre du projet Climator développé par l'Inra indiquent que la canne à sucre devrait être la plus touchée, et ce dès 2020-2040 : dans les systèmes non irrigués, la productivité en sucre serait réduite de 16 à 32 % (Climator, 2010). Pour la banane, des températures plus élevées pourraient perturber la floraison et la fructification dans les plantations situées en limite de la zone de production, en général en basse altitude : ces productions seraient alors à déplacer vers des zones plus élevées pour limiter le stress thermique (Ramirez *et al.*, 2011). Globalement, la culture de la banane serait moins vulnérable que celle de la canne à sucre sans irrigation (Climator, 2010). En Guyane, la baisse des précipitations en saison sèche pourrait affecter les rendements agricoles et, par effet de compensation, engendrer une hausse des surfaces cultivées, donc une accélération de la déforestation. La sécheresse devrait par ailleurs affecter l'élevage et l'agriculture vivrière, en particulier en Nouvelle-Calédonie, en Guyane et aux Antilles : pour la production de manioc, un changement de variétés et un allongement des cycles de culture est à anticiper pour contrer les effets de la baisse des précipitations (Ceballos *et al.*, 2011) et il faudra probablement recourir de manière plus systématique et plus importante qu'aujourd'hui à l'irrigation. Or, là où la consommation individuelle d'eau est en forte augmentation, la concurrence entre les différents usages, en particulier domestique et agricole, exercera une forte pression sur le secteur agricole, comme on a déjà pu l'observer en Martinique pendant la

48. Fruit ayant des vertus médicinales.

sécheresse de 2010.

Accélération de l'érosion des sols

Plusieurs facteurs participeront à la dégradation des sols des îles agricoles, structurellement sensibles à l'érosion en raison de fortes pentes et de précipitations agressives. Le premier est la sécheresse, qui contribuera à leur perte de qualité dans les régions déforestées (Nouvelle-Calédonie, Mayotte). Il faut également s'attendre à l'accélération de leur érosion dans les îles montagneuses qui pourraient connaître une augmentation des précipitations, comme les îles au vent et sous le vent de la Polynésie française, ou de l'intensité des cyclones, comme les Antilles. L'expansion des maraîchages, qui contribuent à appauvrir les sols en réduisant le taux de matière organique et en favorisant l'érosion, risque d'aggraver cette tendance (Lepousez et Loukos, 2011).

Développement des maladies et parasites

Ce risque concerne des productions déjà touchées par les maladies et parasites, ou sensibles à leur développement sous certaines conditions climatiques. Aux Antilles, les bananeraies sont sérieusement menacées par ce risque, car la monoculture intensive a favorisé le développement de deux parasites, le nématode endophytoparasite (*Radopholus similis*) et le charançon (*Cosmopolites sordidus*), qui génèrent d'importantes pertes de production et fragilisent le système racinaire du bananier. La situation pourrait s'aggraver en réaction aux stress climatiques supplémentaires. Les cultures maraîchères et fruitières, très sensibles aux parasites et aux maladies, sont également menacées, à La Réunion comme aux Antilles.

Endommagement de la production par les événements extrêmes

Outre-mer, les événements climatiques extrêmes (cyclones, précipitations intenses, sécheresses) sont très dévastateurs pour l'agriculture. La perspective d'une augmentation de leur intensité fait à juste titre redouter une hausse des pertes agricoles. Au vu des prévisions climatiques, les Antilles devraient être les plus touchées, devant La Réunion et, à un moindre degré parce que les cyclones y sont plus rares, la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie. Certaines régions sont plus exposées que d'autres à leurs effets, comme l'Est de la Martinique qui est sensible aux glissements de terrain, aux coulées de boue et aux éboulements.

En Nouvelle-Calédonie, la hausse des températures et la baisse des précipitations font redouter la multiplication des feux de brousse, dont le déclenchement et la propagation sont fortement conditionnés par la sécheresse.

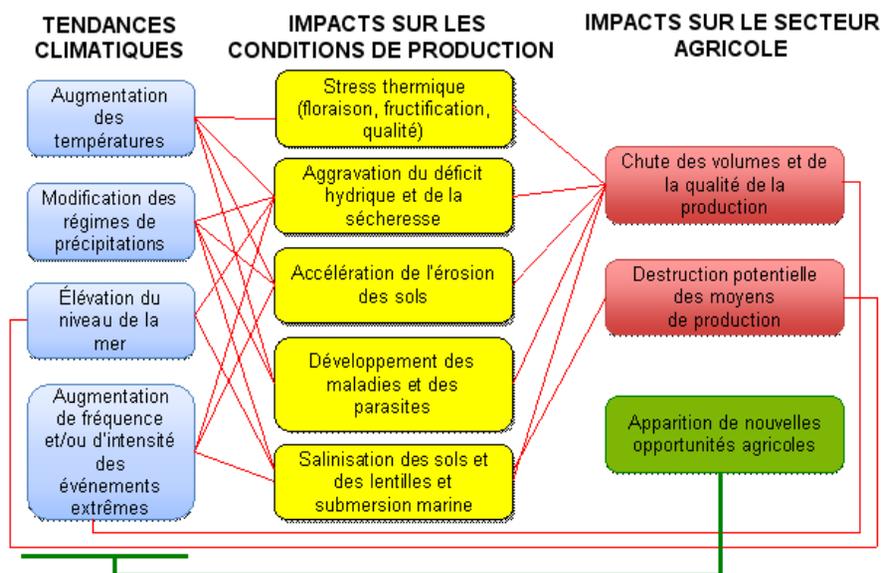
Destruction de la production par la salinisation des sols ou la submersion marine

Les régions littorales sont exposées à un risque spécifique, celui de la destruction de la production par la salinisation des sols, la submersion ou l'érosion cô-

tière, ces différents phénomènes pouvant se combiner. Certains milieux sont plus exposés que d'autres à ce risque, comme c'est le cas des îles coralliennes et des basses plaines littorales. À Wallis et Futuna et dans les Tuamotu où elles sont alimentées en eau par la lentille souterraine, les cultures de taro pourraient être condamnées par des remontées salines et par la salinisation des sols que provoqueraient des phénomènes de submersion plus fréquents et plus étendus qu'aujourd'hui. En Guyane où la mobilité sédimentaire associée à la migration des bancs de vase est forte, il est à redouter que l'érosion continue à détruire les rizières littorales. Les cocoteraies pourraient souffrir tout à la fois de la sécheresse, là où elle s'accusera, et d'une salinisation excessive des sols dans les zones basses.

Ces différents facteurs vont, au-delà de leurs effets spécifiques, se combiner et engendrer une baisse de production des cultures d'exportation et des cultures vivrières, à moins que les progrès génétiques et techniques ne parviennent à l'enrayer (figure 8).

Figure 8 – Chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur l'agriculture



V. Duval et A. Magnan, 2012

Synthèse des vulnérabilités prévisibles par type de spéculation

Les productions de banane et de canne à sucre, qui couvrent la majeure partie des SAU des Antilles et de La Réunion, sont sensibles à la hausse des températures et à la baisse des précipitations ; la canne à sucre devrait être plus touchée que la banane dans les zones non irriguées. La réduction de production prévisible sans évolution des modes de culture pourrait donc mettre en danger plusieurs dizaines de milliers d'emplois.

Dans l'ensemble des outre-mer, les activités de maraîchage seront également

affectées par le changement climatique *via* la hausse des températures, les sécheresses et les problèmes d'érosion. Parmi les cultures vivrières, les tubercules seront *a priori* les moins affectés, à l'exception du taro qui est exposé à la salinisation des lentilles d'eau souterraines.

La production fourragère connaîtra les mêmes contraintes couplées à la hausse des risques de feu, occasionnant des contraintes supplémentaires pour l'élevage et son taux de couverture des besoins locaux.

Néanmoins, la dynamique actuelle de diversification agricole constitue un atout d'un point de vue macro-économique, car l'on peut s'attendre à ce que certaines cultures résistent mieux que d'autres à un événement donné, ce qui réduira le risque global.

La salinisation des sols qui affectera certaines cultures littorales est en revanche plus problématique, car peu de spéculations peuvent supporter cette contrainte. C'est l'exploitation agricole de certaines zones littorales qui sera remise en question.

Actions d'adaptation envisageables et modalités de mise en œuvre

Un ensemble d'actions techniques, agronomiques, organisationnelles et institutionnelles permettrait tout à la fois de régler certains des problèmes structurels auxquels le secteur agricole est actuellement confronté dans les outre-mer, ce qui réduirait sa vulnérabilité intrinsèque, et de favoriser son adaptation aux pressions liées au changement climatique. Ces solutions relèvent de l'agriculture *durable* ou *intelligente* (FAO, 2010), qui consiste à soutenir la productivité et la résilience des cultures (Angeon, 2011), et la conservation des sols⁴⁹.

Les solutions techniques

Un enjeu majeur sera de faire face au déficit hydrique et aux épisodes de sécheresse. Cela implique d'accroître les volumes d'eau disponibles par divers procédés techniques (captage, barrages, récupération des eaux pluviales) et d'améliorer les capacités de stockage (réservoirs) et de transfert (réseaux de canalisations). Un enjeu crucial consistera alors à suffisamment bien identifier, en amont, les potentiels effets collatéraux de ces grands chantiers sur le long terme, afin d'éviter au mieux les formes de « maladaptation ».

La Guadeloupe et La Réunion possèdent dans ce domaine un savoir-faire et une expérience transférables à d'autres territoires. En Guadeloupe, depuis les années 1990, des transferts sont opérés des rivières de la côte au vent de la Basse-Terre vers la Grande-Terre, les Saintes et la Désirade. Six barrages ont été construits dont celui de Dumanoir, en service depuis 2010, qui retient 630 000 m³ d'eau. Le barrage Moreau devrait prochainement accroître la capacité de stockage de 1 M m³. En parallèle, des travaux ont été lancés pour augmenter les transferts vers la Grande-Terre, réaliser de nouvelles canalisations et assurer l'interconnexion des réseaux existants. À La Réunion, le projet Irriga-

49. Les orientations de recherche des organismes publics sur le thème de l'adaptation de l'agriculture exposées dans le plan national d'adaptation (MEDDTL, 2011a) contribueront à l'adaptation du secteur.

tion du littoral ouest (ILO) a récemment permis de basculer de l'est vers l'ouest 71 M m³ d'eau pour irriguer 7 000 ha représentant plus de 15 % de la SAU, pour un coût de 850 M d'euros.

D'autres territoires accusent un retard important dans la maîtrise de l'eau et sont de ce fait plus exposés à ce jour aux risques de déficit hydrique et de sécheresse. C'est d'abord le cas de la Martinique où 93 % de l'approvisionnement en eau repose sur des captages opérés dans les cours d'eau qui sont susceptibles d'être détruits par des mouvements de terrain. Pour réduire le risque de pénurie, il est prévu d'exploiter les ressources souterraines dont une étude du BRGM (2004) a montré qu'elles étaient abondantes et accessibles : 307 points de forage représentant un potentiel de 66 000 m³ par jour ont été identifiés. D'autres territoires accusent également un retard important, comme Mayotte où il va falloir accroître les ressources et la capacité de stockage, et développer le réseau de transfert (SDAGE 2010-2015).

Un autre enjeu technique, qui doit nécessairement être couplé à la création/sécurisation des ressources en eau pour l'irrigation, est d'améliorer la maîtrise de l'irrigation⁵⁰ afin d'éviter qu'elle ne génère un excès d'eau, comme cela peut se produire dans les vertisols argileux guadeloupéens (Bussièrre *et al.*, 2011). La vulnérabilité au changement climatique de certaines productions (canne à sucre) encouragera l'irrigation qui, en créant un microclimat plus humide propice au développement des larves, pourrait favoriser le développement des parasites affectant les petits ruminants (Mahieu *et al.*, 2011).

La hausse de la sensibilité des sols à l'érosion pourra être limitée par leur couverture permanente, par des dispositifs de paillage ainsi que par l'entretien ou le développement de dispositifs anti-érosion dans les terrains pentus (murets, fascines, haies, etc.). En parallèle, pour protéger leur qualité, il faudra limiter la pollution due à l'utilisation de pesticides toxiques (comme le chlordécone qui, utilisé jusqu'en 1993 dans les Antilles, a fait de gros dégâts et reste une préoccupation actuelle du fait de sa rémanence [Cabidoche *et al.*, 2011]) et réduire le travail des sols pour préserver la matière organique qui se décompose rapidement en milieu tropical.

Les solutions agronomiques

Au-delà des solutions techniques, il faudra faciliter la transition des systèmes agronomiques vers des formes mieux adaptées aux changements en cours (Sierra, 2010 ; Angeon, 2011).

Le premier enjeu est d'améliorer la maîtrise des processus de production. Certaines spéculations, comme la canne à sucre et la banane, pourront être maintenues à la condition de décaler les cycles de culture et d'identifier ou d'introduire des variétés plus résistantes aux stress climatiques prévisibles. On a déjà identifié par exemple des variétés de manioc et de canne plus tolérantes aux sécheresses (Ceballos *et al.*, 2011 ; Inman-Bamber *et al.*, 2011), qui ne présentent pas à l'heure actuelle de plus-value, mais qui fourniraient dans le futur une solution d'adaptation aux baisses de précipitations annoncées, notamment aux Antilles et à La Réunion. De la même manière, il faudra adapter les périodes de mise en reproduction des cheptels au niveau des ressources alimen-

50. Dans le cadre des actions du Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) des mesures sont déjà identifiées pour financer des systèmes d'irrigation plus économes en eau.

taires et diversifier celles-ci (Mahieu *et al.*, 2011). La maîtrise des processus de mise en culture implique la sélection de types de cultures et d'espèces adaptées aux conditions climatiques (mouton créole aux Antilles, par exemple) et l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement qui réduisent l'érosion des sols et la pollution. Dans cette perspective, soutenir l'amélioration génétique constitue une priorité afin de développer des variétés supportant des seuils thermiques plus élevés, ayant des indices de récolte supérieurs, et étant plus résistantes aux parasites. La relocalisation de certaines cultures dans des zones bioclimatiques plus adaptées à leur développement sera peut-être à envisager (voir le cas de la banane abordé précédemment).

Par ailleurs, pour améliorer la résilience des systèmes cultureux, il est souhaitable d'encourager les associations culturales, d'introduire des plantes dites de service capables de restaurer la fertilité des sols ou de réguler les populations de parasites (Blazy, 2011), et de développer les rotations culturales et la pluri-activité agriculture/élevage. Ces procédés renforcent la biodiversité des agro-systèmes, ce qui contribue à amortir les risques climatiques et sanitaires. Ils soutiennent l'augmentation de la productivité en favorisant la régénération des sols et en faisant reculer les parasites, ce qui permet de limiter l'usage de pesticides. De premiers essais de rotation ont été réalisés aux Antilles. Ces procédés valent aussi dans l'élevage où l'association des petits ruminants et des bovins réduit les risques de parasitisme pour les deux espèces (Mahieu *et al.*, 2011). La diversification et l'intégration des systèmes de production réduiront également les risques de pertes liés aux facteurs climatiques ou sanitaires, et la dépendance extérieure en répondant mieux aux besoins du marché local, ce qui apparaît aujourd'hui comme une priorité (Cour des comptes, 2011). Le contexte antillais est favorable à la mise en œuvre de ces pratiques, car la majorité des exploitations est basée sur un système de polyculture élevage (Mahieu *et al.*, 2011). En complément, le développement de cultures sous abri, notamment maraîchères et fruitières, réduirait les impacts des agressions climatiques (pluies intenses, vents, cyclones).

Parallèlement, il faudra valoriser les opportunités agricoles. Les plantes à tubercules seront probablement à privilégier, car elles bénéficieront de l'allongement du cycle végétatif, et sont moins sensibles aux aléas climatiques (vents cycloniques, par exemple) et peu exigeantes en intrants tout en ayant des rendements élevés. Elles peuvent ainsi utilement contribuer à sécuriser les ressources alimentaires et les revenus agricoles.

Les solutions organisationnelles et institutionnelles

Pour faire face aux aléas futurs, il est important de structurer les filières de production, et de concevoir des filières innovantes et flexibles aptes à intégrer le changement. Cela suppose de réduire les problèmes de concurrence pour l'usage des terres et l'obtention d'aides publiques, et de développer la capacité d'adaptation des producteurs en soutenant les pratiques innovantes dont le développement est actuellement limité par les coûts d'investissement et les risques financiers élevés qu'elles impliquent. La capacité à intégrer l'innovation est actuellement limitée, même en situation de productivité réduite par le parasitisme, comme on peut l'observer dans la filière banane aux Antilles où l'adoption de solutions qui ont fait leurs preuves, comme la jachère, les vitro-plants et l'introduction de plantes de service, est lente (Blazy, 2011). Les contraintes so-

cio-économiques (capacités financières et tailles réduites) et techniques (faible mécanisation) des exploitations (Blazy, 2011 ; Bonin et Cattan, 2006) devront donc être prises en compte pour la diffusion d'innovations ou de pratiques plus résilientes au climat.

Pour obtenir des résultats dans l'environnement complexe des productions et producteurs agricoles, il est crucial de promouvoir la gestion participative par le développement de systèmes d'innovation agricole intégrant les différentes catégories d'acteurs. Soutenir la mise en place d'une réflexion collective permettra de faire émerger une vision commune des problèmes, des enjeux, des mesures à engager et des modalités de diffusion de l'information, ce qui renforcera la capacité d'anticipation et de mise en œuvre des solutions identifiées. Cet enjeu est capital dans un secteur qui montre de fortes spécificités locales et pour des territoires dans lesquels « on ne sait pas [forcément] faire ensemble », comme l'ont montré les résultats d'enquêtes réalisées dans les départements français d'Amérique insulaires (Angeon et Fomoa-Adenet, 2010).

Enfin, des mesures d'adaptation devront aussi concerner les consommateurs et, à travers eux, les marchés locaux. Il est en effet fondamental que les consommateurs aient conscience des enjeux de transformation qui pèsent sur le système de production, afin qu'ils comprennent et s'approprient les effets induits (restrictions dans la disponibilité de certains produits, mise sur le marché de nouvelles productions, fluctuation des prix, etc.). Si les consommateurs ne peuvent être directement à l'origine du processus d'adaptation au changement climatique, ils peuvent en être des facilitateurs, d'où la nécessité de les prendre en compte dans les choix d'adaptation.

Principales barrières à lever

Plusieurs facteurs font aujourd'hui obstacle à l'adaptation, comme la fragmentation des parcelles, qui entrave l'innovation en limitant les possibilités de mécanisation requises par le développement de certaines cultures de service (Blazy, 2011) ; la grande diversité des modes de production et la faible professionnalisation du secteur, qui rendent difficile la mise en œuvre de solutions collectives (Bussière *et al.*, 2011) ; la politique d'aide pratiquée par l'État et l'Union européenne, qui maintient des filières non rentables (Cour des comptes, 2011) et n'envoie pas de signal fort sur la nécessité de faire évoluer les systèmes de production vers des modèles plus résilients au changement climatique ; et d'importants verrous fonciers (pression de l'urbanisation) qui contraignent les relocalisations de cultures.

Ces freins à l'adaptation sont partiellement compensés par des leviers, parmi lesquels on retiendra d'abord l'intérêt des systèmes de polyculture élevage existants, qui créent un contexte favorable au développement des associations et rotations de culture. Par ailleurs, s'il a pu limiter l'initiative et l'innovation en rigidifiant le fonctionnement du secteur agricole, le système d'aides publiques pourrait constituer un levier pour faire évoluer à la fois les productions, les pratiques culturelles et les modes de consommation locale, à travers le soutien de modèles plus résilients au changement climatique.

Enfin, le développement d'une offre assurantielle pourrait aider les producteurs à gérer l'évolution climatique et les inciter à investir dans des pratiques d'adaptation. Or, à l'heure actuelle cette offre assurantielle n'existe pas. Par exemple, le fonds national de gestion des risques en agriculture n'est pas opérant dans

les départements d'outre-mer (MEDDTL, 2011a). Quant au fonds de garantie des calamités agricoles, il s'applique en théorie dans les départements d'outre-mer, mais il y reste en pratique inopérant en raison de difficultés réglementaires et d'abondement du fonds dans les Dom⁵¹.

Exemple d'actions d'adaptation mises en œuvre dans d'autres territoires

Contrainte par l'embargo que lui ont imposé les États-Unis, Cuba a révisé son modèle agricole en engageant la transition du modèle de plantation traditionnel vers le modèle agro-écologique, fondé sur le développement de l'agro-biodiversité dans les exploitations agricoles et sur une agriculture urbaine et périurbaine reposant sur des fondements biologiques et de conservation (Ozier-Lafontaine, 2011). Bien que cette évolution ait été impulsée par des facteurs politiques, elle dote à ce jour Cuba d'une expérience intéressante dans le domaine de l'agro-écologie. Aussi pourrait-elle, au moins sur certains aspects, inspirer les outre-mer pour sortir de la monoculture d'exportation et restaurer un environnement de qualité favorable au maintien des sols, au contrôle des maladies et parasites et à l'amélioration du taux de couverture alimentaire.

51. Ces barrières d'offre assurantielle outre-mer ont par ailleurs déjà été identifiées dans le plan national d'adaptation, qui a prévu une expertise spécifique du Conseil général de l'agriculture et des espaces ruraux. (MEDDTL, 2011a).

Analyse sectorielle

Impacts potentiels du changement climatique sur le secteur forestier

Virginie DUVAT (UMR LIENSs 7266)
Alexandre MAGNAN (IDDRI)

- Les grandes tendances de l'évolution du climat vont affecter négativement les forêts de l'outre-mer : les zones propices à leur développement vont progressivement migrer et les espèces invasives pourraient altérer la valeur écologique et économique de ces écosystèmes.
- Dans la plupart des outre-mer, la sécheresse augmentera les risques de feu de forêt ou réduira la capacité de fixation des sols pour cause de dépérissement.
- Dans ce contexte, il importe d'améliorer la rentabilité des forêts existantes afin de pérenniser par-là même les services annexes qu'elles rendent.
- Quant aux forêts et mangroves qui ne sont pas exploitées commercialement, leur protection est essentielle pour pérenniser les services qu'elles rendent, notamment de protection des biens et des personnes et de limitation des apports terrigènes aux côtes.

Parce que les forêts dépendent fortement du climat, les évolutions attendues des précipitations, des températures, de l'humidité de l'air et du rayonnement solaire vont affecter leur répartition, leur composition, leur structure et leur état de santé. On s'attend à une perte de biodiversité et de ressources, et à la diminution des services climatiques (stockage du CO₂) et écologiques (protection des sols et des côtes) qu'elles rendent.

Rôle et poids du secteur forestier dans les outre-mer français

Outre-mer, les forêts primaires occupent une surface variable en fonction des conditions physiques (relief, climat, sols) et des pressions anthropiques. Les principales forêts naturelles se concentrent en Guyane et dans les îles tropicales montagneuses, où elles couvrent en général de plus vastes étendues que les périmètres de reboisement.

Les forêts terrestres

La Guyane se distingue des territoires insulaires par l'étendue de sa forêt primaire, son haut niveau de préservation et son fort potentiel d'exploitation (tableau 10). Avec une superficie de 8 millions d'hectares, la forêt équatoriale guyanaise représente le tiers du couvert forestier français et abrite la moitié de la biodiversité française totale. Elle couvre 95 % de la superficie de la Guyane. La zone exploitée se limite à une bande littorale et a fourni 70 619 m³ de grumes⁵² en 2011 contre 52 300 en 2010 pour une valeur ajoutée de

52. 1 m³ équivaut à environ 1 tonne de bois frais.

1,2 M d'euros. Au vu de l'ampleur de la déforestation qui sévit en Amazonie ⁵³, la forêt guyanaise apparaît comme un écosystème préservé (baisse de 0,06 % de sa surface entre 1990 et 2008 – Inventaire forestier national, 2009). Elle est néanmoins menacée de fragmentation par les routes (ouverture de la RN 2), le développement de l'orpaillage illégal (pollution au mercure) et du braconnage, et la forte pression démographique qui accroît la demande en terres.

Dans les îles, les forêts primaires occupent une surface globalement limitée, mais variable (tableau 10). Elles ont pratiquement disparu de certains archipels (Mayotte, îles Australes en Polynésie française), et certaines formations sont menacées de disparition, comme les forêts sèches et semi-sèches de basse altitude. On observe une baisse de la surface forestière totale et de la part des forêts naturelles par rapport aux périmètres de sylviculture, les opérations de reboisement ne compensant pas les défrichements. Ainsi, sur la période 1990-2008, la surface forestière a baissé en moyenne chaque année de 370 ha à La Réunion (– 0,4 % de la surface forestière), de 534 ha en Guadeloupe (– 0,9 %) et de 470 ha à la Martinique (– 1 %) (Inventaire forestier national, 2009). Le recul des forêts s'est accompagné de la dégradation de leur état, dû à l'ouverture de routes et de sentiers qui ont favorisé la propagation des espèces envahissantes.

Les périmètres de sylviculture des Drom sont peu rentables. Aux Antilles, les rendements d'exploitation du mahogany à grandes feuilles (*Swietenia macrophylla*), qui constitue la principale essence de production de bois d'œuvre, sont faibles (15 m³/ha/an en Martinique et 8 m³/ha/an en Guadeloupe) en raison de contraintes naturelles (sols pauvres, relief, maladies et ravageurs ⁵⁴), d'un déficit d'équipement en matériel d'exploitation et de l'absence de normes de qualité (Leroy et Schneider, 2010). La faible compétitivité encourage l'importation de bois, qui limite en retour la valorisation des ressources locales. Par exemple, en Martinique, les ventes sont deux fois inférieures aux volumes exploitables localement. Depuis 2001, des mesures ont toutefois été prises pour soutenir la filière bois : aide à l'acquisition de matériel d'exploitation, réduction des risques phytosanitaires par l'introduction de nouvelles espèces, etc. Elles visent quatre priorités : formation/information des acteurs, amélioration de la compétitivité, préservation de la biodiversité et du patrimoine naturel, mise au point de stratégies locales de développement ⁵⁵.

53. 837 000 km² sur 6,2 M km² ayant été défrichés avant 2001 dont 80 % au Brésil (Betts *et al.*, 2008).

54. En Martinique, la mineuse des pousses d'acajou (*Hypsipyla grandella*) ralentit la croissance en hauteur et génère une mauvaise conformation des plants. En Guadeloupe, le ravageur scolyte (*Hexacolus guyanensis*) fore des galeries dans le bois de mahogany. La fourmi manioc (*Acromyrmex octospinosus*) entraîne le pourrissement des racines ou du cœur des arbres.

55. Accord-cadre Région-État-ONF-Chambre des métiers et de l'artisanat de la Martinique, aides du conseil régional, Programme de développement rural 2007-2013.

Tableau 10 – Caractéristiques des forêts terrestres dans les Drom

Territoire	Surface forestière totale (ha et % territoire)	Part du territoire en forêts naturelles et principaux types	Mode de gestion		Production sylvicole (m³)
			Public (ONF) en ha + %	Privé en ha et %	
Guyane	8 000 000 ha 95 %	95 %, forêt équatoriale	≈ 8 000 000 (75 % par ONF, 25 % par le parc amazonien) ha > 99 %	< 1 %	72 000 m³
Martinique	47 000 ha 43 %	26 %, forêts hygrophile, mésophile et xérophile	15 741 ha 33 %	31 023 ha 67 %	2 136 m³
Guadeloupe	69 000 ha 40 %	/	38 223 ha 55 %	31 000 ha 45 %	/
La Réunion	120 000 ha 48 %	39 %, forêts semi-sèche, hygrophile, mésophile et éricoïde	100 515 ha 83 %	20 000 ha 17 %	4 298 m³
Mayotte	1 120 ha 3 %	3 %, forêt hygrophile (673 ha), forêt et fourrés secs (445 ha)	Public ONF-CEL	/	/

Source : données 2007-2011 de l'ONF et de l'Inventaire forestier national.

Dans les îles françaises du Pacifique, la déforestation a condamné la plupart des forêts et favorisé la propagation des espèces envahissantes. En Nouvelle-Calédonie, les forêts humides et sèches ont été largement remplacées par une savane qui couvre désormais 40 % de l'île. Elles sont menacées par les incendies qui surviennent les années sèches, comme l'a illustré en 2002-2003 la destruction de 48 000 ha de forêt humide. Comme les forêts, la savane joue cependant un rôle important dans la protection des sols contre l'érosion, mais elle est menacée par le surpâturage et les incendies. Ces derniers ont détruit 1 119 ha en 2008, 10 842 ha en 2009 et 5 515 ha en 2010 (ISEE, 2011). La création de 71 000 ha d'espaces protégés (réserve naturelle intégrale de la montagne des sources, parcs provinciaux, réserves spéciales terrestres) n'a pas mis les formations végétales menacées complètement à l'abri (ISEE, 2011).

Tableau 11 – Fonctions et caractéristiques des formations végétales « naturelles » de Nouvelle-Calédonie

Formations végétales	Surface (km ²) et part (en %)	Services rendus	Menaces actuelles
Forêt humide 000 espèces endémiques	3 900 km ² 20 %	<ul style="list-style-type: none"> - Protection du sol contre l'érosion - Régulation du débit des cours d'eau - Stockage de carbone - Production de bois 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendies (- 48 000 ha en 2002-03) - Exploitation forestière - Activité minière - Chasse et prélèvement de végétaux
Forêt sèche 450 espèces végétales dont 60 % d'endémiques	45 km ² 0,2 %	<ul style="list-style-type: none"> - Protection du sol contre l'érosion - Maintien des nappes phréatiques - Ressource agronomique (riz sauvage, santal) - Stockage de carbone 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendies - Espèces envahissantes (fourmi électrique) - Construction et infrastructures - Élevage et agriculture
Maquis minier	4 272 km ² 23 %	<ul style="list-style-type: none"> - Protection du sol contre l'érosion - Régulation du débit des cours d'eau - Stockage de carbone 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendies - Activité minière - Reboisement inadéquat

Source : d'après le site <http://www.province-sud.nc/>

À Wallis et Futuna et en Polynésie française, les forêts primaires ne couvrent plus que 10 % de la surface terrestre et restent très menacées par les pressions anthropiques (tableau 12)⁵⁶. En Polynésie, seules les forêts mésophiles et hygrophiles bénéficient de mesures de protection. S'y ajoutent 100 000 ha de forêts secondaires dominées par des espèces introduites dont certaines sont envahissantes. Les priorités sont la réalisation d'inventaires écologiques, lancés en 1997 avec l'appui du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) et de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), et l'identification de sites prioritaires de conservation (Meyer, 2007). Il existe par ailleurs des forêts plantées dont une partie est exploitée, soit 2 000 ha de pins des Caraïbes (*Pinus caribaea*) et 25 000 ha de cocoteraies dédiées à la production de coprah. Des filaos (*Casuarina equisetifolia*) ont aussi été plantés pour protéger les sols contre l'érosion. Si la sylviculture a connu un développement limité et reste peu rentable, elle contribue, comme les savanes secondaires, à la protection des sols et à la régulation de l'écoulement de surface en période de fortes précipitations.

Tableau 12 – Menaces qui pèsent sur les principales formations végétales « naturelles » de Polynésie française

Formations végétales	Principales menaces
Forêts sèche et semi-sèche (1 500 mm/an) Surface : 1 000 ha	<ul style="list-style-type: none"> - Incendies - Construction et infrastructures
Forêt mésophile (1 500 à 3 000 mm/an)	<ul style="list-style-type: none"> - Incendies - Construction et infrastructures - Élevage - Espèces envahissantes
Forêt hygrophile (> 3 000 mm/an)	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces envahissantes (<i>Miconia calvescens</i>)

56. Il n'existe que deux sites protégés dans les îles habitées : le parc territorial de Te Faaiti à Tahiti (750 ha, 1989) et le parc et la réserve naturelle de Vaikivi à Ua Huka aux Marquises (240 ha, 1996).

Forêt ombrophile (> 3 000 mm/an) Surface : 8 000 ha	- Routes (mont Maurau, Tahiti, 1973 ; Nuku Hiva, Marquises, 1988) - Pylônes électriques
--	--

Source : d'après Meyer, 2007.

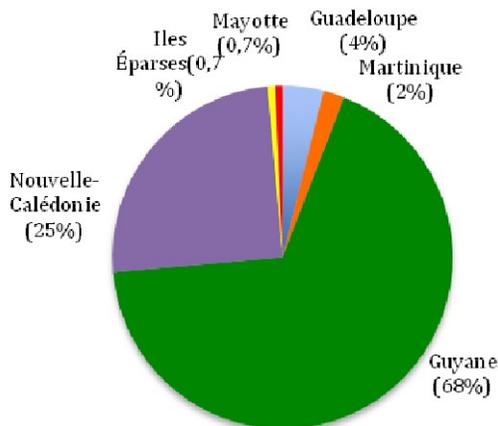
Les mangroves

Les mangroves occupent une surface importante en Guyane et en Nouvelle-Calédonie où elles bénéficient de bonnes conditions de développement. Ailleurs, elles sont moins étendues et exposées à de fortes pressions anthropiques (graphique 4). Le maintien de ces forêts constitue un enjeu important au regard de la diversité des services qu'elles rendent (protection de l'habitat et des parcelles agricoles contre les tempêtes, piégeage des sédiments et polluants, fourniture de bois, etc.) et de leur rôle majeur dans la subsistance de certaines communautés ⁵⁷.

Tableau 13 – Surfaces de mangrove dans les outre-mer français

Territoire	Surface estimée (ha)	Évolution
Guadeloupe	3 983	Recul
Martinique	2 100	Recul
Guyane	70 000	Fluctuation naturelle
Mayotte	735	Recul
Îles Éparses (Europa)	700	Stabilité relative
Nouvelle-Calédonie	25 884	Extension
Polynésie française	4,2	-
Wallis et Futuna	20,4	-
Total	103 426,6	

Graphique 4 – Répartition des mangroves dans les outre-mer français



57. L'Institut de recherche pour le développement (IRD) a montré le rôle de la mangrove dans la pêche à la crevette en Guyane. La mangrove joue un rôle important dans la production vivrière : collecte de crustacés, coquillages, mollusques et poissons en Nouvelle-Calédonie ; de crabes à la Martinique ; de poissons-lait à Wallis et Futuna ; de poisson et crustacés à Mayotte (91 tonnes de poissons et 29 tonnes de crustacés par an dans la seule baie de Chiconi à Mayotte).

Source : Duncombe, 2009.

Divers facteurs naturels et anthropiques commandent l'évolution des mangroves. En Guyane, les facteurs naturels sont prépondérants, l'évolution de la mangrove étant contrôlée par la vitesse de sédimentation, corrélée aux apports de sédiments à la côte, et l'hydrodynamisme. La migration de bancs de vase massifs le long du littoral crée une alternance de phases d'accumulation sédimentaire et d'érosion à l'origine de phases de développement rapide, puis de contraction de la mangrove. Dans les îles tropicales où la dynamique sédimentaire est moins active, les facteurs qui commandent l'évolution des mangroves sont principalement la pression anthropique et les cyclones. Au cours des dernières décennies, on a en effet assisté à un recul rapide des mangroves sous l'effet de l'urbanisation littorale, en particulier aux Antilles et à Mayotte, où elles ont souvent été défrichées et/ou remblayées. Certains cyclones comme Hugo (1989) ont également été très destructeurs. En Guadeloupe, ce cyclone a réduit la surface des vasières à mangrove de palétuviers rouges de 75 % et la biomasse de 80 %, et dix ans plus tard, la mangrove ne s'était pas complètement régénérée (Petit et Prudent, 2011).

Impacts à attendre du changement climatique

L'évolution des paramètres climatiques, en s'ajoutant aux pressions existantes, va affecter profondément la répartition, la composition, la structure et l'état de santé des forêts de la zone intertropicale. On s'attend globalement à la diminution des surfaces forestières et à une perte de biodiversité qui ensemble réduiront les services rendus par les forêts.

Impacts du changement climatique sur les forêts naturelles terrestres

En premier lieu, l'augmentation des températures, qu'elle soit ou non associée à une baisse des précipitations, provoquera le déplacement en altitude des bioclimats et des forêts associées. Les formations forestières qui ne trouveront pas d'espace refuge en altitude en raison de l'anthropisation ou de leur position sommitale (forêts ombrophiles ou de nuages) sont menacées de disparition, d'où un risque élevé de perte de biodiversité. Les capacités et vitesses de migration des espèces et des formations végétales en altitude restent difficiles à établir, car le rythme d'augmentation des températures de l'air est 10 à 100 fois plus élevé que les maximums connus des derniers millénaires (Mayle et Power, 2008).

La migration des formations végétales aura pour effet la contraction des forêts ombrophiles et le développement des formations sèches et semi-sèches. Dans les îles hautes de Polynésie française, les forêts subalpines, qui ne couvrent plus que 125 ha répartis entre trois sommets de plus de 2 000 m d'altitude, sont les plus menacées. Il en est de même à Mayotte pour les forêts humides de crête qui sont déjà à la limite supérieure de leur aire de répartition bioclimatique. Aux Antilles où la saison sèche pourrait s'allonger et les précipitations diminuer, la forêt ombrophile de montagne devrait disparaître et la forêt xérophile se développer (Joseph, 2006 et 2011). En second lieu, les effets de rétroaction

entre sécheresse, propagation des feux et déforestation devraient être destructeurs pour les forêts et favoriser leur remplacement par de la savane, en particulier sur leurs marges. Les nombreuses études⁵⁸ réalisées sur la forêt amazonienne ont permis de mettre en évidence ces effets⁵⁹ (figure 9). Bien que la partie française de la forêt amazonienne ne soit pas concernée par les contraintes de déforestation massive, cette forêt est menacée de stress hydrique face aux prévisions de hausse des températures, de baisse des précipitations de saison sèche (Betts *et al.*, 2008 ; Malhi *et al.*, 2008) et d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresse (Nepstad *et al.*, 2008). Il est fort probable que l'on assiste à sa contraction et à son remplacement, au moins dans certaines régions, par des formations semi-arides comme les savanes (Zelazowski *et al.*, 2011). Des expérimentations consistant à prélever l'eau au niveau de la canopée montrent une bonne résilience à un épisode de sécheresse, mais une résilience faible en cas de répétition de ce type d'événement (Brando *et al.*, 2008 ; Meir *et al.*, 2008). La récurrence des épisodes de sécheresse aura pour effet d'engendrer la mort des grands arbres, d'accroître la température du sous-bois et de favoriser le déclenchement et la propagation des feux (Ray *et al.*, 2005). D'autant que la dégradation de la forêt par le feu est favorable au développement d'espèces comme les bambous et les herbacées qui sont très inflammables. Ainsi, les effets du changement climatique vont fragiliser ces forêts qui sont déjà soumises à des pressions anthropiques élevées (Asner *et al.*, 2010). La déforestation (qui est très limitée dans la partie française), en ouvrant la canopée et en favorisant localement les pertes hydriques, favorise la propagation des feux de forêt (Nepstad *et al.*, 2008 ; Nepstad *et al.*, 2009 ; Asner *et al.*, 2005). De plus, comme l'ont montré Aragão *et al.* (2008), la fragilisation des marges forestières qui résulte du développement de l'agriculture et de l'élevage accroît la sensibilité de la forêt au feu⁶⁰. La diminution de surface et la fragmentation de la forêt réduiront sa résilience, sa biodiversité et sa biomasse (Barlow et Peres, 2004), ce qui engendrera une dégradation des sols et une diminution de l'eau disponible (Petit et Prudent, 2011).

Des incertitudes demeurent sur l'évolution du climat et sur les processus qui commandent la réponse de la forêt amazonienne aux facteurs de pression. Par ailleurs, les réponses de l'écosystème aux changements en cours sont difficiles à prévoir, car certains mécanismes sont mal connus, tels que les impacts de la hausse des températures sur la photosynthèse (Lloyd et Farquhar, 2008). Il est

58. Travaux de modélisation des réponses de l'écosystème aux pressions climatiques ; expérimentations *in situ* consistant à agir sur certains paramètres du climat, comme les précipitations, afin de mesurer les impacts à attendre de leur évolution ; travaux d'archéologie mettant en évidence la relation entre feux de forêts et pression anthropique ; travaux de paléoécologie ayant permis de mesurer les réponses de la forêt amazonienne aux pressions climatiques au cours de l'Holocène.

59. Ces effets sont mieux connus depuis l'étude des impacts de l'épisode de sécheresse de 2005 sur la forêt brésilienne (destruction de 10 à 50 % des arbres de plus de 10 cm de diamètre par le feu).

60. La forêt amazonienne a déjà connu, au cours de la période Holocène (entre 8 000 et 4 000 ans avant notre ère), une période de sécheresse et peut-être même de réchauffement du climat au cours de laquelle l'importance des feux a contribué, en Amazonie orientale et méridionale, au remplacement de la forêt humide par des forêts semi-sèches et des savanes (Malhi et Phillips, 2004). La contribution humaine aux feux de forêt a été démontrée par les travaux de Bush *et al.*, 2008.

tout aussi délicat de s'avancer sur l'évolution de la composition de la forêt et sur les réponses physiologiques des plantes, en particulier aux changements de températures (Lewis *et al.*, 2009 ; Zelazowski *et al.*, 2011).

Une augmentation du risque de feu de forêt est également une menace qui pèse sur les Drom et les Com. Le risque de survenance de feux aux conséquences dramatiques tels que ceux qui ont eu lieu à La Réunion en 2011 s'accroîtra avec la hausse des températures et l'assèchement des sols. En Nouvelle-Calédonie, ces feux pourraient contribuer à la disparition des dernières forêts sèches (50 km², 125 lambeaux). Dans les îles tropicales, la dégradation des forêts sera accélérée par deux facteurs supplémentaires, la forte anthropisation de certains étages forestiers et les cyclones, qui favorisent l'un comme l'autre la propagation des espèces envahissantes (Joseph, 2011). La multiplication de ces espèces invasives tend à réduire la biodiversité et la capacité d'adaptation des forêts, même à Saint-Pierre-et-Miquelon, comme l'illustre l'évolution de la forêt de l'île de Langlade, qui a reculé de 37 % entre 1952 et 2005 (Muller, comm. pers., *in* Petit et Prudent, 2011).

Impacts sur les mangroves

Le changement climatique est susceptible d'affecter les mangroves à travers deux types de processus, l'élévation du niveau de la mer, qui devrait jouer un rôle prépondérant, et l'évolution des paramètres climatiques (précipitations, températures, concentration de CO₂ dans l'atmosphère) et marins (salinité, tempêtes). Le devenir des mangroves sera aussi conditionné par les réponses que les sociétés humaines apporteront aux pressions environnementales qui s'exercent sur le littoral (Gilman *et al.*, 2008). Les mangroves constituent néanmoins des écosystèmes résilients, comme le démontre leur maintien pendant l'ère quaternaire qui a connu d'importantes variations du climat et du niveau marin. Elles peuvent en effet s'adapter à une élévation du niveau de la mer par deux processus (Paskoff, 2001 ; Gilman *et al.*, 2008). Là où les apports en sédiments sont suffisants, la vasière peut s'exhausser et s'ajuster au niveau marin. Ce phénomène d'exhaussement repose principalement sur la croissance algale et racinaire, et sur la production primaire, qui augmente le volume du sol. Là où les apports sédimentaires sont insuffisants pour permettre cet ajustement vertical, la mangrove migre vers le littoral par recul de son front océanique et colonisation des régions internes favorables à son développement. Bien entendu, ce processus de repli ne peut s'effectuer que là où des espaces non construits ont été maintenus à cet effet sur le littoral.

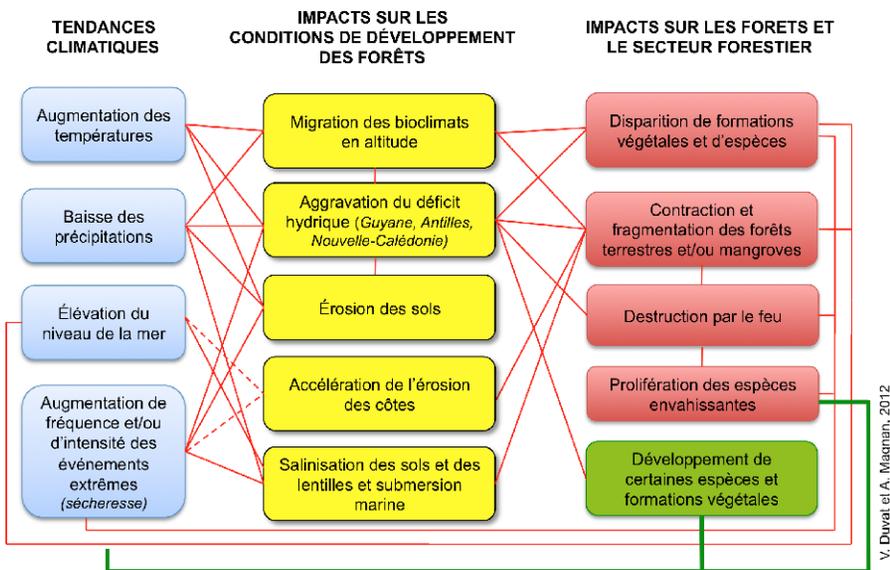
Différents facteurs naturels déterminent la vulnérabilité d'une mangrove à l'élévation du niveau de la mer : la surface de la vasière qui lui sert de support, la composition et la structure de la mangrove (chaque espèce et sous-ensemble ayant des capacités d'adaptation différentes), les caractéristiques physiques du site (pente, présence d'obstacles à la migration, etc.), l'intensité des événements extrêmes (pics de mortalité, impacts sur les sols et le niveau de la vasière), et l'évolution des précipitations (favorables au développement de la mangrove) et du taux de salinité (rapport entre évaporation et précipitations).

Dans les secteurs peu anthropisés, comme la côte guyanaise qui est bordée sur 92 % de sa longueur par des mangroves, la vitesse de sédimentation et la migration des bancs de vase continueront à commander l'évolution des mangroves. En Nouvelle-Calédonie, la hausse relativement lente du niveau marin

devrait limiter ses impacts sur ces forêts (PNUE, 2006). Dans les autres territoires d'outre-mer, il faut s'attendre à une contraction, voire à une disparition des mangroves, car la migration des palétuviers sera rendue impossible par le haut degré d'aménagement du littoral. Dans ces autres territoires, le changement climatique ne sera donc pas le facteur majeur de disparition de la mangrove.

Par ailleurs, l'on pense que les conditions seront globalement favorables à la mangrove là où les précipitations augmenteront et à l'inverse défavorables là où elles diminueront (diminution de croissance, salinisation excessive). C'est malheureusement ce dernier scénario qui devrait prévaloir dans les outre-mer français (cf. chapitre sur les projections climatiques outre-mer).

Figure 9 – Chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur les forêts : l'exemple de la forêt amazonienne et des mangroves



Pistes d'adaptation et modalités de mise en œuvre

Il est aujourd'hui établi que les impacts anthropiques seront les principaux facteurs d'évolution des systèmes forestiers au cours des prochaines décennies (Cramer *et al.*, 2004). Dans ce contexte, différents types d'actions peuvent être mis en œuvre pour réduire les effets négatifs des activités humaines : une forêt supportera d'autant mieux les stress climatiques qu'elle sera en bon état écologique.

Néanmoins, si les efforts de maintien du bon état écologique sont capitaux pour assurer la résilience des forêts, il est inéluctable qu'une grande partie des formations actuelles évoluera.

Actions d'adaptation concernant les forêts terrestres

Conserver un bon état écologique : un enjeu social, économique et de sécurité des biens et des personnes

En Guyane, la richesse des services rendus par la forêt s'étend au-delà du département, aussi, est-il important que le capital qu'elle représente puisse être entretenu à travers la recherche d'un équilibre entre protection et gestion durable de la ressource, et la limitation de la déforestation.

Dans les territoires insulaires, il est urgent, non seulement de mettre à l'abri des impacts anthropiques les forêts menacées de disparition qui ne bénéficient d'aucune mesure de protection, mais aussi d'améliorer la gestion des forêts protégées qui continuent à se dégrader sous l'effet de la propagation des espèces envahissantes ou des activités humaines. Les enjeux sont de protéger, non seulement les formations végétales menacées ou susceptibles de l'être, mais aussi les sols, dont l'érosion risque de s'accélérer sous l'effet du changement climatique. En fonction des menaces, et des formes et niveaux d'anthropisation des forêts, différentes stratégies de gestion peuvent être envisagées, de la création de réserves intégrales à la mise en place de projets de gestion collaborative.

Compte tenu de la surface de forêt gérée par les établissements publics dans l'outre-mer (quasiment toute la forêt guyanaise, la majorité des forêts antillaises et réunionnaises), le maintien des efforts gestion durable est capital pour la conservation du bon état écologique de ces forêts⁶¹.

La dégradation des forêts entraîne généralement une dégradation des services qu'elles rendent *in situ* (stockage de carbone, production de bois, etc.) comme *ex situ* pour la sécurité des biens et des personnes dans les zones de forte pente ou en aval de celles-ci (protection contre les mouvements de terrain et le ruissellement, en particulier).

Maintenir ou recréer des espaces refuges pour les formations et les espèces menacées

Pour maintenir la diversité des formations et des espèces, il est crucial de protéger les forêts de montagne au regard de leur fort endémisme et de leur fonction refuge pour les espèces sensibles aux variations environnementales (Malhi et Phillips, 2004). Pour que cette fonction puisse s'exercer, il faudra ouvrir des corridors écologiques, ce qui implique d'identifier les zones critiques pour le refuge (Killeen et Solórzano, 2008) et de réaliser l'interconnexion des milieux protégés (Lagabriele *et al.*, 2008), et assurer une vigilance forte quant à la propagation des espèces envahissantes.

Réduire le risque de feu de forêt et pérenniser la capacité d'intervention

La création d'espaces refuges et de corridors écologiques ne suffira pas à assurer la préservation des formations forestières menacées. En Guyane, une autre priorité est de réduire le risque de feu de forêt, au vu de son importance

61. Le maintien du bon état écologique est l'objet d'action du plan national d'adaptation (limité aux DOM) qui rejoint en partie cette recommandation (MEDDTL, 2011a).

capacité de destruction. Cela implique de limiter l'usage du feu dans les zones d'abattis en période de sécheresse (Nepstad *et al.*, 2008), d'éviter la fragmentation de la forêt en contrôlant le développement des infrastructures et des surfaces cultivées (Brodie, 2012), de protéger les marges forestières du processus de dégradation qu'elles subissent, et de renforcer la surveillance et les capacités d'intervention en cas de déclenchement de feu. De la même manière, la prévention et la capacité d'intervention doivent être renforcées dans les territoires insulaires exposés au risque de feu comme les Antilles, La Réunion et la Nouvelle-Calédonie, notamment.

*Développer la connaissance au profit de la gestion adaptative des forêts*⁶²

Au regard des incertitudes qui demeurent sur les impacts qu'aura le changement climatique sur les écosystèmes forestiers, il importe de renforcer les efforts d'observation qui ont été déployés à partir des années 1980 afin de mesurer les évolutions climatiques et écosystémiques. Consolider le réseau de stations existant⁶³ permettrait en effet, d'une part, d'identifier les espèces les plus résistantes à l'augmentation des températures et du déficit hydrique et, d'autre part, de mieux comprendre les effets des différents paramètres climatiques sur les formations végétales. La comparaison d'observations réalisées dans diverses régions du globe sur la base d'indicateurs de changement permettrait d'identifier les facteurs qui commandent l'évolution des forêts, donc de mieux prendre en compte leur complexité dans les modèles (Malhi et Phillips, 2004 ; Prato, 2008). En complément, la communauté scientifique recommande le développement d'études de vulnérabilité des systèmes forestiers aux contraintes actuelles afin d'améliorer la compréhension de leur fonctionnement. Cette démarche est nécessaire pour développer la modélisation au gré de l'amélioration des prévisions climatiques aux échelles régionale et locale (Ohlson *et al.*, 2005). Ces études de vulnérabilité se doivent d'être interdisciplinaires, d'abord parce qu'il importe d'évaluer les impacts du changement climatique non seulement sur les forêts, mais aussi sur les services qu'elles rendent, et ensuite parce qu'il est crucial d'intégrer l'évolution de l'occupation du sol dans l'analyse et les modèles. Celle-ci va en effet jouer un rôle clé, sinon dominant par rapport au changement climatique, au cours des prochaines décennies. Et ce d'autant que les interactions entre évolution de l'occupation du sol, microclimats et feux de forêt vont conditionner le devenir de ces écosystèmes (Cramer *et al.*, 2004 ; Barlow et Peres, 2004 ; Laurance, 2004).

L'intégration des parties prenantes (décideurs, exploitants, gestionnaires, ONG...) dans l'évaluation est nécessaire afin d'améliorer la qualité du diagnostic et d'engager un processus de discussion sur les objectifs et modalités de l'adaptation (Mery *et al.*, 2010). Il faut, d'un côté, impliquer les acteurs publics et privés dans la construction de bases de données afin qu'ils comprennent les processus en cours et puissent procéder à l'ajustement continu des politiques publiques (Prato, 2008), et de l'autre, intégrer le public dans le débat sur les valeurs d'usage et monétaires, sur les enjeux et les actions à mener. Ces deux

62. Ce besoin de connaissance est identifié dans les actions du plan national d'adaptation relatives à la forêt (MEDDTL, 2011a) mais pourrait être amplifié.

63. Center for Tropical Forest Science (RAINFOR), Tropical Ecosystems And Monitoring (TEAM)

démarches contribueraient à renforcer l'efficacité des actions et à consolider la résilience du système socio-écologique. Dans cette perspective, s'appuyer sur les pratiques, les savoirs locaux et sur les expériences passées peut, dans certains cas comme en Amazonie, favoriser la responsabilisation des parties prenantes, le renforcement des institutions locales et la mise en œuvre de la gestion collaborative que l'existence même de la chaîne d'impacts requiert. Certains spécialistes proposent d'ailleurs des méthodes structurées pour développer et évaluer les politiques d'adaptation dans le secteur forestier (Ohlson *et al.*, 2005). Il est donc tout à fait capital et urgent d'élaborer et de mettre en œuvre des politiques de gestion adaptative des écosystèmes forestiers, les incertitudes ne devant pas retarder l'action.

Accroître la rentabilité économique du secteur forestier

La rentabilité du secteur forestier doit être améliorée, que l'exploitation concerne des forêts naturelles (guyanaise) ou plantées (Antilles et La Réunion, en particulier). Cela peut jouer un rôle dans l'intérêt que les autorités publiques et la société civile porteront au devenir des forêts. En Guyane, les sous-produits de l'exploitation forestière (bois des dégâts d'exploitation et éclaircies sélectives autour des bois d'avenir) pourraient être valorisés pour la production d'énergie. Selon une évaluation réalisée en 2007 par le Centre international de recherche agronomique pour le développement (CIRAD) et l'ONF, les volumes exploitables et mobilisables en bois énergie représentent 40 m³/ha équivalant à un gisement de biomasse disponible de l'ordre de 700 000 m³/an. Dans les Drom insulaires, la modernisation de la filière bois permettrait d'accroître sa rentabilité. Les périmètres de sylviculture contribuent, au-delà de la fourniture de bois, à protéger les sols. En accroissant la valeur effective des forêts, ces actions renforcent l'opportunité de les protéger⁶⁴.

Par ailleurs, l'identification de lignées génétiques mieux à même de résister aux évolutions futures du climat pourrait contribuer à améliorer la compétitivité de certaines forêts de plantation à moyen terme. Ce travail nécessite cependant un effort de recherche et de sélection en amont.

Actions d'adaptation concernant les mangroves

Deux types d'actions complémentaires sont à engager pour favoriser l'adaptation des mangroves au changement climatique. Il faut à la fois réduire les pressions anthropiques qui s'exercent sur ces écosystèmes pour renforcer leur résilience et développer la connaissance pour soutenir la mise en œuvre de stratégies de gestion efficaces.

Réduire les pressions anthropiques pour renforcer la résilience des mangroves

La réduction de la vulnérabilité des mangroves, qui renforcerait leur résilience face au changement climatique, impose d'élaborer des dispositifs de gestion intégrés prenant en compte les bassins versants, les littoraux et les espaces

64. Le renforcement des outils de couverture assurantielle exposé dans le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) pourra également contribuer à l'adaptation du secteur dans les DOM.

marins côtiers (Tompkins et Adger, 2004 ; Adger *et al.*, 2007). Elle requiert en premier lieu la réduction des effets perturbateurs des aménagements et équipements qui interceptent les sédiments (barrages, ouvrages perpendiculaires au trait de côte dans les secteurs à fort transit côtier) et réduisent par là même les volumes disponibles pour l'exhaussement des vasières. Réduire la vulnérabilité des mangroves impose en second lieu de réduire la pollution qui dégrade leur état de santé et peut rendre impropre à la consommation les ressources alimentaires qu'elles fournissent aux populations. Le maintien de ces ressources apparaît d'autant plus important que les ressources récifales pourraient se réduire fortement au cours des prochaines décennies.

Maintenir ou recréer des espaces refuges

Là où les mangroves devront migrer vers l'intérieur des terres pour se maintenir, comme ce sera le cas dans la plupart des territoires insulaires, il faut s'attacher à préserver des zones refuges en arrière du littoral pour leur repli. Cela impose d'identifier des zones prioritaires de protection et de conduire une réflexion prospective sur l'aménagement du littoral, en particulier dans les territoires qui sont concernés par une forte pression démographique et une urbanisation rapide et incontrôlée. L'augmentation du risque de destruction des aménagements par les vagues cycloniques et l'élévation du niveau de la mer doit inciter les acteurs à promouvoir le recul stratégique au profit des mangroves dont le maintien est indispensable à une bonne protection des enjeux humains. Des actions de restauration seront nécessaires dans les zones dégradées par les activités humaines et en cas de destruction massive par des cyclones afin d'assurer le maintien d'ensembles cohérents. Elles pourront s'accompagner d'actions éducatives auprès des communautés locales là où celles-ci n'ont pas pleinement conscience du rôle des mangroves, comme c'est par exemple le cas à Mayotte.

Mesurer les réponses des mangroves au changement climatique et évaluer leur rôle protecteur

Il est urgent de créer des réseaux de suivi aux échelles régionales (est du Pacifique, sud-ouest de l'océan Indien, par exemple) pour observer les réponses des mangroves au changement climatique. Cela est indispensable pour pouvoir définir des stratégies d'adaptation pertinentes (Gilman *et al.*, 2008). Il importe de mesurer *in situ* les processus d'ajustement des vasières à mangrove par rapport au niveau de la mer et de mieux comprendre les processus en jeu (sédimentation et hydrodynamisme, impacts des événements extrêmes). Cela contribuera, à terme, à la modélisation de la réponse des mangroves à l'élévation du niveau de la mer. En parallèle, il importe d'améliorer la connaissance des liens que la mangrove entretient avec les environnements adjacents (récifs coralliens et herbiers, en particulier) et de leur rôle dans le renouvellement des ressources littorales et marines. Enfin, il serait intéressant de pouvoir estimer l'effet protecteur de la mangrove contre l'érosion côtière ou l'amortissement des submersions. La connaissance de ce potentiel de protection pourrait, le cas échéant, en faire un outil de gestion des risques littoraux et soutenir les efforts de protection.

Analyse sectorielle

Impacts potentiels du changement climatique sur la santé

Gabrielle Mossot (UMR LIENSs 7266)
Alexandre Magnan (IDDRI)
Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266)

- Le changement climatique sera favorable à l'extension de pathologies existantes.
- La surveillance et la sensibilisation du public sont essentielles pour contenir les effets néfastes attendus (vagues de chaleur, hausse de la pression des vecteurs, etc.).
- Il importe donc que les structures sanitaires en place restent en capacité d'action en contexte de changement climatique (moyens d'action et robustesse aux extrêmes climatiques) ou qu'elles soient renforcées dans les zones encore vulnérables.
- Les choix de développement et les pratiques individuelles fournissent des solutions pour contenir les impacts négatifs du changement climatique sur la santé.

Le changement climatique aura une influence sur la santé qui sera directe ou indirecte suivant les cas.

Logiquement, il favorisera le développement des pathologies liées aux vagues de chaleur et aux épisodes caniculaires intenses, comme à celles liées à la hausse du rayonnement solaire. Dans ces deux cas, c'est l'évolution des paramètres climatiques (augmentation des températures et du rayonnement solaire) qui agira directement sur la santé.

Par ailleurs, l'augmentation des températures et l'évolution du régime des précipitations (augmentation ou modification de la répartition annuelle) auront une influence sur la multiplication des insectes qui constituent d'importants vecteurs de maladie dans la zone intertropicale. Là où ces vecteurs se développeront, les maladies vectorielles (paludisme, dengue, chikungunya, fièvre du Nil occidental, filariose) se développeront aussi.

Enfin, l'évolution globale des ressources alimentaires (eau et poisson) en quantité et en qualité aura une influence sur l'évolution des maladies hydriques (maladies digestives) et alimentaires (ciguatera). Or, l'évolution de ces ressources est liée d'une part, à l'évolution du climat, et d'autre part, à l'évolution générale des conditions de vie, qui déterminent ensemble l'état de santé global de la population, donc sa vulnérabilité face aux maladies. En effet, une hausse des températures ou une diminution des précipitations se traduiront par une diminution de la quantité d'eau disponible (qui peut aussi affecter sa qualité), et une hausse des températures est susceptible d'affecter les ressources en poissons, à la fois quantitativement (stocks coralliens en situation de blanchissement) et qualitativement (développement de la ciguatera). Dans le cas des maladies vectorielles et digestives, l'influence du changement climatique sur la santé est donc indirecte, car c'est en agissant sur le développement de vecteurs (insectes) ou de ressources (eau et poisson notamment) qu'il peut engendrer une dégradation de la santé humaine.

Le changement climatique facilite donc le développement de ces maladies, sans en être la cause initiale (Besancenot, 2007). Il convient donc de distinguer les maladies qui sont susceptibles d'être provoquées par le changement climatique de celles qu'il pourrait avoir pour effet d'aggraver.

Ce chapitre débute par un panorama de la situation actuelle des outre-mer en termes de santé, qui se justifie par le fait que l'on attend principalement du

changement climatique qu'il amplifie les affections existantes (en accroissant leur fréquence, leur ampleur et leur emprise géographique) plutôt qu'il ne provoque l'apparition de « nouvelles » maladies. On rappellera donc les vulnérabilités actuelles des outre-mer avant de voir comment elles sont susceptibles d'évoluer dans le futur et quelles actions d'adaptation méritent d'être développées.

État des lieux de la santé dans les outre-mer français

Maladies existantes susceptibles d'être aggravées par le changement climatique

Le tableau 14 présente les principales pathologies qui affectent aujourd'hui les outre-mer français et qui pourraient être amplifiées par le changement climatique.

Tableau 14 – Synthèse des principales pathologies vectorielles et hydriques rencontrées dans les outre-mer français

Antilles françaises	<ul style="list-style-type: none"> – Martinique : dengue et dengue hémorragique mortelle, épidémies en juillet 1997 (> 10 000 cas), en 2001 (27 000 cas), en 2005 (14 000 cas), en 2007 – 2008 (18 000 cas), en 2010 (35 000 cas) – Guadeloupe : 2 % des décès sont attribués à des maladies infectieuses et parasitaires – Martinique et Guadeloupe : paludisme éradiqué dans les années 1960, absence du chikungunya, mais risque réel
Guyane	<ul style="list-style-type: none"> – Paludisme endémique (5 000 victimes/an dans les zones infectées des deux fleuves frontaliers et des communes intérieures ; 1 600 cas en 2010) – Fièvre jaune – Maladies digestives (typhoïdes, gastro-entérites, diarrhées infectieuses, parasitoses) – Dengue – Absence du chikungunya, mais risque réel – 3,5 % de décès attribués à des maladies infectieuses et parasitaires
La Réunion	<ul style="list-style-type: none"> – Chikungunya : épidémie en 2005-2006, 212 000 cas recensés en avril 2006 – Paludisme éradiqué dans les années 1960 – Dengue : épidémie en 2004, 119 cas confirmés – 1,9 % de décès attribués à des maladies infectieuses et parasitaires
Mayotte	<ul style="list-style-type: none"> – Paludisme (plusieurs centaines de cas/an ; 433 cas en 2010) – Chikungunya : en 2006, 7 100 cas recensés, mais probablement 45 000 – Maladies digestives : typhoïdes, gastro-entérites, diarrhées infectieuses, leptospirose
Polynésie française	<ul style="list-style-type: none"> – Filariose lymphatique – Dengue (épidémies en 1988-89, et également en 2001 avec 33 000 cas recensés) – Maladies digestives : leptospirose – 110 cas en 2010, typhoïdes, gastro-entérites, diarrhées infectieuses – Intoxication alimentaire de type ciguatera : 800 à 1 000 cas par an
Nouvelle-Calédonie	<ul style="list-style-type: none"> – Dengue : épidémies en 1971-72 et 2003 – Maladies digestives : leptospirose, typhoïdes, gastro-entérites, diarrhées infectieuses – Chikungunya : quelques cas autochtones détectés en 2011
Wallis et Futuna	<ul style="list-style-type: none"> – Dengue – Diarrhées

N. B. : on ne dispose pas d'informations précises concernant Saint-Pierre-et-Miquelon.

Source : d'après Gay, 2008 ; INPES, 2008 ; Taglioni, 2011 ; MEP, 2006 ; Lepousez et Loukos, 2011.

Des systèmes de santé globalement de bonne qualité : La Réunion et les Antilles

La Réunion présente la situation la meilleure au sein des territoires ultramarins. Ses indicateurs sanitaires sont en effet proches des moyennes des pays européens les plus développés (IEDOM, 2011). L'offre de soin y est performante et l'accès aux services est très correct (Catteau et Pourchez, 2009). L'île comptait 11 établissements publics et 17 infrastructures privées en 2010. En 2011, le taux de couverture en professionnels de santé avoisinait 1 pour 75 habitants, avec un effectif global qui augmentait à un rythme plus élevé que celui de la croissance démographique, et ce dans tous les corps de métier (IEDOM, 2011).

La Martinique bénéficie également d'un bon système de santé. Son taux d'équipement en lits (courts séjours) est supérieur à la moyenne nationale et à celui de la zone Antilles-Guyane (Pierre-Louis *et al.*, 2009). Le taux de couverture en personnel de santé y était en 2010 d'environ 1 professionnel pour 67 habitants, avec au total 12 établissements publics de santé et 8 cliniques privées.

La Guadeloupe a rattrapé son retard au cours des dix dernières années pour atteindre un taux d'encadrement médical satisfaisant (1 professionnel pour 75 habitants). Elle compte une dizaine d'établissements publics de santé, ainsi que 13 cliniques et 7 autres structures. Les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin possèdent chacune leur propre centre hospitalier (respectivement 20 et 63 places).

Concernant les maladies vectorielles, ces territoires présentent des situations comparables. Les moyens investis dans les années 1960-1970 ont permis l'élimination du paludisme autochtone, mais pas de la dengue. À La Réunion, la dernière épidémie de dengue date de 2004, avec 119 cas confirmés entre mars et juillet (Pierre *et al.*, 2005). La Martinique y est régulièrement confrontée, avec près de 27 000 cas en 2001 et 35 000 en 2010. Le contrôle du moustique vecteur, *Aedes aegypti*, demeure le seul moyen de prévention (Yébakima *et al.*, 2009), comme c'est aussi le cas pour le chikungunya (Catteau et Pourchez, 2009). À La Réunion, la dernière épidémie a débuté entre mars et juin 2005 pour atteindre un pic en février 2006 (Magnan, 2009). Sur l'ensemble de cette période, environ 35 % de la population ont été infectés (INPES, 2008).

Une offre de soin variable dans les territoires du Pacifique

L'offre de soin est globalement de bonne qualité en Polynésie française. La lutte contre l'insalubrité de l'habitat et la surveillance de la qualité des eaux de consommation a permis d'améliorer le contrôle des risques sanitaires (MEP, 2006), avec l'appui du Centre hospitalier de Polynésie française (CHPF), de cinq autres hôpitaux et de deux cliniques privées.

L'offre hospitalière est également de relativement bonne qualité en Nouvelle-Calédonie, avec un bon maillage du territoire facilitant l'accès aux soins (CESE, 2009). On y dénombre 4 hôpitaux, relayés par des dispensaires dans les communes intérieures et 3 cliniques, à Nouméa. Le taux de couverture en personnel de santé y était en 2010 de 1 pour 104 habitants. Des disparités territoriales existent cependant entre Nouméa et les autres provinces.

L'accès aux soins de base est relativement correct à Wallis et Futuna, mais le

système de santé souffre d'un retard conséquent. S'il existe 2 hôpitaux et 3 dispensaires, une difficulté majeure est l'insuffisance de l'effectif médical avec, par exemple, un taux de 1 médecin généraliste pour environ 1 430 habitants.

Ces territoires sont propices au développement des mêmes pathologies que ceux de l'océan Indien et de la Caraïbe. Des maladies vectorielles comme la dengue sont présentes toute l'année en Polynésie française. Si la dernière épidémie importante date de 2001 (33 000 cas dans l'archipel de la Société et 800 dans les autres archipels), l'on assiste depuis 2006 à une recrudescence de cette maladie. La dengue sévit également en Nouvelle-Calédonie et à Wallis et Futuna, et les premiers cas autochtones de chikungunya ont été détectés en février 2011 à Nouméa (Taglioni, 2011). Parallèlement et malgré les efforts accomplis, les maladies liées à la qualité de l'eau persistent, notamment dans les îles basses où l'accès à l'eau potable est problématique (MEP, 2006 ; Duvat et Magnan, 2012). La principale de ces maladies est la leptospirose. En Polynésie française, par exemple, la dernière épidémie (110 cas confirmés) date de 2006. Les formes graves amenant au décès sont fréquentes (4 sur 100 000 cas à l'origine d'une hospitalisation, taux annuel de mortalité de 1 à 2 pour 100 000 habitants). La Polynésie française est également affectée par la filariose lymphatique, maladie parasitaire due à la filaire *Wuchereria bancrofti* et qui constitue un problème de santé publique récurrent et réémergeant. Enfin, dans ces territoires, on recense régulièrement des cas d'intoxication alimentaire liés aux produits de la mer (*ciguatera*), plus fréquents pendant les périodes d'augmentation des températures océaniques.

Le Pacifique français est en proie à des difficultés d'amélioration du secteur de la santé. La Nouvelle-Calédonie combine des pathologies de pays en développement (tuberculose, foyers de lèpre), en raison d'une certaine forme de précarité et de marginalisation des populations, notamment en dehors du grand Nouméa, et des pathologies de pays riches (hypertension, diabète, obésité), conséquences d'une occidentalisation rapide des modes de vie (CESE, 2009). Le territoire de Wallis et Futuna connaît ces mêmes problèmes. D'autres difficultés sont liées à la confrontation des médecines traditionnelle et européenne, la première privilégiant une approche préventive et la seconde une approche curative. Les pressions supplémentaires liées au changement climatique vont donc s'exercer sur des systèmes de santé déjà vulnérables.

À Saint-Pierre-et-Miquelon

Le service de santé s'appuie sur un centre hospitalier de 40 lits et sur près de 240 professionnels (environ 1 pour 26 habitants), dont le nombre augmente progressivement (IEDOM, 2011).

Les territoires dont la situation se dégrade

La Guyane souffre d'une pénurie de personnel et d'une insuffisance d'équipements et d'infrastructures, ceux-ci étant concentrés sur les littoraux, l'île de Cayenne, à Kourou et à Saint-Laurent-du-Maroni (Bailleux, 2010). Il existe bien des centres de prévention et de soins délocalisés dans les communes intérieures, mais ils sont mal équipés. Et si la capacité d'accueil hospitalière (séjours de courte durée) a progressé de 9 % entre 1990 et 2010, le taux d'équipement s'est tout de même dégradé en raison du quasi-doublement de la po-

pulation sur la même période (IEDOM, 2011). Ce territoire est aujourd'hui classé en zone déficitaire en termes de médecine libérale malgré des incitations à l'installation.

L'offre de soin à Mayotte est également structurellement insuffisante bien que l'île compte un centre hospitalier, un réseau de 13 dispensaires médico-sociaux et 4 hôpitaux intercommunaux. Pour certains soins, les patients sont envoyés à La Réunion, 500 personnes ayant été concernées en 2010.

La Guyane et Mayotte sont les deux seuls départements français où le paludisme est endémique. En Guyane, en 2010, 1 600 cas ont été recensés, contre 430 à Mayotte. La dengue est également présente en Guyane. Or son vecteur, *Aedes aegypti*, peut également potentiellement transmettre la fièvre jaune et le chikungunya (Onerc, 2007). La fièvre jaune est présente en Guyane et Mayotte a été affectée par l'épidémie de chikungunya en 2005-2006, avec plus de 7 100 personnes touchées. Enfin, l'accès à l'eau potable est problématique dans ces deux territoires : en 2004 par exemple, 16 % des ménages guyanais en étaient privés (Gay, 2008), ce qui contribue à créer un contexte favorable au développement des maladies.

À Mayotte, les contraintes à l'amélioration du système de santé sont liées au faible niveau de développement et à l'arrivée en nombre de clandestins comoriens. Comme en Guyane, la faiblesse des réseaux de communication joue un rôle considérable. L'enclavement du territoire, l'isolement de certains groupes de population (20 % du total en Guyane) et une faible structuration des actions et des acteurs de la santé (manque de réseaux, important *turn-over* des professionnels) génèrent une inégalité d'accès aux informations.

Bref panorama des acteurs institutionnels de la santé

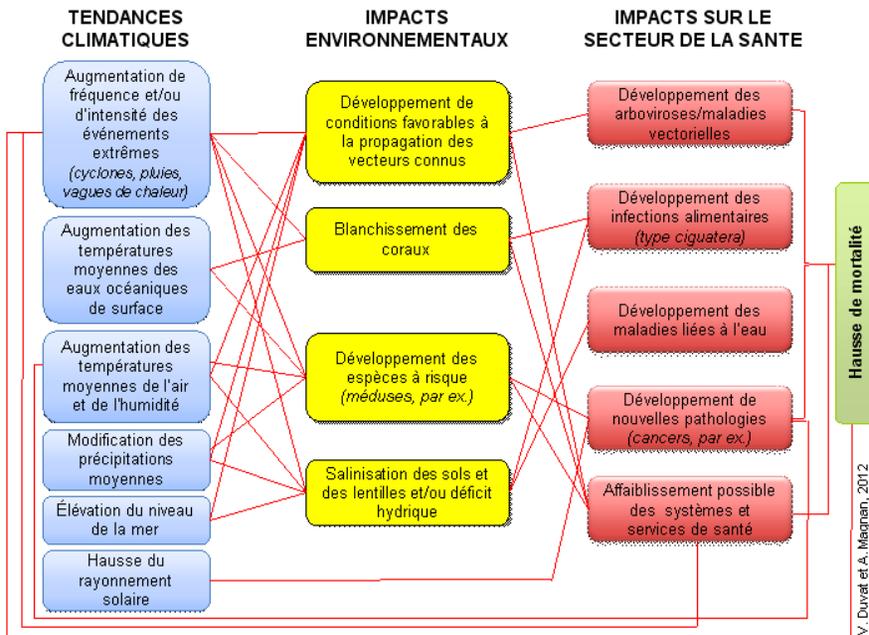
Depuis 2010, les agences régionales de santé (ARS) sont en charge du pilotage du système de santé dans l'ensemble des Drom. Chaque territoire bénéficie d'un Plan régional de santé publique (PRSP), plan d'action outre-mer du Grenelle de l'Environnement (Renia, 2009), qui définit la stratégie en matière de santé. La Réunion et Mayotte sont regroupées, de même que Saint-Barthélemy, Saint-Martin et la Guadeloupe. À Saint-Martin, une coopération a été mise en œuvre avec Sint-Maarten, la partie néerlandaise de l'île. Les programmes régionaux de santé sont axés sur la prévention, l'observation sanitaire et sociale, et l'alerte et la gestion des situations d'urgence sanitaire (Bailleux, 2010). Les comités régionaux d'éducation pour la santé (CRES) ont un rôle fondamental d'interface à jouer en faisant le lien, non seulement entre populations et institutions, mais également entre scientifiques et institutions.

Dans les autres outre-mer, le système de santé s'organise différemment. En Polynésie française, la lutte antivectorielle s'articule autour du Centre d'hygiène et de salubrité publique (CHSP), qui ne dispose cependant pas de relais communaux et n'a que de modestes moyens humains (cinq agents préposés à la lutte antivectorielle) et matériels (MEP, 2006). En Nouvelle-Calédonie, la santé est majoritairement une compétence des provinces, d'où une certaine disparité d'organisation et de traitement. Il n'existe, par ailleurs, pas d'observatoire de la santé, ce qui entrave la centralisation des données. Enfin, à Wallis et Futuna le système repose entièrement sur l'Agence de santé, financée par le secrétariat d'État à l'Outre-mer, qui constitue la clé de voûte du système de soins.

Les impacts à attendre du changement climatique sur la santé

Bien que le lien entre changement climatique et santé soit l'un des moins bien cernés à l'heure actuelle (Mc Micheal *et al.*, 2003), il est possible de dresser un aperçu des grands types d'impacts envisageables (figure 10).

Figure 10 – Chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur la santé



L'extension potentielle du chikungunya, de la fièvre jaune, de la dengue, du paludisme, et du virus du Nil occidental

La transmission des arboviroses et du paludisme est régie par les conditions climatiques, les mouvements de population, le déboisement et les modes d'occupation des sols, la perte de diversité biologique (disparition des prédateurs naturels des moustiques notamment), la configuration des surfaces d'eau douce et la densité des populations humaines (OMS-OMM-PNUE, 2003). Ces pathologies sont fondées sur une dynamique très complexe impliquant plusieurs composantes : les vecteurs (comme le moustique), le parasite (comme la filariose), l'hôte (l'homme) et les facteurs environnementaux (habitat, pluviométrie, température, humidité, etc.). En conséquence, tous les outre-mer ne présentent pas la même exposition. Mayotte et La Guyane comptent parmi les territoires les plus vulnérables, d'une part, du fait de flux importants de mi-

grants et, d'autre part, parce qu'en Guyane, la présence de populations autochtones isolées dans des communes intérieures constitue un facteur de risque épidémique.

Schématiquement, quel que soit l'outre-mer considéré, l'on peut avancer l'hypothèse que le changement climatique va accroître les risques liés aux maladies transportées par les moustiques, dont la densité, le taux de survie et la durée du cycle de vie sont susceptibles d'être affectés par l'évolution des paramètres climatiques (Avagliano et Petit, 2009). La hausse des températures pendant la saison des pluies va en effet favoriser la propagation des moustiques de type *Aedes*, en jouant sur les taux d'humidité qui, avec la température, sont les deux conditions principales au développement de cet insecte (Onerc, 2007). De 1970 à 1995, une nette corrélation a par exemple été établie dans le Pacifique Sud entre les épidémies de dengue et *La Niña* (OMS-OMM-PNUE, 2003), préfigurant ainsi de l'effet potentiel du réchauffement climatique. C'est donc à un redéploiement du couple vecteur/épidémie à la fois dans l'espace (extension à des zones non touchées auparavant, notamment en altitude) et dans le temps (présence annuelle au lieu de saisonnière) qu'il faut s'attendre (Martens *et al.*, 1999). L'on peut aussi s'attendre à l'intensification des épidémies (OMS-OMM-PNUE, 2003).

Le développement potentiel des maladies tropicales alimentaires et/ou liées à l'eau

Les maladies alimentaires et/ou liées à l'eau pourraient s'amplifier avec le changement climatique. En effet, la ciguatera (*Gambierdiscus toxicus*) se développe avec l'augmentation de la température des eaux océaniques de surface. L'intoxication alimentaire intervient lorsque des poissons infectés sont consommés, en particulier dans le cadre d'une pêche de subsistance (Petit et Prudent, 2011). Elle touche déjà en Polynésie française 800 à 1 000 personnes par an (Avagliano et Petit, 2009). Mayotte a également connu une prolifération de ciguatera en 1998, lors de l'épisode de blanchissement corallien associé à ENSO, ce qui laisse penser que ces épisodes pourraient préfigurer son développement futur (Kohler, 1992 ; Avagliano et Petit, 2009).

Le risque de maladies liées à l'eau sera également amplifié par le changement climatique. La baisse des débits de certains cours d'eau, la hausse de températures des eaux, l'extension des zones basses inondées du fait de l'élévation du niveau de la mer et la salinisation des nappes, réduiront l'accès à l'eau potable, ce qui aggravera les risques de diarrhée, salmonelles, amibiases, choléra... (Lecomte *et al.*, 2011). Les événements extrêmes tels que les cyclones, qui devraient s'intensifier dans certaines régions, pourraient également contribuer au développement de pathologies liées à l'eau suite aux impacts de ces extrêmes climatiques sur la qualité des eaux accessibles aux populations (COI, 2011).

L'augmentation des maladies liées aux pics thermiques

Les modifications climatiques pourront engendrer le développement de nouvelles pathologies (Confalonieri *et al.*, 2007). On pense notamment aux effets induits de l'apparition d'algues toxiques. Les problèmes respiratoires, comme les allergies par exemple, pourraient eux aussi devenir plus fréquents (Besan-

cenot, 2007 ; Onerc, 2007 ; Lepousez et Loukos, 2011).

Une exposition grandissante aux événements extrêmes et à leurs conséquences sanitaires et psychosociales

L'augmentation potentielle de la fréquence et/ou de l'intensité d'événements extrêmes tels que les submersions marines, les vagues de chaleur, les pluies torrentielles, les sécheresses ou les cyclones, aura des impacts directs sur le secteur de la santé. Des épisodes de vents violents combinés à des pluies intenses, par exemple, provoquent des dégâts matériels qui accroissent la vulnérabilité des populations et favorisent par là même l'émergence de problèmes sanitaires. C'est une chaîne d'impacts bien connue dans les pays développés comme en développement, qui a des manifestations plus sévères dans les seconds. Tous les outre-mer sont donc potentiellement concernés. Les situations d'urgence liées aux extrêmes climatiques ont des conséquences sanitaires qui s'étendent au-delà de l'événement. En effet, le traumatisme psychologique chez les populations nécessite notamment une prise en charge de patients plusieurs semaines à plusieurs mois après la catastrophe (traitement des angoisses et des dépressions, etc.).

Des services de soins et des systèmes d'urgence plus fréquemment perturbés

Plus indirectement, la destruction d'infrastructures (routes, hôpitaux, etc.) par des événements extrêmes, d'une part, et la dégradation des conditions de vie associées au développement rapide d'épidémies pouvant prendre une certaine ampleur, d'autre part, auront un impact sur le fonctionnement même des systèmes de santé. Il s'ensuivra, d'un côté, l'affaiblissement de la capacité d'accueil et de traitement médical, et de l'autre côté, un accroissement de la demande de soins, susceptibles ensemble de saturer ces capacités. Cette saturation pourra se produire sur des périodes précises (crises épidémiques) ou de manière plus progressive, les deux pouvant se combiner si des événements extrêmes se répètent. Les territoires disposant alors de services performants de soins, d'alerte et de gestion de crise seront naturellement moins vulnérables que les autres (Lepousez et Loukos, 2011). Le maillage territorial de ces services sera un atout supplémentaire car il dilue les risques de paralysie du système de santé. Il y a donc un fort enjeu sur la décennie à venir à renforcer les systèmes de soins de la Guyane et de Mayotte, notamment.

Multiplication des espèces dangereuses pour l'homme

Le réchauffement des eaux océaniques de surface pourra, dans certaines parties du globe, favoriser le développement d'espèces telles que les méduses ou les poissons venimeux (MEP, 2006). Le contact avec la physalie ou la carybéa, deux espèces de méduses venimeuses, provoque de violentes douleurs et marque durablement la peau.

Impact indirect sur l'économie des territoires ultramarins

L'analyse en termes de chaîne d'impacts nous amène à considérer les répercussions des impacts sanitaires du changement climatique sur l'économie des territoires. Le développement de pathologies encore inconnues sur certaines îles va évidemment générer des coûts. La recrudescence d'épidémies peut aussi amener une baisse de la consommation locale, qui joue un rôle important dans les économies des outre-mer, et sur les systèmes de Sécurité sociale, là où ils existent. Par exemple, lors de la crise du chikungunya à La Réunion en 2005-2006, six à sept arrêts maladie sur dix étaient inhérents à l'épidémie (Magnan, 2009), d'où la mise en place d'un fonds spécial (60 millions d'euros).

Comme nous l'avons vu dans le chapitre consacré au tourisme, la remise en question de la relative sécurité sanitaire dont bénéficient les outre-mer les plus attractifs (La Réunion, Antilles, Polynésie française), aurait des répercussions évidentes sur les flux de visiteurs. Leur réduction affecterait à son tour, non seulement l'économie locale (hôtels, restaurants, loueurs de voitures, etc.), mais aussi l'économie (inter) nationale (compagnies aériennes, tours opérateurs). Cela se traduirait par des pertes d'emploi et donc, à terme, par des coûts pour la société dans son ensemble.

Pistes d'adaptation envisageables

S'il existe encore de nombreuses incertitudes, celles-ci ne peuvent constituer une entrave à l'action⁶⁵.

La compréhension des liens qui existent entre climat, changement climatique et santé humaine, s'est considérablement améliorée au cours des dix dernières années (OMS-OMM-PNUE, 2003 ; Confalonieri *et al.*, 2007). Néanmoins, de nombreuses incertitudes subsistent, qui sont relatives à l'intensité des impacts du changement climatique sur les systèmes, à la vulnérabilité de ces derniers ainsi qu'à leur aptitude à réagir et à anticiper les évolutions physiques, écologiques, sociales et même comportementales. Rappelons également que si les modèles climatiques ne prévoient pas le climat du futur, ils fournissent des estimations de grandes tendances climatiques considérées comme suffisantes pour réfléchir aux évolutions sanitaires (OMS-OMM-PNUE, 2003). Sur cette base, deux grands champs d'investigation sont à privilégier.

D'abord, le développement d'études scientifiques dans certains domaines sociosanitaires peut contribuer à l'élaboration de stratégies d'adaptation robustes. Trois de ces domaines sont présentés *infra*. Ensuite, il faut bien voir que lutter dès aujourd'hui contre le « maldéveloppement » (pollution des eaux côtières, enclavement de certains groupes de population, défrichement des ravines et déforestation, etc.) aura un effet positif immédiat et à long terme sur le contrôle des conditions sanitaires. C'est une option sans regret qui doit être considérée comme un axe d'intervention prioritaire par les autorités et les institutions sanitaires, à tous les échelons territoriaux.

65. Par exemple, dans le cadre du Plan national d'adaptation au changement climatique, une communication sur les indices de radiations UV et les risques pour la santé associés est mise en place pour les régions d'outre-mer depuis 2011 (MEDDTL, 2011a).

Surveiller les maladies vectorielles

Face aux arboviroses, des plans de surveillance, d'alerte et de gestion de crise sont développés. L'ARS fonctionne alors en étroite collaboration avec la Cellule interrégionale d'épidémiologie (CIRe) et l'Institut national de veille sanitaire (InVS). La CIRe océan Indien⁶⁶, par exemple, anime au niveau régional les réseaux nationaux et assure le relais entre les alertes de l'InVS et les préfets. L'objectif de ces instituts est la prévention contre le développement des pathologies. Ils surveillent la circulation des virus et identifient les zones de transmission active afin de cibler et d'optimiser les actions de lutte antivectorielle. Ce dispositif peut être complété par un réseau « sentinelle de surveillance » de la grippe et de la dengue, comme à La Réunion dès 1996 (Catteau et Pourchez, 2009), ce qui a permis, en 2004, la détection très précoce de la réémergence de cette dernière (Pierre *et al.*, 2005). De même, l'élaboration d'une stratégie régionale d'information et de sensibilisation des populations est nécessaire. Le Programme de surveillance, d'alerte et de gestion « Chikungunya » (*Psage Chik*) mis en place dans les Drom dès février 2006 en donne une illustration (INPES, 2008).

Se pose ici la double question d'une part, du coût de telles politiques, qui n'est pas forcément plus élevé que la prise en charge des maladies, et d'autre part, de la différence entre les Drom et les autres outre-mer, qui sont moins directement appuyés par la métropole. Une réflexion doit être menée sur l'approche régionale de ces questions (sud-ouest de l'océan Indien, Pacifique Sud et Est, Caraïbe), d'abord parce que les évolutions sanitaires concernent souvent des bassins régionaux entiers, et ensuite parce que la mutualisation des moyens de surveillance et d'action peut être une option pour réduire les coûts à l'échelle de chaque territoire. À Mayotte par exemple, l'ARS engage des campagnes de sensibilisation dès que des épidémies apparaissent dans les pays voisins, comme cela a été le cas pour la fièvre de la vallée du Rift en Tanzanie, la peste à Madagascar, la dengue à La Réunion et le choléra aux Comores.

Un autre plan d'action vise à freiner l'implantation des moustiques vecteurs de type *Aedes*. L'élimination systématique des gîtes larvaires diminue significativement les risques d'épidémie. Dans cette perspective, en 2010, la préfecture de la Martinique a développé un plan d'action pour éliminer les véhicules hors d'usage, notamment en mettant à contribution les militaires (Pierre-Louis *et al.*, 2009). Dans ce même territoire, l'opération « Toussaint » a consisté à remplacer, sur les tombes, l'eau des fleurs par du sable mouillé. Ces deux exemples montrent que des choses simples et concrètes peuvent d'ores et déjà être initiées, avec pour objectifs de long terme l'évolution des comportements individuels et collectifs, nécessaire à la réduction de l'exposition des populations. Bien entendu, des campagnes de démoustication sont aussi utiles, bien que plus nocives pour les autres composantes de l'environnement. L'on peut aussi évoquer l'organisation annuelle d'une « Journée du moustique » (Martinique) et les interventions dans les écoles pour constituer ou entretenir la mémoire collective en rappelant, par exemple, que le moustique *Aedes* est non seulement le vecteur du chikungunya, mais également d'autres arboviroses telles que la dengue, la fièvre jaune, le virus du Nil occidental (apparu récemment en Amérique).

66. <http://www.ars.ocean-indien.sante.fr/Presentation.95903.0.html>

Évaluer les risques d'intoxication alimentaire liés à la ciguatera

Le plan d'action développé par la Polynésie française contre les intoxications alimentaires repose sur :

- une surveillance épidémiologique des cas d'intoxication par biotoxines marines, autorisant ainsi l'identification des points chauds de la ciguatera et de l'émergence de nouvelles formes d'intoxication liées, par exemple, à la consommation de bénéitiers ;
- des programmes d'évaluation et de gestion du risque ciguatérique dans les lagons de Polynésie, dans un but de cartographie et d'identification des espèces vectrices de ciguatera ;
- des programmes d'éducation et de communication auprès des responsables municipaux, des personnels de santé et de la population locale (Avagliano et Petit, 2009). La Polynésie française fait par ailleurs partie du Réseau océanien de surveillance de la santé publique (ROSSP), groupement volontaire de pays et d'organisations autour de la promotion de la santé publique.

Ce type d'initiative est à encourager dans la mesure où une veille partagée à l'échelle régionale est plus efficace qu'une veille locale pour anticiper le développement d'épidémies.

Sur les vagues de chaleur et les variations thermiques attendues

S'agissant de ces impacts, c'est en partie par les textes réglementaires qu'il faut passer, notamment pour que les nouvelles constructions soient adaptées aux variations climatiques. C'était par exemple le but du décret n° 2009-424 (cadre de la RTAA Dom) qui identifiait trois nouvelles réglementations techniques. Ce texte repose sur divers principes dont quatre pourraient inspirer d'autres initiatives :

- la limitation de la consommation énergétique des bâtiments fondée sur une conception bioclimatique (dispositifs de protection solaire et de ventilation naturelle, etc.) ;
- la fourniture d'eau chaude sanitaire à tous les logements neufs, à l'exception de la Guyane, dont au moins 50 % doivent être produits à partir de l'énergie solaire ;
- la prévention des risques de légionellose et de brûlure dans les installations d'eau chaude sanitaire ;
- la garantie de débits d'air suffisants pour l'hygiène, notamment dans les logements climatisés.

Il conviendrait à présent d'évaluer la mise en œuvre de ce dispositif ainsi que sa robustesse dans un climat qui se réchauffera de probablement 2 °C à moyen ou long terme. Par ailleurs, une grande partie du parc actuel de logement connaîtra les effets du réchauffement climatique, et il est important que les citoyens soient sensibilisés à leur vulnérabilité potentielle face aux fortes chaleurs et aux moyens simples d'en atténuer les effets.

Anticiper la résilience des structures de gestion des crises

Les extrêmes climatiques ou les crises sanitaires liées au changement clima-

tique généreront une activité importante des systèmes de secours. Il importe de vérifier et de communiquer auprès des citoyens sur la résistance ou la résilience des infrastructures de gestion de crise aux aléas climatiques : il faut que les hôpitaux, les services de protection civile, les pompiers, etc. soient et restent à l'épreuve des inondations, des fortes chaleurs et autres facteurs de pression, ou qu'ils aient la capacité à se remettre en fonctionnement à très court terme en cas de sinistre (groupes électrogènes, capacité de réparation des réseaux, etc.).

Quelques barrières et pistes pour l'adaptation

On peut ici aborder cinq points, de nature très différente.

Les migrations humaines

Parce que la plupart des outre-mer sont touristiques, ils reçoivent chaque année des populations potentiellement porteuses d'un virus ou, à l'inverse, des populations porteuses du virus dans leur pays d'origine. La métropole, la Martinique et la Guyane ont par exemple enregistré des cas de chikungunya en 2006, suite à l'épidémie de La Réunion. L'autre forme de mobilité concerne la migration des populations d'espaces plus pauvres vers les outre-mer français, comme c'est notamment le cas à Mayotte ou en Guyane. Si le problème n'est pas nouveau, puisque « mobilité et santé entretiennent un dialogue aussi ancien que l'histoire des hommes » (Amat-Roze, 2000), il s'aggravera avec le changement climatique. Ce transport de parasites ne sera pas contrôlable si bien que toutes les mesures de surveillance et de prévention resteront des mesures « sans regret ».

La résistance des vecteurs aux insecticides

Les moustiques s'adaptent et deviennent de plus en plus résistants aux produits chimiques pulvérisés lors des campagnes de démoustication (Dusfour *et al.*, 2010). Par exemple, lors des épandages de deltaméthrine, les taux de mortalité des moustiques varient seulement entre 9 et 17 %. Il a par ailleurs été constaté lors de la crise du chikungunya à La Réunion que les œufs d'*Aedes albopictus* étaient résistants à la dessiccation durant plusieurs mois. Les solutions dans ce domaine sont à inventer et l'on peut rappeler qu'à Singapour la chasse zélée aux eaux stagnantes en ville a permis un recul significatif des populations de moustiques tigrés⁶⁷.

Des systèmes de santé « en mauvaise santé »

Le système de santé ne se résume pas à la construction ou à la rénovation des établissements hospitaliers. Il tient également à la mise en place de politiques sociosanitaires cohérentes et à une bonne coordination des acteurs impliqués et des capacités d'action territoriale. Or, l'accès aux soins, au sens large du terme, reste relativement déficient dans certains outre-mer, comme la Guyane, Mayotte

67. <http://www.dengue.gov.sg/>

et la Polynésie française. Les plans régionaux de santé publique (PRSP) ne sont pas toujours suffisamment flexibles pour intégrer les nouvelles connaissances, par exemple sur le changement climatique ou sur les évolutions socio-économiques du territoire. Plus globalement, alors que les PRSP sont généralement établis pour une période de cinq ans, il serait pertinent outre-mer d'élaborer à vingt ou trente ans des stratégies de réduction des risques sanitaires liés à des perturbations et changements environnementaux. Cela inclurait notamment l'examen de la robustesse des établissements de santé face à l'évolution attendue du changement climatique. Les systèmes de surveillance, d'alerte et de gestion de crise pourraient également être améliorés, même si de nets progrès ont été réalisés sur la période récente.

Le manque de sensibilisation

C'est un constat quasi systématique lorsqu'une épidémie survient. Si l'on ne peut pas demander aux populations, par leurs seuls comportements, d'éradiquer tout risque d'épidémie, elles peuvent néanmoins largement y contribuer. À condition bien entendu que les campagnes de sensibilisation tiennent compte des spécificités culturelles, sociales et géographiques locales (Aïna, 2009). Trop souvent en effet, ces campagnes sont élaborées à un niveau national, et du coup destinées à un public de type métropolitain. Il est par conséquent très difficile pour les populations ultramarines de s'y reconnaître, et donc d'en intégrer les messages (Lecomte *et al.*, 2011). Le rôle des organismes et associations locales est une fois de plus majeur, et malheureusement souvent négligé. La traduction par le CRES-Réunion de campagnes nationales en créole, sur le tabagisme ou les risques domestiques, par exemple, a fait ses preuves et pourrait facilement être appliquée à des problématiques liées à l'environnement, notamment dans le cadre des schémas régionaux d'éducation pour la santé (SREPS). Cet effort est d'autant plus important qu'il existe des populations isolées et/ou immigrées qui sont souvent des populations à risque.

Le manque de connaissances scientifiques sur les chaînes d'impacts

La compréhension des liens entre les pathologies et l'environnement est complexe, et elle doit être développée, car elle constitue l'une des bases à l'élaboration de stratégies et de campagnes sanitaires. Dans le cas des arboviroses, par exemple, quels sont les vecteurs de transmission et comment interagissent-ils avec les changements environnementaux ? Que cela nous enseigne-t-il sur les moyens de lutte potentiellement les plus efficaces ? Quelles sont les conditions de développement des intoxications alimentaires ?

Afin d'améliorer ce type de connaissances, l'OMS recommande de se concentrer sur :

- les relations de base entre les conditions météorologiques et la santé ;
- des cas d'étude ayant démontré une corrélation entre variabilité climatique et pathologies/épidémies ;
- les modèles de scénarios prévisionnels ;
- les possibilités d'adaptation ;
- l'estimation des bénéfices et des coûts associés (OMS, OMM, PNUE, 2003). Des initiatives sont déjà engagées, comme celle portée par le Centre de recherche et

de veille sur les maladies émergentes de l'océan Indien (CRVOI), dont l'expérience pourrait bénéficier à d'autres régions ultramarines. En parallèle, les collaborations scientifiques entre outre-mer et métropole sont un atout à valoriser. Des moyens existent donc, mais ils dépendent d'une volonté politique forte, tant locale que nationale.

Analyse sectorielle

Impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de l'énergie

Gabrielle Mossot (LIENSs 7266)

Alexandre Magnan (IDDRI)

Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266)

- Le développement de modèles économiques plus sobres en énergie est une solution d'adaptation sans regret pour les outre-mer, non seulement pour faire face aux impacts directs du changement climatique sur la production et la consommation électriques, mais également pour gérer la hausse des coûts des énergies fossiles importées.
- La diversification des ressources énergétiques est à encourager dans une perspective d'adaptation car un bouquet de solutions permet de répartir les risques en cas d'événement extrême ou de défaillance d'une des sources d'énergie utilisées.
- Certains types d'énergie sont *a priori* robustes au changement climatique comme les énergies marines et géothermiques.

La relation du secteur de l'énergie au changement climatique est généralement traitée sous l'angle de la réduction des émissions de GES, puisque c'est l'un des grands chantiers des politiques climatiques nationales et internationales. Cette relation revêt pourtant aussi une dimension d'adaptation, bien que dans ce secteur les liens entre adaptation et atténuation soient relativement ténus.

Bref portrait du secteur énergétique dans les outre-mer français

Dans les outre-mer français, le secteur de l'énergie présente globalement trois grandes caractéristiques.

Une forte dépendance aux importations d'hydrocarbures

Les outre-mer français sont en majorité dépourvus de ressources fossiles et sont donc dépendants d'hydrocarbures importés par bateau. Ce taux de dépendance était proche de 90 % pour la Guadeloupe en 2006 et pour Mayotte en 2009. En 2010, la Martinique importait 720 000 tonnes de pétrole brut et 300 000 tonnes de produits pétroliers. La Guadeloupe quant à elle importait 700 000 tonnes de produits pétroliers (CESE, 2011) dont 490 000 tonnes en provenance de la raffinerie des Antilles en Martinique. Il en résulte une dépendance énergétique, d'une part à une seule source et, d'autre part à d'autres territoires, avec au total des contraintes liées à la variabilité des prix, à l'insécurité de l'approvisionnement et, bien entendu, aux politiques naissantes d'atténuation des émissions de GES.

Cette énergie fossile fournit ensuite la majorité de la production électrique des outre-mer français (à l'exception de la Guyane et de la Polynésie française, voir tableau 15).

Une demande énergétique globale en constante croissance

Cette dépendance énergétique est d'autant plus préoccupante que le parc au-

tomobile et la consommation d'électricité augmentent (IEDOM, 2011). Parmi les facteurs explicatifs, on retiendra en particulier la croissance démographique, la décohabitation des ménages, l'amélioration de leur niveau d'équipement (climatisation et chauffe-eau sanitaire) et le dynamisme économique. La consommation d'électricité s'est par exemple accrue de 3,8 % par an en Guadeloupe entre 2000 et 2010 (IEDOM, 2011 ; CESE, 2011). Mayotte enregistre aussi une forte progression de sa consommation globale d'énergie (+ 8 % entre 2009 et 2010), tout comme Saint-Barthélemy et Saint-Martin (respectivement + 59 et + 50 % entre 2001 et 2010) (IEDOM, 2011).

La croissance des équipements de refroidissement constitue une forte contrainte pour le réseau, car ces équipements consomment beaucoup d'énergie durant les périodes chaudes pendant lesquelles les unités de génération peuvent justement connaître des baisses de rendement.

Un engagement variable dans les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables représentent en moyenne une part de la production d'électricité bien plus importante qu'en métropole. Les énergies renouvelables que l'on trouve dans les Dom sont l'énergie hydraulique, la géothermie, la biomasse, le biogaz, l'éolien et le photovoltaïque. Plusieurs centrales bagasse-charbon ont été construites et permettent l'utilisation de résidus de canne à sucre.

Les énergies renouvelables les plus courantes sont l'hydroélectricité et le photovoltaïque, suivies par l'éolien (tableau 15). Leur part dans la production locale d'électricité varie d'un territoire à l'autre avec, en tête pour 2010, la Guyane (56 %), La Réunion (34 %) et la Polynésie (38 % pour Tahiti) (IEDOM, 2011). À Saint-Martin et Saint-Barthélemy, elle ne dépassait en revanche pas 10 %.

Tableau 15 – Caractéristiques du mix électrique des outre-mer français

	Part des énergies renouvelables dans la production d'électricité (milliers de MWh)/Consommation totale	Production totale (milliers de MWh)	Part des énergies fossiles dans la production d'électricité	Type et part des énergies renouvelables dans la production d'électricité							
				Éolien	Photovoltaïque	Hydraulique	Géothermie	Bagasse	Biomasse UJOM	Biogaz	
Guadeloupe	9%	1787	1730	91%	2,40%	1%	0,90%	0,80%	3,50%	/	/
Martinique	3%	1617	1617	97%	0,10%	1,30%	/	/	/	1,60%	/
Guyane	56 %	/	845,4	44%	/	/	54,70%	/	/	/	/
Saint-Barthélemy	Quasi-nulle	/	94,3	100%	/	/	/	/	/	/	/
Saint-Martin	Quasi-nulle	/	197,3	100%	/	/	/	/	/	/	/
Mayotte	8%	237	237,3	91%	/	8,00%	/	/	/	/	/
La Réunion	34%	2467	2699,5	66%	0,60%	2,90%	20,20%	/	10,00%	/	0,30%
Saint-Pierre-et-Miquelon	2,3 %	42,4	45,2	97%	2,30%	/	/	/	/	/	/
Polynésie française	38 % à Tahiti	513	569	62 % à Tahiti	/	/	38%	/	/	/	/
Nouvelle-Calédonie	15%	2132	2100	85%	2,40%	/	12%	/	/	/	/
Wallis et Futuna	1%	16,3	19	99%	/	/	/	/	/	/	/

MWh = mégawatt-heure.

N. B. : selon les territoires et les thématiques, les données datent de 2009 ou de 2010.

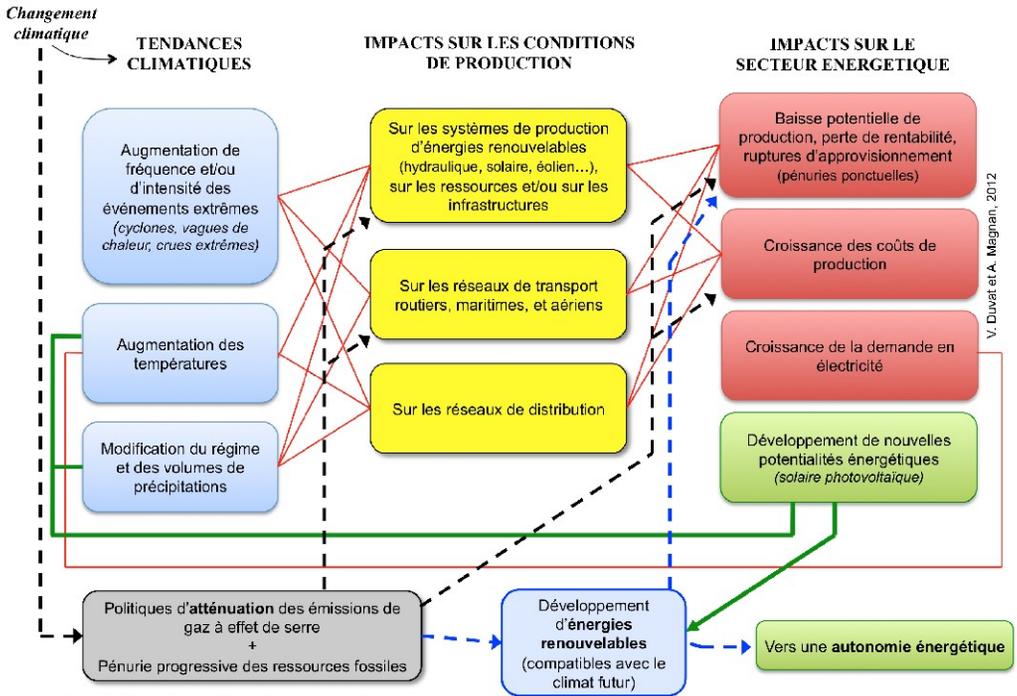
Sources : d'après IEDOM et Observatoire Énergie Réunion, 2011.

Les impacts à attendre du changement climatique sur le secteur de l'énergie

La figure 11 propose une vision d'ensemble des principaux impacts à attendre

du changement climatique sur le secteur de l'énergie.

Figure 11 – La chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur le secteur de l'énergie



La fin des hydrocarbures et la diversification du bouquet énergétique

Face aux politiques d'atténuation et à la perspective d'un épuisement progressif des ressources pétrolières mondiales, et au regard du développement encore réduit des sources d'énergie alternatives, la vulnérabilité énergétique des outre-mer va s'accroître à l'avenir. Si cette contrainte n'est pas directement liée au changement climatique, elle doit cependant être considérée car sa résolution à travers les choix de diversification du bouquet énergétique présente des synergies avec l'adaptation et l'atténuation.

Les menaces potentielles que le changement climatique fait peser sur certaines énergies renouvelables

Si le développement d'énergies renouvelables est l'un des principaux piliers des politiques d'atténuation, notamment dans les contextes insulaires, le développement de son potentiel n'est pas garanti à moyen terme sous l'effet du changement climatique. Bien que l'on ne puisse encore préciser les évolutions climatiques des prochaines décennies à l'échelle de chaque outre-mer, l'on sait d'ores et déjà que des menaces potentielles pèsent sur certaines sources d'énergie renouvelable. L'on peut notamment s'interroger sur l'évolution du po-

tentiel de l'énergie hydraulique dans un contexte de hausse des températures et de diminution éventuelle des précipitations. Des exemples récents invitent en effet à rester vigilants : en 2009, une sécheresse en Guyane a affecté le barrage de Petit-Saut, limitant la production hydraulique et obligeant ce territoire à accroître ses importations d'hydrocarbures d'environ 7 % (IEDOM, 2011). Les projections climatiques annoncent d'ailleurs pour la Guyane et La Réunion une baisse des précipitations et une hausse des températures à même de réduire le potentiel hydraulique. En revanche, dans les îles de la Société (Polynésie française), cette ressource énergétique devrait augmenter sous l'effet de la hausse annoncée des précipitations. Par contraste, la hausse potentielle de la durée d'ensoleillement pourrait être bénéfique à l'énergie solaire (conseil général de la Martinique, 2010), qui se retrouverait ainsi plutôt favorisée par l'évolution du climat à venir.

Concernant les ressources géothermiques et l'énergie thermique ou motrice des mers, les connaissances actuelles ne permettent pas d'anticiper une évolution quelconque des potentiels actuels. On peut cependant supposer que cette ressource sera probablement peu vulnérable aux effets du changement climatique. Pour la biomasse énergie, l'incertitude est en revanche forte : si l'augmentation des teneurs en CO₂ de l'air pourrait améliorer la productivité agricole en théorie, les effets de l'évolution des précipitations et la survenance de sécheresse plus fréquents devraient réduire la productivité de certaines productions. Le chapitre « Agriculture » montrait par exemple que la canne à sucre sera affectée négativement par l'évolution du climat, ce qui réduira d'autant les potentiels de valorisation énergétique des sous-produits de l'industrie sucrière. Une question cruciale de prospective et de développement est donc celle de l'évolution dans les décennies à venir et dans les divers territoires du rapport entre les facteurs favorables et défavorables aux différents types d'énergies renouvelables.

Une augmentation de la demande en énergie

Le changement climatique n'est qu'un facteur supplémentaire qui participe à l'accroissement de la demande en électricité (COI, 2011). On touche ici très concrètement aux cercles vicieux ou vertueux entre adaptation et atténuation. En effet, si le recours à la climatisation est déjà important dans le résidentiel et le tertiaire (tendance très émettrice de GES), il croîtra avec l'augmentation des températures sur l'ensemble de l'année, alourdissant de fait une facture énergétique déjà importante dans les outre-mer tropicaux, et alourdira les rejets de CO₂. Les budgets des ménages comme ceux des collectivités et de l'État croîtront sous l'effet du réchauffement climatique, du fait notamment de l'entretien des réseaux d'approvisionnement et de leur redimensionnement pour supporter un développement du parc de climatiseurs si aucune régulation n'était amorcée.

L'endommagement des infrastructures de production, de transport et de stockage

Les événements extrêmes mettent déjà à mal aujourd'hui les infrastructures de production et de distribution de l'énergie : dégradation des réseaux d'approvi-

sionnement par les tempêtes (fait fréquent dans la Caraïbe, en particulier), impacts des crues extrêmes sur l'état des barrages ou des vagues de chaleur sur les réseaux de distribution, etc. De tels événements ont déjà de lourdes répercussions économiques et risquent d'être amplifiés par le changement climatique (COI, 2011 ; CGM, 2010).

Par ailleurs, la hausse des températures affectera négativement le refroidissement des unités de production, ce qui entraînera une baisse de rendement et renchérra le coût de l'énergie dans les outre-mer.

Le réseau de distribution est sensible aux fortes chaleurs : durant ces épisodes, la capacité de transport est réduite alors qu'il faut faire face à des pics de demande, souvent pour climatiser. C'est une contrainte supplémentaire.

Quelques pistes d'adaptation

Quel que soit l'outre-mer considéré, sa stratégie d'adaptation en matière énergétique devra nécessairement s'articuler autour de deux piliers, la maîtrise de la consommation d'énergie et le développement d'énergies renouvelables adaptées aux évolutions climatiques futures.

Maîtriser la consommation d'énergie, notamment fossile

Comme pour la plupart des mesures d'adaptation au changement climatique, il faut « commencer par mieux faire ce que l'on fait mal ». Ici, il s'agit de réduire la consommation d'énergie, devenue partout excessive au cours des dernières décennies. D'une part, cela permet d'agir concrètement et dès aujourd'hui et, d'autre part, c'est de loin la stratégie d'atténuation et d'adaptation la moins coûteuse. Elle n'est pourtant pas aisée à mettre en place, principalement car elle suppose une modification profonde des habitudes des ménages comme des collectivités, et donc du fonctionnement des territoires d'outre-mer. Diverses mesures incitatives ont vu le jour au cours de la dernière décennie, qui reposent sur le développement des chauffe-eau solaires et de la ventilation naturelle, l'isolation des bâtiments résidentiels (loi RTAA Dom), l'amélioration des outils de production, l'optimisation des moyens de transport, l'utilisation de lampes basse consommation, etc. Sur l'île de La Réunion, ces mesures ont permis de vendre plus de 2 millions de lampes basse consommation et de poser près de 100 000 chauffe-eau solaires en 2010 (IEDOM, 2011). Toutefois, toutes ces options ne sont pas *a priori* pertinentes pour tous les territoires, et donc un enjeu fondamental en termes d'adaptation consiste à identifier celles qui sont les plus compatibles avec les ressources et les évolutions climatiques locales attendues.

Enfin, l'on peut également souligner les efforts réalisés pour le remplacement des climatiseurs anciens et autres équipements énergivores par des équipements plus performants. Des mesures incitatives et la mise en place de la politique des certificats d'économie d'énergie ont ainsi permis d'éviter une partie des consommations associées. Les efforts incitant à réduire la consommation (bonus/malus, etc.) contribuent également à sensibiliser le public sur l'importance de cet enjeu, même si le niveau d'ambition devra croître pour atteindre

les objectifs ⁶⁸.

Développer des systèmes de production compatibles avec les perspectives climatiques

Il s'agit ici d'intégrer la dimension « changement climatique » dans les politiques énergétiques actuelles, de sorte à limiter les impacts négatifs des évolutions climatiques sur le système énergétique futur. Les Anglo-Saxons parlent de *climate-proofing*, que l'on peut traduire en français par des systèmes « à l'épreuve du climat », autrement dit tenant compte du changement climatique. Les récentes concertations environnementales (exercices Grenelles I, II et de la mer) ont pointé la nécessité de diversifier le bouquet énergétique dans les territoires ultramarins *via* le développement des énergies renouvelables. Des objectifs chiffrés ont été formulés : autonomie énergétique d'ici 2030 pour les Drom, contribution à hauteur de 30 % pour Mayotte d'ici à 2020 et de 50 % pour les autres territoires ⁶⁹ (CESE, 2011). Si cette politique est cohérente avec les enjeux d'atténuation des émissions de GES à l'échelle du pays, il faut aussi penser à leur compatibilité avec les objectifs d'adaptation, qui sont plus locaux. Si développer les énergies renouvelables est désormais indispensable, encore faut-il identifier celles qui sont, pour un outre-mer donné, les plus en accord avec les impacts attendus du changement climatique à l'échelle locale ou au moins régionale. L'enjeu de l'adaptation est précisément ici, et les plans climat énergie territoriaux (PCET) ont un rôle crucial à jouer, de même que le Plan régional des énergies renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie (PRE-PURE) lancé en 2008 en Guadeloupe, le Plan énergétique régional (PER) de la Guyane, le Plan climat énergie (PCEM) de la Martinique (2009) ou encore le Schéma de l'énergie et du climat de la Nouvelle-Calédonie (2010).

Notons par ailleurs qu'à la synergie atténuation/adaptation, s'ajoute ici une synergie avec le volet « Maîtrise de la consommation d'énergie ». Les bénéfices à attendre des efforts dans le domaine énergétique sont donc multiples, d'autant plus si l'on encourage les systèmes de production d'énergie décarbonée.

Dans un contexte de raréfaction des énergies fossiles et d'extrêmes climatiques plus intenses, la diversification du bouquet énergétique constitue une stratégie de résilience. En diversifiant les sources de génération d'énergie, on dilue les risques de rupture complète en cas d'événement extrême ou conjoncturel. À La Réunion, la valorisation de la bagasse en donne un exemple, en ce qu'elle contribue à la stratégie de diversification et de sécurisation des ressources énergétiques.

D'autres actions plus innovantes sont également en cours et nécessiteront des efforts de déploiement à court terme :

– la climatisation solaire est encore une technologie émergente, mais qui peut déjà s'avérer compétitive sur les grands bâtiments. Elle permettra de fabriquer du froid décarboné sans solliciter le réseau en période chaude ;

68. Ces dispositions renvoient à des actions inscrites dans le Plan national d'adaptation au changement climatique (MEDDTL, 2011a) bien que la proposition de relever le niveau d'ambition représenterait un effort plus soutenu que le dispositif actuel, les COM n'étant pas obligatoirement couvertes par les actions du PNACC.

69. Arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité.

- l'énergie de la houle, des vagues ainsi que l'énergie thermique des mers, font l'objet de projets concrets. La Réunion est relativement engagée sur cette voie et son expérience pourrait être utile à l'ensemble des outre-mer ;
- la géothermie serait également une piste de diversification, mais le potentiel des outre-mer est encore mal connu ;
- la technologie *Sea Water Air Conditioning* (SWAC) qui utilise de l'eau froide puisée dans les profondeurs des océans pour de la climatisation grande échelle pourrait se développer et permettrait une réduction de la consommation électrique.

Des barrières à lever

Il existe quatre grandes catégories de contraintes (technique, territoriales, économiques et socioculturelles) à la maîtrise de la consommation énergétique et au développement des énergies renouvelables outre-mer, barrières souvent identiques à celles connues en métropole.

Les barrières peuvent d'abord être d'ordre technique. Elles touchent alors à l'efficacité des réseaux électriques et à la capacité de stockage de l'électricité produite par les énergies renouvelables, ce qui complique évidemment les questions de gestion et de distribution. À cela s'ajoute le caractère insulaire et éloigné qui ne facilite pas l'implantation de nouvelles technologies et de toutes les compétences technique associées.

L'organisation générale du territoire et la répartition des foyers de population, ensuite, peuvent accentuer les difficultés, tant pour agir pour la réduction des consommations énergétiques de chacun, que pour assurer une distribution équitable. La dispersion de l'habitat dans certaines zones rend difficile la constitution de masse critique d'usagers.

Les contraintes peuvent également être économiques, puisqu'il faut inciter les collectivités et les entrepreneurs privés à réorienter leurs modèles économiques. En Polynésie française par exemple, développer un projet d'investissement intégrant les énergies renouvelables ouvre droit à un crédit d'impôt de 45 % du montant du financement (Avagliano et Petit, 2009). Cette contrainte est néanmoins commune avec la métropole.

Enfin, non des moindres, il existe des barrières socioculturelles : dans quelle mesure les populations sont-elles prêtes à accepter des mesures de réduction de leur consommation d'énergie ? Le problème ici est qu'il s'agit de demander aux populations de faire des efforts maintenant pour des bénéfices futurs (qui profiteront donc essentiellement aux prochaines générations) bénéfiques qui, s'ils sont certains, n'en demeure pas moins difficiles à quantifier précisément aujourd'hui. Si cette dimension est commune aux outre-mer comme à la métropole, la cherté relative des énergies fossiles en outre-mer pourrait y inciter à une transition plus rapide.

Analyse sectorielle

**Aménagement littoral et
gestion des risques
littoraux dans les outre-
mer français**

Virginie Duvat (UMR LIENSs 7266)

- La plupart des risques actuels vont rester identiques ou s'amplifier dans le futur : la correction des insuffisances actuelles constitue donc une option sans regret.
- Les outre-mer connaissent une urbanisation côtière soutenue qui accroît mécaniquement les risques qui pèsent sur les biens et les personnes.
- La mise en place de plans de zonage des risques et de mesures visant à contrôler l'application de plans de prévention doit être poursuivie, car c'est également une solution sans regret.
- Les choix d'aménagement doivent être appréhendés de manière globale en prenant en compte la morphologie des bassins versants, les sols, les cellules hydrosédimentaires.
- L'observation (érosion côtière, mouvement de terrain) et la communication au public doivent être renforcées afin de pouvoir affiner le zonage des risques, améliorer les dispositifs réglementaires existants et permettre à l'ensemble des acteurs de mieux s'approprier les enjeux associés aux risques.

Il importe d'abord de présenter les facteurs et les processus qui sont à l'origine des risques littoraux, car ils sont tout aussi importants à prendre compte que les manifestations à attendre du changement climatique pour penser des politiques d'adaptation pertinentes.

Facteurs et niveaux de risque : quelles spécificités pour l'outre-mer ?

L'analyse des facteurs de risque révèle des spécificités qui tiennent à des facteurs à la fois physiques et humains.

Nature et variabilité spatiale des facteurs de risque

La combinaison de leurs caractéristiques physiques (climat et relief, en particulier) et humaines (niveau de peuplement et évolution démographique) confère aux territoires d'outre-mer des niveaux d'exposition variables aux risques littoraux⁷⁰. Ces derniers incluent l'érosion côtière, les submersions, les inondations, les mouvements de terrain (effondrements et éboulements de falaises, par exemple), et la salinisation des sols et des nappes phréatiques. La plupart de ces risques sont liés à des tempêtes, cycloniques donc tropicales, ou issues de la zone tempérée. Schématiquement, l'on peut distinguer deux types de situations. La première est celle des territoires peu exposés à ces risques parce qu'ils sont situés à l'écart des trajectoires des tempêtes, notamment cycloniques (Marquises, Guyane), ont un relief modéré (Guyane) ou moins sensibles car peu

70. Pour rappel, le niveau de risque est fonction des aléas, qui se caractérisent par leur nature, leur fréquence et leur intensité, et de la vulnérabilité, qui se définit par le niveau d'exposition des enjeux (hommes et biens), lié à leurs caractéristiques propres (exemples : résistance du bâti, état de santé d'une population) et à l'efficacité des politiques de gestion des risques.

aménagés ou peuplés (TAAF, Saint-Pierre-et-Miquelon, certains atolls des Tuamotu). À l'opposé, les îles affectées par les cyclones⁷¹ et les dépressions tempérées⁷² qui possèdent de grands systèmes de pentes dominant des côtes basses et sont fortement peuplées, y sont très exposées (Martinique, Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Mayotte, La Réunion, Nouvelle-Calédonie, îles hautes de la Polynésie française⁷³).

Le caractère montagneux de ces îles crée d'importants contrastes climatiques qui se répercutent sur les niveaux d'aléa, dont la variabilité spatiale est par conséquent forte. La côte au vent, exposée à l'alizé, enregistre des précipitations plus élevées que la côte sous le vent, aussi est-elle plus concernée par le risque d'inondation. En second lieu, les façades littorales des îles sont inégalement exposées aux tempêtes. Par exemple, les côtes nord et est de La Réunion sont balayées par les cyclones (novembre à avril), alors que les côtes sud et sud-ouest sont touchées par les tempêtes australes (juin à septembre). Les fonds de baie sont fortement exposés au risque de submersion (baies du Robert, de la Trinité, de Rivière-Salée, du Lamentin à la Martinique, par exemple), et les abords des fleuves aux inondations, comme c'est le cas du Maroni en Guyane⁷⁴, la crue de 2008 ayant imposé le déplacement de 1 000 habitants.

Souvent, différents types de risques se combinent, le relief étant favorable à l'enchaînement des processus. Par exemple, le passage d'un cyclone peut avoir pour effets l'inondation des plaines (en raison de crues), la submersion des zones basses (« marées de tempête ») et un pic d'érosion côtière voire des glissements de terrain. Les catastrophes naturelles peuvent affecter la totalité d'un territoire et même d'une région (Antilles), que les îles soient très petites (Tuamotu) ou plus grandes (Guadeloupe, Martinique), comme l'a montré le passage de certains cyclones⁷⁵.

La forte littoralisation de l'habitat et des activités économiques crée un haut niveau de risque. Outre-mer, elle présente des rythmes et des formes différents de ceux que l'on observe en métropole. L'aménagement des littoraux est plus récent (quarante dernières années), plus rapide (soutenu par l'explosion démographique et

71. Les cyclones génèrent des précipitations intenses (> 1 000 mm/24 h) qui provoquent des inondations et des mouvements de terrain, des vents violents (> 300 km/h), dévastateurs et à l'origine de vagues (> 8 m) d'autant plus destructrices que les phénomènes de surcote sont exacerbés (surcote barométrique + poussée de vent). Ils peuvent occasionner la destruction des colonies coralliennes situées sur les pentes externes des récifs jusqu'à des profondeurs supérieures à 20 m (Étienne, 2012). Un cyclone peut d'ailleurs faire reculer le trait de côte de 10 à 20 m (Antilles).

72. Certaines tempêtes se formant dans la zone tempérée affectent les îles situées aux latitudes tropicales soit directement par l'extrémité d'un front froid, soit indirectement par propagation de la houle. Dans l'océan Indien, les houles australes provenant des quarantièmes rugissants qui se forment à 3 000 km au sud de La Réunion génèrent des houles qui affectent les Mascareignes et les îles du canal du Mozambique jusqu'à Mayotte.

73. La façade ouest des îles de la Société et les îles australes de Rurutu et de Tubuai sont les régions les plus exposées aux cyclones de la Polynésie française (Larrue et Chiron, 2010).

74. L'érosion du littoral guyanais est due à un processus très spécifique, la migration des bancs de vase, qui crée alternativement des phases d'érosion et d'accrétion (Froidefond *et al.*, 2004 ; Anthony *et al.*, 2010). Ce littoral bas est également concerné par le risque de submersion marine.

75. Dans la Caraïbe, des cyclones comme Hugo (1989) ou comme Luis et Marilyn (1995) ont dévasté de nombreuses îles.

l'exode rural) et anarchique (habitat illicite et insalubre), aussi le niveau des risques est-il à la fois élevé et en augmentation. L'évaluation de la part des côtes anthropisées dans certaines des îles de la Société (Raiatea, Tahaa, Huahiné, Bora Bora, Maupiti, Moorea) montre que, dès la fin des années 1990, elle représentait déjà 31 % (Huahiné) à 53 % (Raiatea) du linéaire côtier total, sous l'effet de l'urbanisation (Aubanel *et al.*, 1999).

L'aménagement des littoraux a fortement perturbé leur fonctionnement morphodynamique et accru leur sensibilité aux aléas érosion et submersion. Le creusement de ports et de chenaux de navigation dans les platiers récifaux, l'élargissement des passes, les travaux de remblayage, l'extraction de sable et de coraux, le ratissage des plages touristiques, le défrichement des mangroves, etc. , sont autant de pratiques qui ont contribué à déstabiliser les côtes et à affaiblir les écosystèmes protecteurs (Cazes-Duvat et Paskoff, 2004 ; Duvat, 2008 ; Le Cozannet *et al.*, 2011). Or, ces écosystèmes (récifs coralliens, herbiers marins et mangroves) constituent un enjeu absolument majeur face aux risques liés à la mer. L'urbanisation au plus près du trait de côte conduit à la multiplication des ouvrages de défense lourde qui contribuent à leur tour à la déstabilisation des côtes et à la dégradation de ces écosystèmes. Ce cercle vicieux s'observe dans la plupart des territoires.

À cela, s'ajoute la forte vulnérabilité de certaines populations, qui tient à la pauvreté, à l'illettrisme, à la marginalisation (en 2008, on estimait à 16 000 le flux annuel de clandestins à Mayotte – Sénat, 2009), ou à un accès réduit aux systèmes d'assurance. À Mayotte, 43 % des habitants sont très exposés aux cyclones parce qu'ils vivent dans des habitations en matière végétale ou dans des bidonvilles. Et les 47 % de la population qui ne parlent pas français ont un accès nul à limité aux informations et à la sensibilisation relative aux risques (Le Masson et Kelman, 2011). Même à La Réunion où le niveau de vie est nettement plus élevé, l'importance des bidonvilles (15 % de l'habitat) a été identifiée comme l'un des principaux facteurs aggravants des impacts du cyclone Dina en 2002 (Anger, 2012).

Souvent, les enjeux se concentrent dans une ville ou une région en particulier (Fort-de-France en Martinique, Mamoudzou à Mayotte, Papeete-Faa à Tahiti, Cayenne-Kourou en Guyane, Gustavia à Saint-Barthélemy). Si ces centres étaient dévastés, c'est la totalité du territoire qui serait en crise. À la Martinique, 62 % des infrastructures et 50 % de la population se concentrent sur une surface de seulement 170 km² qui est très fortement exposée aux risques (Schleupner, 2007). On observe la même situation en Guyane où Cayenne accueille 54 % de la population et 69 % du bâti, et où 70 % de la population est exposée à l'érosion, à la submersion ou aux inondations (CETMEF-CETE Méditerranée, 2011 ; Diren, 2006). Cette situation se retrouve dans les territoires archipélagiques, comme l'illustre Tahiti qui regroupait 69 % de la population totale de la Polynésie française en 2009 (Avagliano et Petit, 2009). Les territoires d'outre-mer ne possèdent en général qu'une ou deux porte(s) d'entrée aérienne(s) et/ou maritime(s), ce qui accroît leur vulnérabilité en limitant l'aide extérieure en cas de catastrophe.

Une autre spécificité est la relation étroite qui existe entre l'évolution des bassins versants et l'ampleur des catastrophes naturelles qui affectent les littoraux. La déforestation des pentes aggrave le risque d'inondation des plaines littorales et le risque de mouvement de terrain (Mayotte, Nouvelle-Calédonie). À côté de ces effets directs, le défrichement a également des effets indirects : en

accélérant l'érosion des sols, il contribue à l'envasement des lagons et à la pollution des eaux côtières (transfert de fertilisants, de sédiments et de pesticides vers l'océan) qui, à leur tour, dégradent les écosystèmes qui protègent les côtes des impacts des tempêtes. À terme, les impacts destructeurs de ces dernières s'en trouvent exacerbés. L'aménagement des espaces intérieurs contribue ainsi plus qu'en métropole à l'augmentation des risques littoraux en raison d'effets d'enchaînement tout à fait spécifiques. Cette situation s'explique par la dimension réduite des territoires, par des valeurs de pente élevées qui favorisent les transferts de matériaux vers l'aval, par la forte sensibilité des écosystèmes et par la violence des événements extrêmes. Sur les îles volcaniques actives (Martinique, Guadeloupe, La Réunion), des mouvements de terrain peuvent être déclenchés ou exacerbés par des secousses sismiques, et des coulées de lave ou de boue (lahars) peuvent survenir dans certaines régions. Outre-mer, les risques littoraux sont en dernier lieu exacerbés par le retard et les difficultés de mise en œuvre, non seulement des politiques de prévention et de gestion des risques, mais aussi des politiques de contrôle de l'urbanisation. En effet, si des actions de gestion des risques ont été mises en place dans les outre-mer, d'ailleurs plus conséquentes que celles réalisées en métropole dans le domaine des inondations et de la submersion (Fontaine *et al.*, 2009), l'urbanisation rapide et mal contrôlée de ces territoires rend plus difficile leur application. Les constructions sans permis de construire sont nombreuses dans la zone des cinquante pas géométriques où la loi de décembre 1996, qui propose une adaptation de la loi « Littoral » de janvier 1986 et prévoit la régularisation des titres de propriété, reste difficile à appliquer (Klein, 2003 ; Thiriart, 2008). À la Martinique, par exemple, 50 000 personnes sont installées dans la zone des cinquante pas géométriques⁷⁶ où la construction se poursuit. Les plans de prévention des risques (PPR) littoraux n'existent que dans la Caraïbe, qui présente une réelle avance par rapport aux autres territoires (CETMEF-CETE Méditerranée, 2011) : en Guadeloupe 85 % des PPR multirisques prescrits étaient approuvés en 2011 et les PPR les plus récents prennent en compte une remontée du niveau de la mer. À la Martinique, l'évaluation préliminaire des risques de submersion a considéré une élévation du niveau la mer de 1 m (MEDDTL, 2011b). À La Réunion en revanche, sur vingt-quatre communes, dix seulement avaient début 2010 un PPR inondations et quatre des plans de prévention des mouvements de terrain⁷⁷. Une fois approuvés, ces documents sont difficiles à appliquer. À la Martinique par exemple, depuis 2000, 1 600 habitations abritant 10 000 personnes ont été bâties dans la zone rouge des PPR où la réglementation interdit pourtant toute nouvelle implantation. À Cayenne où un plan de prévention des risques de mouvement de terrain a été adopté il y a dix ans, toutes collines confondues, 426 bâtiments avaient été construits entre 2006 et 2009, représentant une augmentation des enjeux de 20 % par rapport à 2006. Sur ces 426 nouvelles constructions, 26 avaient été installées en zone rouge des PPR (Lecomte *et al.*, 2011). Les difficultés et les retards de mise en place des PLU traduisent également les obstacles au contrôle de l'urbanisation. Les politiques de réduction

76. La zone des cinquante pas géométriques correspond à une bande de 81,20 m de largeur qui était initialement réservée à la défense des îles. Elle a été en partie vendue par l'État à partir des années 1920 et surtout 1950-1960. Et même là où elle ne l'a pas été, des constructions illicites sont progressivement apparues.

77. Saint-Denis, Salazie, Saint-Joseph et l'Entre-Deux.

de la vulnérabilité des populations souffrent aussi du dysfonctionnement de la chaîne de décision et d'information, comme l'a montré le retour d'expérience sur le cyclone Lenny aux Antilles (CORIS, 2003). Les habitants n'avaient en effet, pour la plupart, pas été avertis des aléas auxquels ils allaient être soumis, ni évacués lorsqu'ils résidaient dans des zones dangereuses. La prévention des risques et la gestion de crise montrent partout des limites : si l'alerte cyclonique est aujourd'hui structurée et la diffusion de l'information améliorée, la coordination des actions de gestion lors de ces crises majeures rencontre encore de réelles difficultés (Lecomte *et al.*, 2011 ; Anger, 2012) que les exercices de simulation d'« alerte cycloniques » réguliers s'efforcent de corriger. Ensemble, ces différents facteurs expliquent la récurrence des catastrophes naturelles, les dégâts importants qu'elles occasionnent et les efforts déployés pour tenter de réduire la vulnérabilité cyclonique (tableau 16).

Tableau 16 – Impacts de cyclones survenus au cours des 60 dernières années dans différents outre-mer

Territoire	Année	Cyclone	Impacts recensés
Martinique	1970	Dorothy	44 morts, 30 M d'euros de dégâts
	1979	David	30 morts, 76 M d'euros de dégâts
	2001	Iris	3 morts dont 2 suite à un glissement de terrain
	2007	Dean	5 000 maisons endommagées, 350 détruites, privation d'électricité de 95 % des ménages, routes impraticables, canalisations dégradées, endommagement des ouvrages portuaires
Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin	1989	Hugo	7 morts, 35 000 sinistrés, 760 M d'euros de dégâts (destruction de 10 000 habitations et de 6 300 ha de bananerales)
	1995	Luis et Marilyn	3 morts, 457 M d'euros de dégâts (agriculture, infrastructures publiques)
La Réunion	1948	/	165 morts
	1980	Hyacinthe	25 morts, 7 500 sinistrés, 85 M d'euros de dégâts (habitations, routes, réseaux)
	1989 2002	Firinga Dina	4 morts, 25 M d'euros de dégâts (bâti, routes, réseaux, cultures) 500 habitations détruites, 95 M d'euros de dégâts (bâti, routes, cultures, réseaux)
Polynésie française	1982- 1983	5 cyclones en 6 mois	15 morts, 76 M d'euros de dégâts, abandon d'îles dans l'archipel des Tuamotu
	2010	Oly	72 % des habitations de l'île de Tubuai ont subi des dégâts et 115 sur 700 ont été détruites
Nouvelle-Calédonie	1988	Anne	42 M d'euros de dégâts
Mayotte	1984	Kamisy	Destruction des habitations en matière végétale, 25 000 sinistrés, 26 M d'euros de dégâts
	1985	Feliksa	Destruction des routes, 10 M d'euros

Source : d'après Benjamin et D'Ercole, 1998 ; Legoff, 2010 ; Terry et Étienne, 2010 ; Anger, 2012.

Des niveaux de risques d'érosion côtière et de submersion mal connus

Si la gestion des situations cycloniques est globalement satisfaisante, les tempêtes (cycloniques, mais aussi australes) sont à l'origine de phénomènes d'érosion côtière et de submersion qui affectent les outre-mer et mériteraient d'être mieux connus (tableau 17). Au-delà de ce constat général, deux faits méritent d'être soulignés. Le premier est la connaissance encore partielle que

l'on a de la variabilité spatiale de ces risques à l'échelle de l'ensemble des outre-mer et de chacun de ces territoires. En effet, la situation des Antilles et de La Réunion est mieux connue pour ces risques que celle des archipels du Pacifique où les études et suivis sont récents et parcellaires (CETMEF-CETE Méditerranée, 2011 ; Suanez *et al.*, 2012). On constate que l'aléa submersion n'a pas été traité dans les collectivités, sauf en Polynésie française (Fontaine *et al.*, 2009) ; dans les Dom cette connaissance doit encore être explorée plus précisément pour la mise en place de la directive « Inondation ». À l'échelle de chacun des outre-mer, les travaux qui ont été réalisés portent en général sur un nombre limité de sites qui ne correspondent pas toujours aux espaces soumis aux plus forts aléas ou regroupant le plus d'enjeux (Fontaine *et al.*, 2009).

Tableau 17 – État des connaissances sur les risques d'érosion côtière et de submersion dans les outre-mer Français

Territoire (linéaire côtier en km *)	Situation connue et niveau de connaissances
Guadeloupe (405)	Érosion : 25 % de côtes en érosion, 62 % en état d'équilibre relatif et 12 % en accrétion Zones exposées à la submersion : baie de Pointe-à-Pitre
Martinique (293)	Érosion : connaissance partielle Zones exposées à la submersion : fonds de baie (Le Robert, la Trinité, Rivière-Salée et le Lamentin)
Guyane (608)	Érosion : affecte l'ensemble des côtes de manière cyclique (migration des bancs de vase) Zones exposées à la submersion : embouchure du Maroni, mal connue
La Réunion (206)	Érosion : 50 % de côtes en érosion, 43 % de côtes stables et 7 % de côtes en accrétion Zones exposées à la submersion : connaissance limitée Protections naturelles : récifs coralliens, dunes – état de santé inégal selon les secteurs
Mayotte (135)	Érosion : pas d'étude globale, mais plages globalement stables Zones exposées à la submersion : pas d'étude globale, 20 sites étudiés
Saint-Pierre-et-Miquelon (137)	Érosion : généralisée Zones exposées à la submersion : pas d'études
Wallis et Futuna (106)	Érosion : route du littoral et habitat menacés sur la côte ouest de Futuna, en particulier Zones exposées à la submersion : pas d'études, route du littoral de Futuna
Polynésie française (4 497)	Érosion : peu d'études, travaux existants peu connus et peu diffusés Zones exposées à la submersion : peu d'études, travaux existants peu connus/diffusés
Nouvelle-Calédonie (3 367)	Érosion : études localisées peu nombreuses Zones exposées à la submersion : peu d'études, travaux existants peu connus et peu diffusés

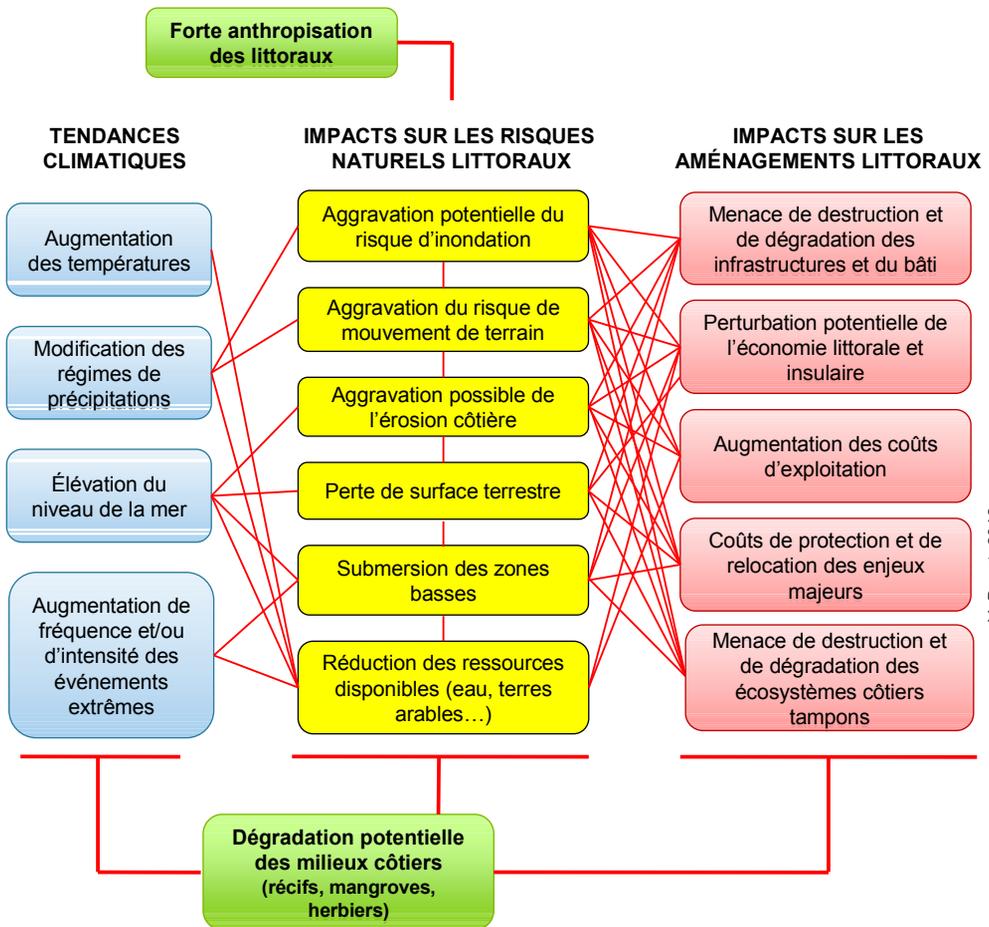
* Données SHOM (longueur calculée à l'échelle du 1 : 1 000 000). Même si cette échelle n'est pas totalement satisfaisante pour le calcul, cette source a été utilisée, car c'est la seule qui fournit des valeurs pour tous les territoires. La valeur indiquée est d'autant plus valable que le territoire est vaste.

Source : d'après CETMEF-CETE Méditerranée, 2011.

Impacts du changement climatique sur les risques et les aménagements littoraux

Les impacts des phénomènes associés au changement climatique sur les risques et les aménagements sont plus faciles à prévoir que leurs effets sur l'évolution des aléas.

Figure 12 – La chaîne des impacts à attendre du changement climatique sur le secteur des risques littoraux



La submersion des zones basses et ses conséquences sur les ressources littorales

Avec l'élévation graduelle du niveau de la mer, certains espaces seront submergés. La cartographie des zones basses (CETMEF-CETE Méditerranée, 2011)⁷⁸ montre que les territoires les plus exposés aux submersions temporaires (voire permanentes à terme pour les plus basses) sont Saint-Barthélemy (sur plus de 7 % de sa surface), Saint-Pierre-et-Miquelon (sur un peu moins de 7 %), Saint-Martin et la Guadeloupe (environ 6 %), devant la Guyane, la Nouvelle-Calédonie et la Martinique (3 à 4 %). Si l'on considère maintenant les enjeux, les bâtiments situés sous les niveaux marins de référence couvrent

78. Dans cette étude, le niveau marin de référence a été défini comme étant la somme du niveau des plus hautes mers astronomiques et de la surcote cyclonique. Pour des raisons statistiques, on ne peut caractériser les niveaux centennaux.

516 ha et sont au nombre de 25 000, tous territoires considérés. Ils se situent principalement en Nouvelle-Calédonie (38 %), en Guadeloupe et en Guyane (61 % des bâtiments menacés étant dans ces deux Drom), ainsi qu'en Martinique. Si l'on rapporte la surface des bâtiments menacés à la surface bâtie totale afin d'apprécier le taux d'exposition du bâti, arrivent en tête Saint-Martin, puis Saint-Barthélemy, Mayotte, la Martinique et La Réunion. Concernant les infrastructures, 850 km de routes sont exposés, principalement dans les Drom (67 %) et secondairement dans les Com (33 %). Enfin, trente-huit sites industriels sont situés dans les zones basses susceptibles d'être submergées, dont 18 soit 47 % en Guyane. Tous critères réunis, les deux territoires les plus exposés sont la Nouvelle-Calédonie et la Guadeloupe.

Des travaux de modélisation ont été réalisés sur certains territoires pour évaluer les impacts de l'élévation en cours du niveau de la mer. À Tahiti, une élévation de 88 cm submergerait l'aéroport et une partie de la commune de Faaa dans laquelle il est situé, mais impacterait en revanche peu les zones bâties en raison de la topographie et des systèmes de défense existants (murs de protection et remblais) (Anselme et Bessat, 2008). Bien qu'aucune évaluation précise n'y ait été réalisée, l'on redoute la submersion à Ouvéa (Nouvelle-Calédonie) et Uvea (Wallis), où le village de Mata Utu voit les ouvrages de défense se multiplier. La situation des aéroports en basse altitude dans les outre-mer mériterait une attention particulière pour des raisons d'investissement comme de continuité des liens avec l'extérieur.

La submersion des zones basses va réduire les ressources disponibles, donc aggraver les pressions sur l'eau et les terres cultivables. L'élévation du niveau de la mer va entraîner une salinisation des nappes phréatiques et une baisse de volume des lentilles qui contribuent à l'approvisionnement des populations dans les îles basses. Ces effets sont très redoutés à Wallis et dans les Tuamotu où les ressources en eau sont limitées et où la salinisation des sols nuira aux cultures (voir la section « Secteur de l'agriculture et de l'élevage ») comme aux revenus qui en sont tirés. Ils sont aussi attendus dans les autres territoires, comme à La Réunion où le BRGM a détecté des intrusions salines dans l'ouest. La dégradation de la ressource en eau posera problème là où la pression démographique sera forte (Guyane⁷⁹) et où les sécheresses augmenteront en fréquence ou en intensité (Antilles, Guyane, La Réunion, Nouvelle-Calédonie). Le risque de pénurie d'eau sera exacerbé à la Martinique où l'approvisionnement dépend de captages qui, comme les réseaux de distribution, sont menacés par les mouvements de terrain.

Là où l'économie de subsistance domine, les impacts du changement climatique sur les ressources alimentaires (eau et cultures) pourraient remettre en cause le maintien de certains villages. Dans les Tuamotu, c'est la production de coprah, qui contribue aux exportations et à la viabilité économique des atolls, qui est menacée.

Enfin, en rehaussant le niveau de base océanique, l'élévation du niveau de la mer permettra aux vagues de tempête d'atteindre des espaces qui se trouvent

79. En Guyane, l'enjeu de l'accès à l'eau potable est majeur, car 15 % de la population ne sont pas encore raccordés au réseau d'eau potable, sans compter que les besoins vont augmenter à cause de l'explosion démographique attendue. Les volumes consommés ont augmenté de 25 % entre 1995 et 2005. Ce rythme est supérieur à celui de la croissance démographique et il ira en s'accroissant (Lecomte *et al.*, 2011).

aujourd'hui à l'abri de leurs impacts. Il s'en suivra une salinisation ponctuelle de certaines zones cultivées.

L'aggravation de l'érosion côtière ?

On ne peut pas affirmer que la montée du niveau de la mer constituera nécessairement un facteur d'aggravation de l'érosion des littoraux meubles. Divers travaux montrent qu'au cours des dernières décennies, en dépit de l'élévation du niveau de la mer, certaines plages et îles basses sont restées stables ou ont connu un phénomène de progradation⁸⁰ (Duvat *et al.*, 2002), même dans des régions dans lesquelles l'élévation du niveau de la mer est relativement rapide, comme en Polynésie française (+ 5,5 mm/an) (Becker *et al.*, 2012 ; Le Cozannet *et al.*, 2011). Prévoir précisément l'évolution des côtes sédimentaire est difficile voire impossible au regard, d'une part, des nombreux facteurs qui la commandent⁸¹ et de la complexité des interactions qu'ils entretiennent, et d'autre part, des inconnues qui perdurent à ce jour (sur les volumes sédimentaires mobilisables, l'évolution et les impacts des tempêtes, l'évolution et le rôle futur des récifs coralliens, la perturbation future du transport sédimentaire par les aménagements, etc.). Par exemple, en Guyane, l'évolution des côtes dépendra d'un côté, de la contraction de la forêt, qui accroît les apports en matériel terrigène fin (+ 20 % entre 1996 et 2007), et de l'autre, de l'augmentation du forçage des vents, observée depuis les années 1980 et qui est à même de renforcer l'agression des vagues dans les secteurs exposés. Dans ces conditions, au vu de la forte mobilité du trait de côte, il est prématuré d'annoncer une tendance.

Aussi, il importe de rester prudent, et de garder par ailleurs à l'esprit que les facteurs anthropiques vont continuer à jouer un rôle majeur voire prépondérant dans l'évolution des littoraux. Si l'on reprend l'exemple de la Guyane, il est fortement probable que l'érosion se renforce dans les secteurs déjà très exposés et perturbés par les aménagements (Mana et Rémire, par exemple). De la même manière, le recul chronique des cônes-deltas de La Réunion sur leur face externe, qui est dû à la baisse des apports d'alluvions, va se poursuivre (Cazes-Duvat et Paskoff, 2004). Si l'on ajoute à la variabilité spatiale des impacts anthropiques celle des facteurs naturels, l'on peut dire que les évolutions contrastées qui s'observent déjà aujourd'hui à l'échelle d'un secteur de côte, d'une île ou d'une région, se maintiendront. On sait par exemple que les tempêtes, dont on ne connaît pas l'évolution à venir, peuvent générer soit des pics d'érosion, comme c'est le cas dans les îles hautes⁸² (Antilles, La Réunion...), soit des phénomènes de progradation⁸³, observés sur certaines îles coralliennes du Paci-

80. Extension de surface.

81. Apports et prélèvements sédimentaires dus aux rivières, au vent, aux vagues et courants marins, à l'homme, et perturbations anthropiques, en particulier.

82. Les pics d'érosion dus aux tempêtes intenses peuvent atteindre 10 m, voire 20 m. Ces événements étant rares, l'on enregistre des vitesses moyennes de recul de l'ordre de 1 m/an dans les secteurs les plus touchés par l'érosion (communes du Prêcheur, du Carbet et de Saint-Pierre, par exemple, à la Martinique).

83. Avancée d'un ensemble sédimentaire (plage par exemple) sur la mer en raison d'un bilan positif de dépôt de sédiments.

fique (Duvat, 2007). Les blocs arrachés par les vagues de tempête sur les pentes externes des récifs coralliens peuvent alors selon les cas, soit constituer des remparts de débris qui migrent vers les côtes, soit former des nappes qui rehaussent les îles sur une certaine largeur. L'étude réalisée en Polynésie française par Étienne en 2012 a mis en évidence ce processus à Tubuai (îles Australes) où le cyclone Oly (2010) a été à l'origine de la formation de nappes de 50 cm d'épaisseur et de 70 m de largeur. Ce processus d'accumulation ne peut s'opérer pleinement là où d'importants obstacles (végétation, aménagements) limitent la propagation des vagues, ce qui met une fois de plus en évidence le rôle des facteurs anthropiques dans l'évolution future des littoraux.

De fait, l'évolution du budget sédimentaire des côtes sera aussi à terme déterminée par l'évolution des récifs coralliens et des mangroves. Il est à redouter que l'envasement en cours des récifs ne s'accuse sous l'effet de pluies plus intenses et qu'il ait à terme des effets négatifs sur le bilan sédimentaire des littoraux. De la même manière, le recul des mangroves, s'il se poursuivait, accroîtrait le risque d'érosion sur les côtes qu'elles protègent de l'attaque des vagues⁸⁴. Cela est à redouter en Guyane et en Guadeloupe où l'on s'attend à leur recul du fait qu'elles occupent des zones très basses qui seront submergées.

L'aggravation du risque d'inondation

L'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des pluies extrêmes devrait accroître le risque d'inondation à La Réunion, à la Martinique, en Guadeloupe, en Guyane et en Polynésie française. Ce risque sera réduit là où les cours d'eau ont été largement endigués, comme c'est le cas à La Réunion (Anger, 2012).

L'aggravation du risque de mouvement de terrain

L'augmentation de l'intensité des pluies et l'extension des zones bâties seront favorables à l'aggravation du risque de mouvement de terrain. En Guyane, les éboulements et glissements de terrain qui se produisent en bordure des zones les plus urbanisées vont s'aggraver. La catastrophe du Mont Cabassou (2000)⁸⁵ est un type d'événement qui pourrait se répéter à l'avenir. Les abords des monts Baduel, Bourda, Lucas et de la colline de Montabo, qui sont instables, vont devenir dangereux (Barras et Chanéac, 2010 ; Théveniaut *et al.*, 2003). En effet, les mouvements de terrain sont favorisés par trois facteurs, la nature des sols, la déforestation et les événements pluvieux intenses, dont les deux derniers s'accroîtront avec le changement climatique (Lecomte *et al.*, 2011). Dans les zones dans lesquelles les événements pluvieux intenses diminueront, le risque diminuerait dans l'hypothèse où le couvert végétal resterait en bon état écologique.

84. Voir la section consacré au « Secteur forestier » de cet ouvrage.

85. Fluxion de 300 000 m³ ayant provoqué la mort de dix personnes.

L'endommagement des enjeux⁸⁶

Sous l'effet du changement climatique, il faut donc s'attendre à des phénomènes d'endommagement graduel (sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer) et ponctuel (sous l'effet d'événements extrêmes) des enjeux, donc à des pertes matérielles et économiques plus importantes qu'aujourd'hui. Les centres urbains risquent d'importants dégâts : valeur des immobilisations qui seraient affectées, valeur des services économiques ou biologiques associés qui seraient perturbés, etc.

La poursuite de l'urbanisation littorale, facteur-clé de l'aggravation des risques

Si de nombreux facteurs anthropiques qui contribuent à l'aggravation des risques littoraux sont en passe d'être en partie contrôlés (extraction de matériaux, dégradation des écosystèmes, défrichement, etc.), ce n'est pas le cas de l'urbanisation. Les tendances observées, les travaux de modélisation de l'étalement urbain et les documents d'urbanisme laissent en effet attendre une poursuite de l'urbanisation littorale qui devrait aggraver considérablement les risques, sous le double effet de la croissance démographique, qui va rester forte dans certains outre-mer, et de l'exode rural qui devrait se poursuivre (crise agricole, attraction urbaine, etc.).

Dans les territoires qui sont actuellement les plus concernés par les risques, la forte croissance démographique attendue va soutenir l'urbanisation littorale, donc aggraver la situation. La Guyane arrive en tête, car sa population devrait être multipliée par plus de 2,6 entre 2007 (213 000 habitants) et 2040 (574 000 habitants)⁸⁷. L'urbanisation qui s'opère dans la région de Cayenne (Rémire, Montjoly, Matoury, Macouria), le développement spontané de zones denses au sein des centres urbains, sur les flancs des monts, dans les bas fonds et le long du Maroni, ainsi que l'ouverture d'un front pionnier vers le sud-est (tronçon routier Régina-Saint-Georges, construction d'un pont sur l'Oyapock), vont aggraver les différents risques (Lecomte *et al.*, 2011). Les populations de quatre autres territoires vont également augmenter significativement, bien qu'à un rythme moins soutenu, celles de la Martinique, (423 000 habitants en 2040 contre 398 000 en 2007), de La Réunion (1 061 000 habitants en 2040 contre 794 000 en 2007), de la Polynésie française (320 600 habitants en 2027 contre 260 000 en 2007) et de la Nouvelle-Calédonie (343 000 habitants en 2050 contre 245 600 en 2007). À La Réunion, quelles que soient les contraintes retenues dans la modélisation (stabilisation ou non des surfaces agricoles, densification), à l'échéance de 2030, les zones bâties littorales se seront étendues (Lajoie et Hagen-Zanker, 2007), ce qui va aggraver les risques littoraux. En revanche, en Guadeloupe, à Wallis et Futuna et à Saint-Pierre-et-Miquelon, la stabilisation de la population devrait limiter l'augmentation des risques. Mais, ceux-ci vont malgré tout augmenter significativement, car les zones d'urbanisation future définies dans les POS/PLU⁸⁸ sont principalement littorales (Thiriart, 2008).

86. Dans le secteur de la gestion du risque, on désigne par « enjeux » l'ensemble des biens matériels et immatériels ainsi que des services associés situés dans un territoire défini.

87. Les valeurs données correspondent au scénario central proposé par l'Insee.

88. Les Plans d'occupation des sols (POS), remplacés par les Plans locaux d'urbanisme (PLU) en 2002,

Que la croissance urbaine procède par étalement ou par densification, elle accroîtra les risques. D'un côté, l'étalement urbain engendre l'extension des zones à risque, et de l'autre, la densification réduit les possibilités d'évacuation et aggrave le risque d'inondation sous l'effet de l'imperméabilisation des sols. La croissance démographique et urbaine aura des effets d'autant plus catastrophiques qu'elle sera spontanée et s'effectuera en dehors des zones autorisées.

Solutions d'aménagement et pistes d'adaptation

Pistes d'adaptation

S'adapter impose d'agir à la fois sur les risques actuels et futurs, en réduisant la vulnérabilité. Pour cela, les priorités sont, en déclinaison des propositions de la stratégie nationale de gestion du trait de côte et en application de la politique de prévention des risques d'inondation et notamment de la mise en œuvre de la directive « Inondation », de :

Réduire la vulnérabilité actuelle (recul stratégique, prévention des risques) et future (zonage de l'urbanisation)

Il faut réduire l'exposition aux aléas et relocaliser les activités, le bâti et les infrastructures stratégiques menacés de destruction, autrement dit de mettre en œuvre une politique de recul stratégique. Cela impose d'élaborer une politique foncière et financière adaptée, et viable sur le long terme.

Mettre en œuvre un plan de gestion globale des enjeux exposés qui ne peuvent être relocalisés (activités exigeant la proximité de la mer, infrastructures majeures comme les aéroports, ressources vitales et réseaux de distribution associés, etc.)

Cela impose de passer de la défense au coup par coup des enjeux (non planifiée, ni intégrée à une réflexion globale à l'échelle du compartiment sédimentaire) à un plan de gestion cohérent, autrement dit de choisir les solutions techniques les plus adaptées à la nature, au degré stratégique, à la valeur des enjeux et à la configuration du site. Cela revient à mettre en place une politique différenciée de défense des côtes (qui n'existe pas à ce jour) et de gestion des ouvrages existants et à venir. Ce dernier aspect implique de créer des bases de données sur ces ouvrages dont la nature, l'état, le régime de propriété, la résistance et la localisation précise, sont inconnus à ce jour⁸⁹ (CETMEF-CETE Méditerranée, 2011). À cette fin, les méthodes de caractérisation existantes, telle celle qui est développée à La Réunion dans le cadre du programme de recherche VulneraRe⁹⁰, pourraient servir de point de départ. Les plans de protection des enjeux qui seront élaborés devront prévoir le maintien de la desserte des zones susceptibles d'être isolées par la survenue d'événements extrêmes.

établissent à l'échelle communale un projet global d'urbanisme et d'aménagement, et fixent les règles générales d'utilisation du sol.

89. Il en va de même en métropole.

90. Site du projet : www.trajectoire-vulnerabilite.org

Ils devront aussi garantir la protection des centres de secours et de décision qui n'est pas toujours assurée actuellement ⁹¹.

Mener une politique globale de soutien des bonnes pratiques

Cette politique doit s'appuyer sur un large panel de mesures financières (fiscalité, subventions, accès au crédit) et éducatives (sensibilisation de la population et des professionnels, par exemple, à la culture du risque et aux pratiques agricoles moins érosives).

Poursuivre le contrôle de l'urbanisation, par le biais des plans de prévention des risques mais également par la prise en compte des risques naturels directement dans les documents d'urbanisme, en empêchant les constructions dans les secteurs exposés aux aléas

Il faut empêcher en particulier les constructions à proximité de la mer (par l'instauration d'une distance de recul suffisante pour toute nouvelle construction), dans le lit des cours d'eau et sur les fortes pentes. Cela impose de protéger les zones naturelles tampons menacées (mangroves en Guadeloupe et à Mayotte, notamment), de limiter le mitage des zones agricoles (qui peuvent également jouer ce rôle), et de régulariser les titres de propriété.

Favoriser le rééquilibrage démographique et économique au profit

des espaces situés à mi-pente par la réalisation d'opérations d'aménagement de grande ampleur

Celles-ci peuvent consister en la création d'infrastructures majeures ayant un poids sur le développement territorial, comme c'est le cas des voies de circulation rapide. La construction récente de la route des Tamarins dans l'Ouest de La Réunion, qui affiche la croissance urbaine la plus forte, en donne un excellent exemple. En fixant les nouveaux enjeux (industries, zones commerciales, bâti résidentiel, etc.), cette voie rapide devrait contribuer à réduire les risques.

Préserver les écosystèmes protecteurs

Cela impose de réduire les perturbations environnementales qui affaiblissent leur résilience et leurs fonctions, et de restaurer ceux qui ont été dégradés, en faisant en sorte d'accroître la longueur de linéaire côtier protégé et la surface des espaces protégés. En parallèle, il importe de replanter les espaces dénudés situés sur les pentes montagneuses, dans le lit majeur des cours d'eau et sur les dunes afin de stabiliser les sols et de limiter les risques de mouvement de terrain, d'une part, et de réduire le risque d'inondation des zones basses, d'autre part ⁹².

91. Le cyclone Dean (2007) a par exemple montré que la caserne des pompiers était située en zone inondable à la Martinique.

92. La forêt accroît la capacité d'absorption des sols, intercepte et diffuse le ruissellement, tout en

Évaluer et cartographier la vulnérabilité et développer l'observation

Il faut développer la recherche scientifique dans des domaines stratégiques pour l'adaptation, comme l'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité des régions littorales, en soutenant le développement des approches porteuses (prospective territoriale, élaboration d'indicateurs de suivi des dynamiques territoriales intégrant l'évolution des risques et de leur gestion). Un autre domaine à privilégier est bien évidemment celui de l'adaptation, sur la base d'études empiriques permettant de proposer des solutions concrètes aux acteurs. S'il est important d'améliorer la connaissance des aléas afin d'affiner le zonage des documents d'urbanisme, il est en parallèle crucial de soutenir les études de vulnérabilité, au regard du retard qu'elles accusent⁹³ et du fait qu'elles sont incontournables pour identifier des voies de réduction des risques⁹⁴. Des projets comme Vultimay à Mayotte (De la Torre et Léopold, 2009), qui évalue la vulnérabilité de vingt sites, et VulneraRe à La Réunion (Magnan *et al.*, 2012), posent des bases qui méritent d'être valorisées. Les niveaux d'aléa et de vulnérabilité doivent être non seulement établis et analysés, mais aussi suivis, sur la base d'indicateurs simples et opérationnels. Jusqu'à présent, les suivis (rares et en général centrés sur les aléas) sont restés ponctuels et très localisés (Suanez *et al.*, 2012 ; Thiriati, 2008), ce qui limite leur intérêt pour l'aide à la décision. Des projets existent, comme CARIBSAT (Guyane, Guadeloupe, Martinique) et SOERE (La Réunion), qui visent à mettre en place des suivis réguliers. Il est souhaitable d'intégrer leurs résultats à des observatoires, tel l'Observatoire des risques naturels de La Réunion, créé en 2011. Ces observatoires doivent garantir l'interopérabilité et la diffusion des données afin de soutenir l'émergence d'une vision globale de la situation des territoires, d'aider les décideurs à prioriser les actions et de contribuer à la sensibilisation du public. Il faut étendre les études à l'ensemble du littoral et même des territoires pour faire émerger une vision globale cohérente multirisque. À ce jour, le fait que les programmes de recherche s'appuient sur des sites pilotes ou des cas d'étude a pour effet de générer par à-coups des séries de données incompatibles entre elles, chaque programme étudiant des sites différents sur la base de méthodologies également différentes.

Développer le dispositif de gestion des risques

Il faut à la fois le développer et garantir sa mise en œuvre sur la base d'une mise en cohérence des différentes phases de gestion (prévention, alerte, protection, gestion de crise, phase post-crise) et d'une bonne coordination des différents acteurs (institutionnels, privés et associatifs). Il importe de sortir du fonctionnement actuel dans lequel les politiques de gestion se construisent trop souvent de manière réactive (risque par risque, alerte et prévision étant déconnectées de la gestion de crise) et sur la base d'une coordination incomplète des acteurs (Thiriati, 2008 ; CORIS, 2003 ; Anger, 2012). Les plans de gestion

accroissant le temps d'écoulement, ce qui réduit du même coup la probabilité de crue.

93. Dans la majorité des outre-mer, il n'existe pas de cartographie précise des enjeux.

94. On ne contrôle pas les aléas. En revanche, l'on peut réduire la vulnérabilité, ce qui réduira les risques.

des risques d'inondation annoncés pour 2015 constitueront dans les Dom une réponse au moins partielle à ce besoin de coordination des outils de la politique de prévention des risques. En attendant, il faut conforter les actions existantes dans l'élaboration des documents réglementaires (PPR, Dicrim, PCS) et assurer leur application. Les retours d'expérience, qui tendent à se développer (projet CORIS dans la Caraïbe), sont cruciaux pour améliorer les dispositifs existants, car ils permettent d'identifier de manière très concrète les dysfonctionnements que les événements extrêmes mettent au jour. Par exemple, le retour d'expérience réalisé dans les Antilles sur les impacts du cyclone Lenny (CORIS, 2003) a permis de lister des actions prioritaires (voir *infra*).

Barrières à lever

Les éléments précédents permettent de résumer les principaux facteurs sur lesquels il est urgent d'agir pour réduire les risques littoraux : l'urbanisation rapide, systématique et spontanée, qui agit sur plusieurs facteurs de risque (le degré de concentration des enjeux, la capacité d'évacuation, l'écoulement des eaux pluviales et les mouvements de terrain, notamment) ; la dégradation des écosystèmes forestiers, littoraux et marins ; les pratiques culturelles (favoriser celles qui stabilisent les sols) ; l'élaboration et la mise en œuvre des documents d'urbanisme et de gestion des risques (PPR, Dicrim, PCS...).

Le retour d'expérience du cyclone Lenny (1999) aux Antilles

- ∨ Mettre en place un réseau rapide de transmission des messages d'alerte reposant sur un jeu d'acteurs clés et une gamme variée de scénarios possibles, chaque événement étant unique et requérant par là même un dispositif de réponse spécifique (adaptabilité et souplesse requises).
- ∨ Régler les problèmes de communication dus au fait que la population n'est pas homogène dans sa composition, en diffusant des messages clairs et simples, en s'appuyant sur des relais d'opinion, en communiquant sur la base de référents connus (cyclones passés inscrits dans les mémoires) afin que le public puisse apprécier l'information diffusée, et informer régulièrement pendant l'événement et la phase post-crise afin de réduire les situations d'isolement.
- ∨ Éduquer et former sur les médias, aux heures de grande écoute, pendant des émissions très suivies (météo des cyclones aux Antilles) et préparer à l'inattendu, en continu, car les procédures sont rapidement oubliées (vingt ans sans événement à la Martinique quand Lenny survient).
- ∨ Réviser et appliquer les normes de construction, et dans l'attente, préparer à l'évacuation des populations qui résident

dans des logements ne répondant aux critères de résistance contre les cyclones.

√ Réduire l'isolement des élus locaux en améliorant le fonctionnement du système d'acteurs.

√ Préparer la sortie de crise qui peut être lente, comme cela a été le cas en Guadeloupe où la plupart des soutiens ont été la famille, le voisinage, puis la municipalité.

√ Concevoir et s'appuyer sur des plans de reconstruction afin de raccourcir les délais.

Source : CORIS, 2003.

Conclusions et grands principes pour l'action

Virginie DUVAT (UMR LIENSs 7266)
Alexandre MAGNAN (IDDR)

Pour pouvoir élaborer des politiques d'adaptation pertinentes, il faut penser le changement climatique de manière systémique et dynamique. Cela implique de mettre en évidence la chaîne de ses impacts prévisibles à la fois sur les ressources qu'utilisent les différents secteurs d'activité et sur ces secteurs d'activité eux-mêmes, ces deux types d'impacts interagissant. Cela impose aussi d'évaluer l'ensemble des impacts potentiels de chacune des actions et des orientations envisagées afin d'évaluer leurs impacts potentiels sur l'évolution des ressources, considérées dans leur globalité, et des autres secteurs d'activité. Cet aspect est crucial, car certaines actions d'adaptation qui seront conduites dans un secteur donné peuvent avoir des bénéfices sur un ou plusieurs autre(s) secteur(s) d'activité ou, au contraire, constituer pour ce ou ces secteur(s) des actions de « maladaptation ». Les politiques publiques revêtent donc ici un rôle particulier de mise en cohérence des stratégies sectorielles d'adaptation.

C'est sur ces bases que ce chapitre final vise à proposer des logiques de structuration de l'action publique.

Du système de ressources à la chaîne d'impacts

Ce rapport identifie une série de recommandations pour chaque secteur d'activité et domaine (tableau 18). Chacune d'elles vise à répondre aux impacts du changement climatique sur un secteur donné.

Tableau 18 – Principales recommandations d'adaptation par secteur d'activité ou domaine

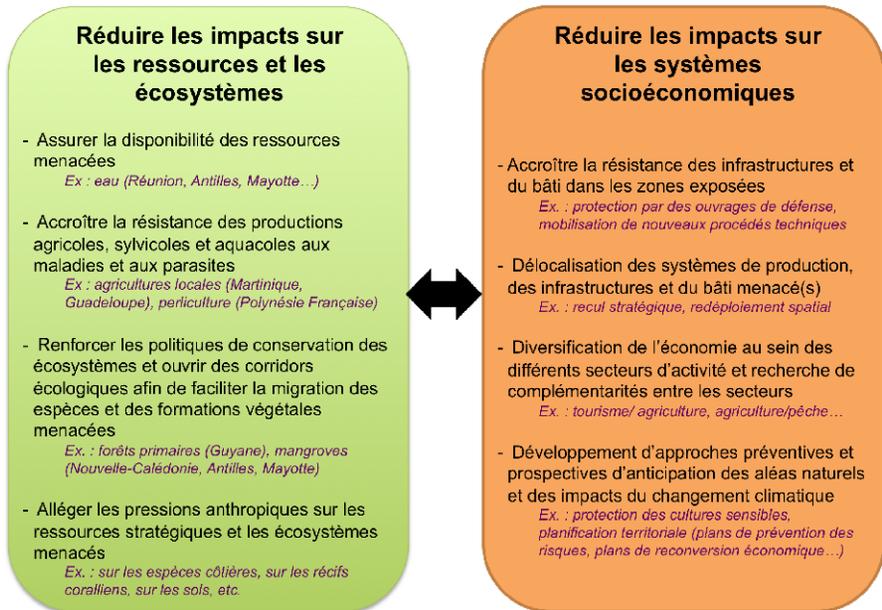
Secteur ou domaine	Quelques grandes pistes d'adaptation
Biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> – Limiter la dégradation des zones côtières en maîtrisant les impacts en amont – Développer les connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes et les services écosystémiques – Réduire la pression des espèces envahissantes – Renforcer le réseau d'espaces protégés, marins et terrestres
Tourisme	<ul style="list-style-type: none"> – Mettre en œuvre des stratégies de développement touristique flexibles et efficaces – Évaluer les dommages et les coûts potentiels du changement climatique – Favoriser la résilience naturelle des écosystèmes
Pêche et aquaculture	<ul style="list-style-type: none"> – Maîtriser la protection des ressources pour permettre leur renouvellement – Réduire les pressions directes (surexploitation) et indirectes (pollutions, destruction des habitats, etc.) sur les milieux et les espèces – Suivre l'évolution des conditions écologiques pour la perliculture
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> – Améliorer les capacités de stockage et de transfert des eaux de surface – Développer les rotations/associations de cultures – Favoriser les espèces les plus résistantes et opérer des sélections génétiques – Structurer le secteur et soutenir la capacité d'adaptation des producteurs – Valoriser les opportunités agricoles liées aux évolutions climatiques
Forêts	<ul style="list-style-type: none"> – Contenir la déforestation de l'Amazonie – Mieux protéger les formations forestières terrestres et marines – Favoriser les espèces les plus résistantes et opérer des sélections génétiques – Maintenir ou recréer des espaces refuges pour les formations et les espèces menacées – Réduire le risque de feu de forêt et pérenniser une capacité d'intervention – Accroître la rentabilité économique du secteur forestier

Secteur ou domaine	Quelques grandes pistes d'adaptation
	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire les pressions anthropiques pour renforcer la résilience des mangroves - Mesurer les réponses des mangroves au changement climatique
Santé	<ul style="list-style-type: none"> - Surveiller les maladies vectorielles - Évaluer les risques d'intoxication alimentaire liés à la ciguatera - Améliorer les caractéristiques techniques/normes de construction des bâtiments pour limiter l'impact des événements extrêmes - Améliorer les plans de surveillance, d'alerte et de gestion de crise
Énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser la consommation d'énergie - Développer des systèmes de production autonomes et compatibles avec les perspectives climatiques : diversification et décarbonisation
Aménagement littoral et risques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire l'exposition des enjeux actuels (recul stratégique, protection) et futurs (à travers le zonage de l'urbanisation et les documents de gestion des risques) - Contrôler l'urbanisation et la mise en pratique des normes et réglementations afférentes - Préserver les écosystèmes protecteurs - Évaluer et cartographier la vulnérabilité et développer les observatoires

Au-delà de cette approche sectorielle, nécessaire mais non suffisante, il faut évaluer les effets qu'une action d'adaptation sectorielle peut avoir sur les autres secteurs d'activité et domaines. Cette évaluation doit être conduite au coup par coup, car les impacts d'une action ou d'une politique dépendent du contexte précis dans lequel l'une et l'autre sont mises en œuvre. Ainsi, une approche globale du territoire est nécessaire pour assurer des stratégies d'adaptation cohérentes et ainsi éviter les « maladaptations ».

Suivant ce principe, on peut identifier des pistes d'adaptation transsectorielles (figure 13) qui renvoient à des logiques similaires bien qu'elles prennent parfois des formes différentes d'un secteur d'activité à un autre. Ces pistes transversales s'appuient également sur les notions de « système de ressources » et de « chaîne d'impacts », et elles soulignent l'importance d'agir à la fois sur les composantes environnementales du territoire et sur ses composantes anthropiques. Enfin, elles combinent deux approches complémentaires mises en avant dans cet ouvrage : l'anticipation des impacts futurs du changement climatique et la résorption des pressions et des problèmes que posent d'ores et déjà nos modes d'occupation du sol et d'exploitation des milieux. Elles constituent donc une sorte de feuille de route qui va permettre de développer une approche cohérente du point de vue de la gestion du « système de ressources ». Leur objectif commun est de combiner les enjeux du présent et ceux du futur, de sorte à éviter les « maladaptations » futures et ainsi de mettre en œuvre, dès aujourd'hui et de manière très pragmatique, un développement soutenable.

Figure 13 – Principales recommandations pour la gestion des systèmes de ressources



V. Duvat et A. Magnan, 2012

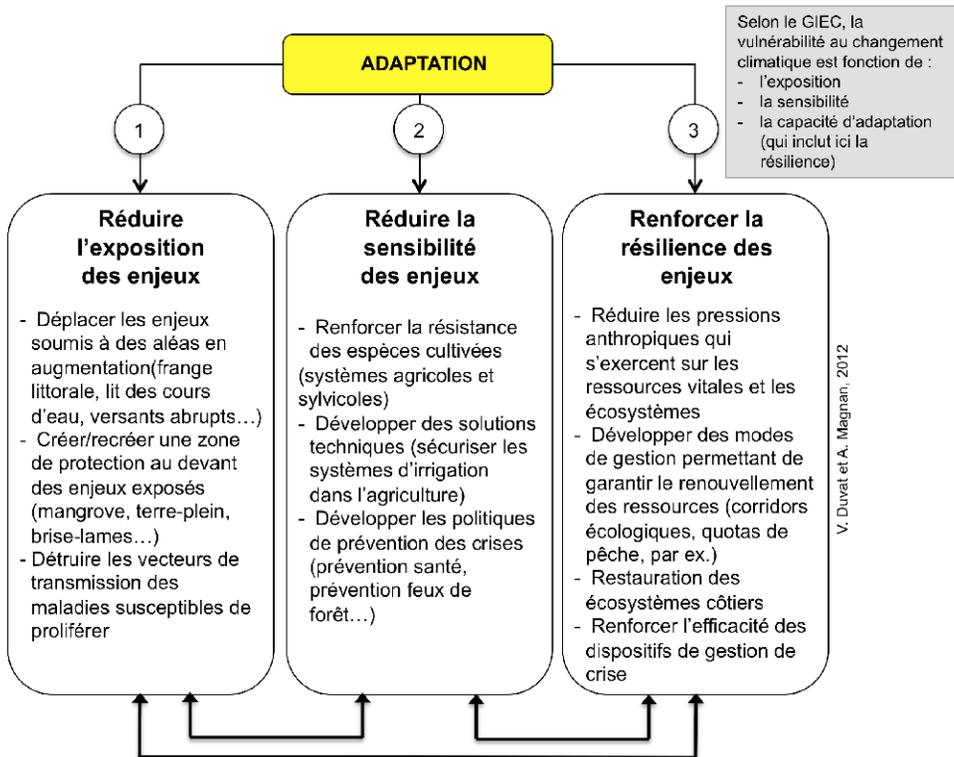
Pour chaque piste d'adaptation, il ne s'agit pas ici de lister de manière exhaustive les secteurs et territoires concernés. Seuls quelques exemples sont donnés.

La logique générale de la mise en œuvre de l'adaptation

Le but de l'adaptation au changement climatique est de réduire la vulnérabilité des territoires et des secteurs d'activité sur le long terme. Il faut donc, pour établir un cadre général à l'adaptation, repartir de la définition de la vulnérabilité au changement climatique qui a été adoptée par le Giec, qui pose que la vulnérabilité d'un territoire au changement climatique dépend de trois composantes : l'*exposition* aux aléas naturels, la *sensibilité* des écosystèmes à ces aléas, et la *capacité d'adaptation* de la société. Selon cette acception, la capacité d'adaptation recouvre à la fois la résilience aux aléas actuels et l'anticipation de ceux à venir (Magnan, à paraître, 2013). Cela signifie que commencer par réduire la vulnérabilité actuelle est une voie concrète pour réduire la vulnérabilité sur le long terme, donc pour s'adapter au changement climatique. L'enjeu de fond consiste donc bien à intégrer la perspective du long terme dans des actions actuelles.

Les trois champs de la vulnérabilité ayant été rappelés (*exposition, sensibilité, capacité d'adaptation*), il reste à voir concrètement comment il est possible d'agir sur chacun d'entre eux pour réduire la vulnérabilité des territoires. Cela revient à identifier trois champs d'intervention : la réduction de l'exposition des enjeux (environnementaux et anthropiques), la réduction de la sensibilité de ces derniers, et enfin le renforcement de leur résilience.

Figure 14 – Les trois piliers de la logique de mise en œuvre de l'adaptation



Le terme d'enjeu désigne ici tout élément susceptible d'être affecté par le changement climatique, qu'il s'agisse des composantes environnementales (ressources naturelles, écosystèmes) ou anthropiques (biens, personnes, bâti, production agricole, etc.) du territoire.

Les grands champs d'intervention pour la mise en œuvre de l'adaptation

Si la logique précédente s'applique à l'échelle des secteurs, elle doit être intégrée dans une approche décisionnelle. Celle-ci repose sur cinq grands champs d'intervention qui permettent de structurer les modalités de la mise en œuvre de l'adaptation à l'échelle d'un territoire donné (figure 15). Ces domaines d'intervention constituent finalement les leviers des politiques publiques d'adaptation.

Du point de vue des *institutions et des modes de gouvernance*, leur fonction principale vise à renforcer l'encadrement des activités des divers secteurs en y intégrant les perspectives de long terme, et plus précisément les aspects liés au changement climatique. Il s'agit en particulier de structurer et d'institutionnaliser les activités informelles qui restent prégnantes dans les outre-mer, notamment dans les secteurs de l'agriculture et de la pêche. Développer la transversalité entre les institutions est également un enjeu clé afin de réduire la concurrence sur les ressources (conflits d'usage). Enfin, le volet gestion des crises doit aussi être renforcé.

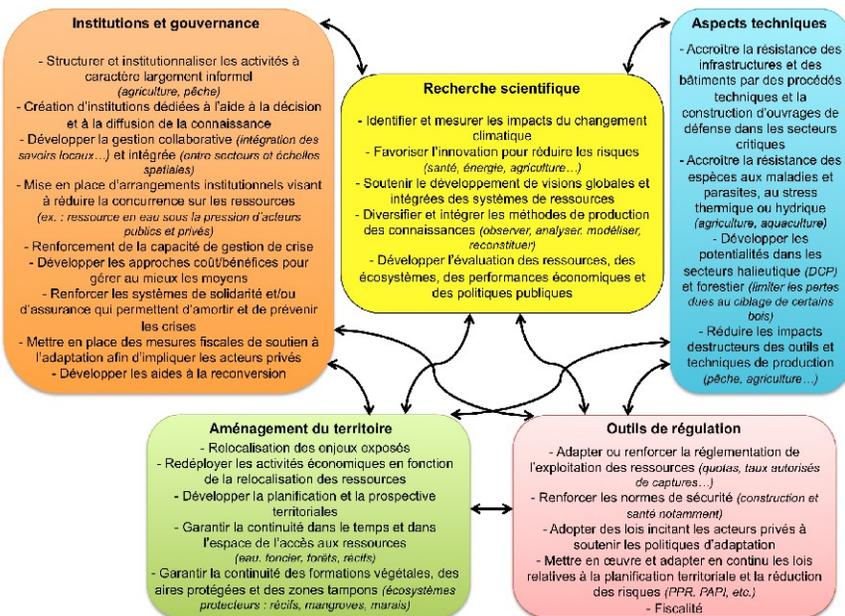
Les *outils de régulation* touchent à la réglementation de l'exploitation des ressources, aux normes de sécurité, à l'implication des acteurs privés ou encore à la planification territoriale. L'adaptation du cadre d'investissement et de la fiscalité est également fondamentale, qu'il s'agisse d'intégrer la dimension changement climatique dans les systèmes d'assurance, de favoriser le développement d'approches coûts/bénéfices, de définir des mesures fiscales spécifiques à l'adaptation, d'élaborer un système d'aides à la reconversion économique, etc.

Enfin, l'amélioration des *normes techniques* va favoriser la résilience des infrastructures et des bâtiments (mise aux normes, en particulier), la résistance des espèces végétales et animales aux maladies, la réorientation vers de nouvelles pratiques agricoles ou forestières, ou encore l'utilisation d'outils et de techniques de production moins destructeurs pour l'environnement.

Tout cela ne pourra se réaliser sans le support de la *recherche scientifique*, tant sur les impacts physiques et environnementaux du changement climatique que sur les aspects socio-économiques. La mesure des impacts du changement climatique et l'analyse des chaînes d'impacts sont extrêmement importantes pour mieux calibrer les politiques publiques. De même que le sont la recherche de solutions innovantes d'adaptation et le renforcement des processus d'évaluation (de la résilience des écosystèmes, des performances économiques sur le long terme, de l'efficacité des politiques publiques, etc.).

Finalement, ce sont les politiques d'*aménagement du territoire* qui sont à reconsidérer pour réduire les impacts à venir du changement climatique. Comme abordé au long de cet ouvrage, si l'innovation et la recherche scientifique ont une place importante pour l'adaptation des territoires, les pratiques actuelles ne sont pas soutenables. Les faire évoluer est un premier pas vers l'adaptation à très court terme et en s'affranchissant du problème de l'incertitude.

Figure 15 – Les grands domaines d'intervention pour la mise en œuvre de l'adaptation au changement climatique



Bibliographie

Ademe, « Agir à la maison – je construis ma maison bioclimatique », les aides ECO-Dom. <http://www.ademe-guyane.fr/in> Lecomte P., Brehm N., Moisan M., Habchi-Henriot N., *L'impact du changement climatique en Guyane*, 2011, 19 p.

Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B., Takahashi, K., *Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity*, in IPCC, 2007, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007, p. 717-743.

Aïna E., Géry Y., « Promouvoir la santé dans les Dom, 2. Guyane, Réunion », *La santé de l'homme*, 404, 2009, p. 8-11.

Alves D.S., « Taking things public : a contribution to address human dimensions of environmental change », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1903-1909.

Amat-Roze J.-M., « Mobilité et santé, un constant dialogue sans cesse renouvelé », conférence du Festival international de géographie de Saint-Dié-des-Vosges sur le thème « Géographie et Santé », 2000.

Angeon V., « La nécessité d'une agriculture innovante dans les départements français d'Amérique », *Innovations agronomiques*, 16, 2011, p. 217-238.

Angeon V., Fomoa-Adenet M., « Quelle organisation territoriale dans les départements français insulaires d'Amérique ? », in Kiminiou R. (dir.), *Économie et droit des affaires de la Caraïbe et de la Guyane*, vol. 2, Ed. Publibook, 2010, p. 305-327.

Anger E., *Analyse du système de gestion des risques liés à la mer à La Réunion*, rapport de stage de Master 2, université de la Rochelle, programme de recherche VulneRaRe, 2012, 114 p.

Anselme B., Bessat F., *Coastal vulnerability to sea level rise on Tahiti Island, French Polynesia*. Solutions to Coastal Disasters 2008 Conference, April 13-16, 2008, Turtle Bay, Oahu, Hawaii 38, 12 p.

Anthony E.J., Gardel A., Gratiot N, Proisy C, Allison M.A., Dolique F., Fromard F., « The Amazon-influenced muddy coast of South America : A review of mud-bank – shoreline interactions », *Earth-Science Reviews*, Issues 3-4, 103, 2010, p. 99-121.

Aragao L.E.O.C., Malhi Y., Barbier N., Lima A., Shimabukuro Y., Anderson L., Saatchi S., « Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1779-1785.

ARS, « Statistiques et indicateurs de la santé et du social 2010 », Antilles-Guyane, 2011, 46 p.

Asner G.P., Loarie S.R., Heyder U., « Combined effects of climate and land-use change on the future of humid tropical forests », *Conservation Letters*, 3, 2010, p. 395-403.

Aubanel A., Marquet N., Colombani J.-M., Salvat B., « Modifications of the shoreline in the Society Islands (French Polynesia) », *Ocean and Coastal Management*, 42, 1999, p. 419-438.

Avagliano E., Petit J.-N., *État 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, 2009, 97 p.

Badjeck M.C., Allison E.H., Halls A.S., Dulvy N.K., « Impacts of climate variability and

- change on fishery-based livelihoods », *Marine Policy*, 34, 2010, p. 375-383.
- Bailleux M., « Guyane : état de santé des populations et pratiques de promotion de la santé », *La santé de l'homme*, 403, 2010, p. 15-18.
- Barlow J., Peres C.A., « Fire-mediated dieback and compositionla cascade in an Amazonian forest », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1779-1785.
- Barnett J., O'Neill S., « Maladaptation », *Global Environmental Change*, 20, 2010, p. 211-213.
- Barras A.-V., Chanéac C.-L., *Diagnostic et étude de l'évolution des mouvements de terrain des collines de l'île de Cayenne (Guyane française)*, rapport final, BRGM (RP-58749-FR), 2010, 118 p.
- Becker M., Meyssignac B., Letetrel C., Llovel W., Cazenave A., Delcroix T., « Sea level variations at tropical Pacific islands since 1950 », *Global and Planetary Change*, 80/81, 2012, p. 85-98.
- Bell J.D., Jonhson J.E., Ganachaud A.S., Gehrke P.C., Hobday A.J., Hoegh-Guldberg O., Le Borgne R., Lehodey P., Lough J.M., Pickering T., Pratchett M.S., Waycott M., *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Summary for Pacific Island Countries and Territories*. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, 2011, 381 p.
- Benjamin D., D'Ercole R., *Les risques naturels*, p. 31-38, in Godard H., *Les outre-mer*, Atlas de France, vol. 13, Paris, La Documentation Française/Reclus, 1998.
- Besancenot J.-P., « Changement climatique et impacts sanitaires : une évolution déjà observable ? », *Air pur*, n° 72, deuxième semestre 2007, p. 13-20.
- Betts R.A., Malhi Y., Timmons Roberts J., « The future of the Amazon : new perspectives from climate, ecosystem and social sciences », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1729-1735.
- Betts R.A., Cox P.M., Collins M., Harris P.P., Huntington C., Jones C.D., « The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazonian precipitation decrease and forest dieback under global climate warming », *Theor. Appl. Climatol.*, 78, 2004, p. 157-175.
- Billé R., Kieken H., Magnan A., *Tourisme et changement climatique en Méditerranée : enjeux et perspectives*, rapport d'expertise pour le Plan bleu, atelier régional « Promouvoir un tourisme durable en Méditerranée », Nice Sophia-Antipolis, 2-3 juillet 2008, 45 p.
- Blazy J.-M., « De l'innovation à l'adoption de nouvelles pratiques dans la filière banane », *Innovations agronomiques*, 16, 2011, p. 25-37.
- Bonin M., Cattan P., « Convergences and Differences between the Objectives of the Financial Support Facilities and those of the Farmers : The Case of Fallow Periods in Banana Production of Guadeloupe », *Fruits*, 61, 2006, p. 9-23.
- Brando P.M., Nepstad D.C., Davidson E.A., Trumbore S.E., Ray D., Camargo P., « Drought effects on litterfall, wood production and belowground carbon cycling in an Amazon forest : results of a throughfall reduction experiment », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1839-1848.
- Brodie J., « Climate change and tropical biodiversity : a new focus », *Trends in ecology and evolution*, 27 (3), 2012, p. 145-150.
- BRGM. <http://www.brgm.fr/brgm/Risques/Antilles/mart/sitemap.htm>
- Brondizio E.S., Moran E.F., « Human dimensions of climate change : the vulnerability of small farmers in the Amazon », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1803-1809.
- Bush M.B., Silman M.R., McMichael C., Saatchi S., « Fire, climate change and biodiversity in Amazonia : a Late-Holocene perspective », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1795-1802.
- Bussière F., Cabidoche Y.-M., Pétro D., Sierra J., Cornet D., Guyader S., Ozier-Lafon-

taine H., Tournebize R., Arnau G., Pavis C., « Des innovations pour les enjeux multiples des productions vivrières et maraîchères des Antilles », *Innovations agronomiques*, 16, 2011, p. 217-238.

Cabidoche Y.-M., Lesueur Jannoyer M., « Pollution durable des sols par la chlordécone aux Antilles : comment la gérer ? », *Innovations agronomiques* 16, 2011, p. 117-133.

Catteau C., Pourchez P., « La Réunion : état de santé des populations et des pratiques de promotion de la santé », *La santé de l'homme*, 404, 2009, p. 31-34.

Cazes-Duvat V., Paskoff R., Durand P., « Évolution récente des deux îles coralliennes du banc des Seychelles (océan Indien occidental) », *Géomorphologie*, 3, 2002, p. 211-222.

Cazes-Duvat V., Paskoff R., *Les littoraux des Mascareignes entre nature et aménagement*, Paris, L'Harmattan, 2004, 187 p. + 16 planches couleur.

Ceballos H., Ramirez J., Bellotti A.C., Jarvis A et Alvarez E., « Adaptation of cassava to changing climates », p. 416-417, in Yadav S.S., Redden R.J., Hatfield J.L., Lotze-Campen H. et Hall A.E. (ed.), *Crop adaptation to climate change*, Oxford, Wiley-Blackwell, 2011.

Cavarero V., Peltier A., Aubail X., Leroy A., Dubuisson B., Jourdain S., Ganachaud A., Gibelin A.-L., Lefèvre J., Menkes C. et Lengaigne M., « Les évolutions passées et futures du climat de la Nouvelle-Calédonie », *La Météorologie*, n° 77, mai 2012, p. 13-21.

CESE, *L'offre de santé dans les collectivités ultramarines*, 2009, 284 p.

CESE, *Les énergies renouvelables outre-mer : laboratoire pour notre avenir*, Les éditions des journaux officiels, 2011, 115 p.

Conseil général de la Martinique, *Préfiguration du Plan climat énergie départemental*, rapport d'étude, 2010, 98 p.

CETMEF-CETE Méditerranée, *Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux : outre-mer*, 2011, 158 p.

Chambres d'agriculture, « L'agriculture d'outre-mer, une richesse française », *RDF*, 2009, 8 p.

CIRAD, « Canne à sucre : la recherche relève de nouveaux défis », *Agronews*, 3, 2009, p. 7-9.

CIRAD, 2011 <http://reunion-mayotte.cirad.fr>

COI, *Étude de vulnérabilité aux changements climatiques dans les pays de la COI et grandes orientations pour la stratégie régionale d'adaptation*, rapport de phase 2, 2011, 153 p.

CES, *Le tourisme, perspective d'avenir de l'outre-mer français*, 2007, 136 p.

Confalonieri U., Menne B., Akhtar R., Ebi K.L., Hauengue M., Kovats R.S., Revich B., Woodward A., « Human health », in *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (Eds.)]. Cambridge University Press, 2007, p. 391-431.

CORIS, *Méthode de retour d'expérience sur l'Arc des Petites Antilles. Synthèse des ateliers*, séminaire scientifique d'étape, les 7 et 8 octobre 2003, Les Abymes, Guadeloupe, 22 p.

Cour des comptes, *La politique publique de soutien à l'agriculture des outre-mer*, rapport public annuel 2011, 41 p.

Cowling S.A., Shin Y., Pinto E., Jones C.D., « Water recycling by Amazonian vegetation : coupled versus uncoupled vegetation-climate interactions », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1865-1871.

Cramer W., Bondeau A., Schaphoff S., Lucht W., Smith B., Sitch S., « Tropical forests

and the global carbon cycle : impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation », *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B*, 359, 2004, p. 331-343.

CRC, *Retour d'expérience sur la prise de décision et le jeu des acteurs : le cas du cyclone Lenny dans les petites Antilles au regard du passé*, rapport du Programme « Évaluation et prise en compte des risques naturels et technologiques » du ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2003.

De la Torre Y., Balouin Y., Dewez T., *Morphodynamique des littoraux de La Réunion. Phase 2 : estimation de l'érosion côtière sur les sites identifiés comme sensibles*, rapport BRGM RP55014-FR, Région Réunion-Diren, 2006, 91 p.

De la Torre Y., Léopold T., *Vultimay, vulnérabilité des enjeux des littoraux de Mayotte et proposition de modes de gestion*, rapport BRGM RP-57004-FR, Direction de l'équipement de Mayotte, 2009, 231 p.

Demaze M.-T., Manuset S., « L'agriculture itinérante sur brûlis en Guyane française : la fin des durabilités écologique et socioculturelle ? » *Les Cahiers d'outre-mer*, [en ligne], 241-242, janvier-juin 2008, <http://com.revues.org/index3173.html>

Demaze M.-T., Fotsing J.-M., Huynh F., « La déforestation dans la région de Saint-Georges-de-l'Oyapock (Guyane française) », *Les Cahiers d'outre-mer* [en ligne], 218, avril-juin 2002, <http://com.revues.org/index1096.html>

Direction du tourisme (départ stratégie, prospective, évaluation et statistique), *Le Tourisme dans l'outre-mer français*, 2007, 162 p.

Diren Guyane, *Profil environnemental de la Guyane*, Cayenne, 2006, 191 p.

Doumenge J.-P., « L'outre-mer français face aux pratiques touristiques », *Hérodote*, 4 (127), 2007, p. 103-123.

Dudgeon, D. et al., « Freshwater biodiversity : importance, threats, status and conservation challenges », *Biological Research*, 81, 2006, p. 163-182

Duncombe M., Gabrié C. (coord.), *Les mangroves de l'outre-mer français. Écosystèmes associés aux récifs coralliens*, 2012, 145 p.

Dusfour I., Carinci R., Gaborit P., Issaly J., Girod R., « Evaluation of four methods for collecting malaria vectors in French Guiana », *Journal of Economic Entomology*, 103 (3), 2010, p. 973-976.

Duvat V., *Étude de vulnérabilité des plages du littoral corallien de l'île de La Réunion*, étude réalisée pour le compte de l'ONF et de l'Association parc marin de La Réunion, 2003, 59 p.

Duvat V., « Les archipels de l'ouest de l'océan Indien face à l'érosion côtière (Mascareignes, Seychelles, Maldives) », *Annales de Géographie*, 2005/4, 644 p. 342-361.

Duvat V., « Les littoraux coralliens des petites îles de l'océan Indien (Mascareignes, Seychelles, Maldives) », vol. 1, *Géomorphologie*, 31, 1/2, 2007, p. 1-194 ; vol. 2, Aménagement et gestion, 31, 3/4, 2007, p. 195-240.

Duvat V., « Le système du risque dans l'île de Saint-Martin (Petites Antilles) », Développement durable et territoire, Dossier 11 « Catastrophes et territoires », mis en ligne le 6 novembre 2008, <http://developpementdurable.revues.org/sommaire6753.html>

Duvat V., Magnan A., *Ces îles qui pourraient disparaître*, Le Pommier, 2012, 238 p.

Ellison, J.C., « Impacts of sediment burial on mangroves », *Marine Pollution*, Bulletin 37, 1998, p. 420-426.

Étienne S., « Marine inundation hazards in French Polynesia : geomorphic impacts of Tropical Cyclone Oli in February 2010 », *Geological Society*, London, Special Publications, 361, 2012, p. 21-39.

FAO, *Pour une agriculture intelligente face au climat. Politiques, pratiques et financements en matière de sécurité alimentaire, d'atténuation et d'adaptation*, Rome, 2010.

Fischlin A. et al., « Ecosystems, their properties, goods, and services », in *Climate*

Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, University Press, Cambridge, 2007, p. 211-272.

Foden, W., Mace G., Vié J.-C., Angulo A., Butchart S., De Vantier L., Dublin H., Gutsche A., Stuart S. and Turak E. (2008). *Species susceptibility to climate change impacts*. In: Vié J.-C., Hilton-Taylor C. and Stuart S.N. (eds). *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN Gland, Suisse.

Fontaine M., Nachbaur A., Maurizot P., Oppermann A., *Bilan de l'avancement de la politique de prévention des risques naturels dans les collectivités d'outre-mer*, vol. 1 : rapport final de synthèse, BRGM-RP-57352-FR, 2009.

Froidefond J.M., Lahetb F., Huc C., Doxarana D., Guiralb D., Prost M.T., Ternonb J.F., « Mudflats and mud suspension observed from satellite data in French Guian », *Marine Geology*, 208, 2004, p. 153-168.

Gargominy O. (éd.), *Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer*, coll. « Planète Nature », Comité français pour l'UICN, Paris, 2003, 246 p.

Gay J.-C., *L'outre-mer français : un espace singulier*, Paris, Belin, 2008, 232 p.

Gay J.-C., *Les cocotiers de la France. Tourismes en outre-mer*, coll. « Sup Tourisme », Paris, Belin, 2009, 135 p.

Giec, *Climate change 2007: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds)]. Cambridge, Cambridge University Press, 2007, <http://www.ipc.ch/>

Gilman E.L., Ellison J., Duke N.C., Field C., « Threats to mangroves from climate change and adaptation options : a review », *Aquatic Botany*, 89, 2008, p. 237-250.

Hall E., « Better RED than dead : paying the people for environmental services in Amazonia », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1925-1932.

Hallegatte S., « Strategies to adapt to an uncertain climate change », *Global Environmental Change*, 19, 2009, p. 240-247.

Heltberg R., Siegel P.B., Jorgensen S.L., « Addressing human vulnerability to climate change : toward a "no-regrets" approach », *Global Environmental Change*, 19, 2009, p. 89-99.

Hoegh-Guldberg O., Salvat B., « Periodic mass bleaching and elevated seawater temperatures : bleaching of outer reef slope communities in Moorea, French Polynesia », *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 121, 1995, p. 181-190.

Hoegh-Guldberg O., « Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs », *Marine Freshwater Research*, 50, 1999, p. 839-866.

Hoegh-Guldberg H. and Hoegh-Guldberg O., *Great Barrier Reef 2050 : Implications of climate change for Australia's Great Barrier Reef*, WWF Australia, 2004, 2 p.

Hyst J.-J., Cointat C., Sutour S., Rapport d'information de la Commission des lois suite à une mission effectuée en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy et Saint-Martin du 9 au 14 décembre 2004, session ordinaire du Sénat de 2004-2005, 88 p.

Inman-Bamber G., Jackson P. et Bourgault M., « Genetic adjustment to changing climates : Sugarcane », p. 443, in Yadav S.S., Redden R.J., Hatfield J.L., Lotze-Campen H. et Hall A.E. (ed.), *Crop adaptation to climate change*, Oxford, Wiley-Blackwell, 2011.

IEDOM, *Guadeloupe*, rapport annuel 2010, 2011a, 209 p.

IEDOM, *Guyane*, rapport annuel 2010, 2011b, 223 p.

IEDOM, *Martinique*, rapport annuel 2010, 2011c, 209 p.

IEDOM, *Mayotte*, rapport annuel 2010, 2011d, 209 p.

IEDOM, *Réunion*, rapport annuel 2010, 2011e, 213 p.

- IEDOM, *Saint-Barthélemy*, rapport annuel 2010, 2011f, 102 p.
- IEDOM, *Saint-Martin*, rapport annuel 2010, 2011g, 104 p.
- IEDOM, *Saint-Pierre-et-Miquelon*, rapport annuel 2010, 2011h, 149 p.
- INPES, *Dossier spécial Ckikungunya : point sur les connaissances et la conduite à tenir – métropole et outre-mer*, 2008, 23 p.
- INSEE, « L'économie polynésienne post-CEP : une dépendance difficile à surmonter 1995-2003 », CEROM – la Polynésie française 2007, 145 p.
- INSEE, *Le tourisme en France édition 2008*, coll. « INSEE Références », Paris, 2009, 268 p.
- INSEE, *Statistiques touristiques rapides Nouvelle-Calédonie année 2009*, Paris, 2010, 79 p.
- ISPF, « Les différents types et motifs du tourisme en Polynésie – enquête sur les dépenses touristiques 2007 auprès des touristes internationaux », *Points forts de la Polynésie française*, n° 6, 2009, 6 p.
- ISPF, « L'impact économique du tourisme international sur l'économie polynésienne – enquête sur les dépenses touristiques 2009 auprès des touristes internationaux », *Points forts de la Polynésie française* n° 6, 2010, 12 p.
- ISPF, « Regards sur l'économie de l'année 2010 : l'économie s'enlise », *Regards*, 21, 2011a, 113 p.
- ISPF, « Points conjoncture de la Polynésie française », *Tourisme*, 6, 2011b, 22 p.
- Inventaire forestier national, « Changements d'occupation et d'utilisation des terres dans les départements d'outre-mer », *Inventaire forestier*, n° 23, 2009, p. 2-8.
- Joseph P., « La végétation des Petites Antilles, un complexe d'interfaces spatio-temporelles (l'exemple de l'île de la Martinique) », p. 39-54, in Pagney-Bento Espinal F. (dir.), *Les interfaces : ruptures, transitions et mutations*, PUB, *Espaces Tropicaux* n° 19, 2006.
- Joseph P., « La végétation des Petites Antilles : principaux traits floristiques et effets plausibles du changement climatique », *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne], vol. 11 n° 1, mai 2011, mis en ligne le 22 juin 2011, consulté le 28 mai 2012, <http://vertigo.revues.org/10886>
- Killeen T.J., Solórzano L.A., « Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1881-1888.
- Klein J., *Protéger le littoral dans les départements français d'outre-mer*, thèse de doctorat de géographie, université de Paris IV-Sorbonne, 2003, 545 p.
- Lagabrielle E., Bourgeois T., Durieux L., Robin M., Strasberg D., « Planification systématique de la conservation de la biodiversité à La Réunion », *Revue internationale de géomatique*, 18 (3), 2008, p. 283-303.
- Lajoie G., Hagen-Zanker A., « La simulation de l'étalement urbain à La Réunion : apport de l'automate cellulaire Metromica pour la prospective territoriale », *Cybergéo*, revue européenne de géographie, article 405, mis en ligne le 18 octobre 2007, <http://cybergeo.revues.org/11882>
- Larrue S., Chiron T., « Les îles de la Polynésie française face à l'aléa cyclonique », *VertigO*, 10 (3), 2010.
- Lecomte P., Brehm N., Moisan M., Habchi-Henriot N., *L'impact du changement climatique en Guyane*, 2011, 19 p.
- Le Cozannet G., Cazenave A., Garcin M., « L'élévation récente du niveau marin et l'érosion côtière : le cas des îles océaniques du Pacifique », *Geosciences*, 14, 2011, p. 92-99.
- Legoff N., « Les Comores et l'aléa cyclonique dans le contexte des changements climatiques : la vulnérabilité différenciée d'Anjouan et de Mayotte », *VertigO*, 10 (3), 2010.

- Lehodey P., Hampton J., Brill R.W., Nicol S., Senina I., Calmettes B., Pörtner H.O., Bopp L., Ilyina T., Bell J.D., Sibert J., « Vulnerability of oceanic fisheries in the tropical Pacific to climate change », p. 433-492, in Bell J.D., Johnson J.E., et Hobday A.J. (ed.), *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change*, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, 2011.
- Le Masson V., Kelman I., « Disaster reduction on non-sovereign islands : La Réunion and Mayotte, France », *Natural Hazards*, 56, 2011, p. 251-273.
- Lemos M.C., Roberts J.T., « Environmental policy-making networks and the future of the Amazon », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1897-1902.
- Lepousez V. et Loukos H., *La vulnérabilité de l'outre-mer : le cas de la Martinique*, CLIMPACT, 2011, 29 p.
- Leroy C., Schneider J.-B., « La sylviculture du mahogany à grandes feuilles dans les Antilles françaises », RDV techniques, ONF, n° 27-28, 2010, p. 8-17.
- Lewis S.L., Lloyd J., Sitch S., Mitchard E.T.A., Laurance W.F., « Changing ecology of tropical forests : evidence and drivers », *Annu. Rev. Evol. Syst.*, 40, 2009, p. 529-549.
- Lienou G., Mahe G., Paturel J.-E., Servat E., Sighomnou D., Ekodeck G.-E., Dezetter A., Dieulin C., « Évolution des régimes hydrologiques en région équatoriale camerounaise : un impact de la variabilité climatique en Afrique équatoriale ? », *Hydrological Sciences Journal*, 53 : 4, 2008, p. 789-801
- Lloyd J., Farquhar G.D., « Effects of rising temperatures and CO₂ on the physiology of tropical forest trees », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1811-1817.
- Lough J.M., Meehl G.A., Salinger M.J., « Observed and projected changes in surface climate of the tropical Pacific », p. 49-100, in Bell J.D., Johnson J.E., et Hobday A.J. (ed.), *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change*, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, 2011.
- Magnan A., « L'épidémie de Chikungunya à La Réunion : une occasion de réfléchir au(x) paradoxe(s) insulaire(s) », *Les Cahiers d'outre-mer*, 234, 2006, p. 135-141.
- Magnan A., « L'espace littoral a-t-il toujours de la valeur ? Autour des friches touristiques de l'île de Saint-Martin (Petites Antilles) », *Norois*, 206 (1), 2008, p. 37-52.
- Magnan A., « Identify and monitor the impacts of climate change on health, in an adaptation perspective (Editorial) », Special issue of the *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 12-13, 2012, p. 145-146.
- Magnan A., Duvat V., Garnier E., « Reconstituer les trajectoires de vulnérabilité pour penser différemment l'adaptation au changement climatique » *Natures, Sciences, Sociétés*, 20, 2012, p. 82-91, disponible en ligne <http://www.nss-journal.org>
- Magnan A., *Changement climatique : tous vulnérables ? Repenser les inégalités*, coll. « Sciences Durables », Paris, Éditions des Presses de la rue d'Ulm, (à paraître en 2013).
- Mahieu M., Arquet R., Coppy O., Alexandre G., Fanchone A., Naves M., Boval M., Mandonnet, N., Fleury J., Archimède H., « Des techniques intégrées pour un élevage de ruminants productif et durable aux Antilles-Guyane », *Innovations agronomiques*, 16, 2011, p. 89-103.
- Maitrepierre L., *Impact du réchauffement global en Nouvelle-Calédonie*, Météo-France, 2006, 17 p.
- Malhi Y., Phillips O.L., « Tropical forests and global atmospheric change : a synthesis », *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B*, 359, 2004, p. 549-555.
- Malhi Y., Roberts J.T.R., Betts R.A., Killeen T.J., Li W., Nobre C.A., « Climate change, deforestation, and fate of the Amazon », *Science*, 319, 2008, p. 169-172.
- Marengo J.A., Nobre C.A., Tomasella J., Cardoso M.F., Oyama M.D., « Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005 », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1773-1778.

- Martens P., Kovats R.S., Nijhof S., de Vries P., Livermore M.T.J., Bradley D.J., Cox J., McMichael A.J., « Climate change and future populations at risk of malaria », *Global Environmental Change*, 9 (1), 1999, p. 89-107.
- MATE, *Atlas du parc national de la Guadeloupe*, 2002.
- Mayle F.E., Power M.J., « Impact of a drier Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forests », *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B*, 363, 2008, p. 1773-1778.
- McKee, K.L., « Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution – reciprocal effects », *Journal of Ecology*, 81, 1993, p. 477-487.
- McMichael A.J., Campbell-Lendrum D.H., Corvalán C.F., Ebi K.L., Githeko A.K., Scheraga J.D., Woodward A. (Eds.), *Climate change and human health. Risks and Responses*, World Health Organization, Geneva, 2003, 333 p.
- MEDDTL, *Plan national d'adaptation au changement climatique. 2011-2015*, 2011a, 185 p.
- MEDDTL, *Évaluation préliminaire des risques d'inondation. Bassin Martinique*, 2011b, 143 p.
- Meehl G.A., Stocker T.F., Collins W., Friedlingstein P., Gaye A.T., Gregory J., Kitoh A., Knutti R., Murphy J., Noda A., Rapers S., Watterson I.G., Weaver A., Zhao Z.C., « Global climate change projections », in *Climate change 2007: the physical science basis*, Contribution of the working group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds)], Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom, 2007, 1009 p.
- Meir P., Metcalfe D.B., Costa A.C.L., Fisher R.A., « The fate of assimilated carbon during drought : impacts on respiration in Amazon rainforests », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1849-1855.
- MEP, *L'État de l'environnement en Polynésie française*, 2006, 369 p.
- Mery G., Katila P., Galloway G., Alfaro R.I., Kanninen M., Lobovikov M., Varjo J. (eds), « Forests and society : responding to global drivers of change », *IUFRO World Series*, vol. 25, Vienna, 2010, 509 p.
- Météo-France, *Étude pour l'identification des évolutions du changement climatique à La Réunion*, Direction interrégionale de La Réunion, 2009a, 78 p.
- Météo-France, *Climat Polynésien*, 2009b, 15p.
- Meyer J.-Y., « Conservation des forêts naturelles et gestion des aires protégées en Polynésie française », *Bois et forêts des tropiques*, 291 (1), 2007, p. 25-40.
- Miles L., Grainger A., Phillips O., « The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia », *Global Ecology and Biogeography*, 13, 2004, p. 553-565.
- Munday P.L., Dixon D. L., McCormick M.I., Meekan M., Ferrari M.C.O., Chivers D.P., « Replenishment of fish populations is threatened by ocean acidification », *PNAS*, vol. 107, (29), 2010, p. 12930-12934.
- Nellemann C., Hain S., and Alder J. (Eds), *In Dead Water – Merging of climate change with pollution, over-harvest, and infestations in the world's fishing grounds*, Programme des Nations unies pour l'environnement, GRID-Arendal, Norway, 2008.
- Nepstad D.C. et al., « Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire », *Nature*, 398, 1999, p. 505-508.
- Nepstad D.C., Stickler C.M., Filho B.S., Merry F., » Interactions among Amazon land use, forests and climate : prospects for a near-term forest tipping point », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1737-1746.
- Ohlson D.W., McKinnon G.A., Hirsch K.G., « A structured decision-making approach to climate change adaptation in the forest sector », *The Forestry Chronicle*, 81 (1), 2005, p. 97-103.

OMC, *From Davos to Copenhagen and Beyond : Advancing tourism's Response to Climate Change*, UNWTO background Paper, 2009, 27 p.

OMS-OMM-PNUE, *Changement climatique et santé humaine : risques et mesures à prendre*, résumé, 2003, 40 p., <http://www.who.int/malaria/publications/atoz/9241590815/fr/>

Onerc, *Indicateurs du changement climatique*, <http://Onerc.developpement-durable.gouv.fr/fr/indicateurs>

Onerc, *Changements climatiques et risques sanitaires en France*, rapport au Premier ministre et au Parlement, Paris, La Documentation française, 2007, 207 p.

Onerc, « Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles », *Synthèse*, n° 2, Direction générale de l'énergie et du climat, février 2010, 6 p.

Ozier-Lafontaine H., Boval M., Alexandre G., Chave M., Grandisson M., « Vers l'émergence de nouveaux systèmes agricoles durables pour la satisfaction des besoins alimentaires aux Antilles-Guyane », *Innovations agronomiques*, 16, 2011, p. 135-152.

Pagney Bénito-Espinal F., « Les catastrophes naturelles : des entraves au développement dans le bassin caraïbe », in, *La Caraïbe, données environnementales*, coll. « Terres d'Amérique », Karthala, Paris, 2006, p. 17-32.

Paskoff R., *L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers*, Institut océanographique, Paris, 2011, 191 p.

Peings Y., Jamous M., Planton S., Le Treut H., *Scénarios climatiques : indices sur la France métropolitaine pour les modèles Français ARPEGE Climat et LMDZ, et quelques projections pour les Dom-Tom*, Météo-France, Institut Pierre-Simon Laplace, sous la direction de J. Jouzel, janvier 2011.

Perherin C., Roche A., « Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux », congrès SHF Événements extrêmes fluviaux et maritimes, Paris, les 1^{er} et 2 février 2012, 8 p.

Perz S., Brilhante S., Brown F., Caldas M., Ikeda S., Mendoza S., Christine Overdevest C., Vera Reis V., Juan Fernando Reyes J.F., Rojas D., Schmink M., Souza C., Walker R., « Road building, land use and climate change : prospects for environmental governance in the Amazon », *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 2008, p. 1889-1895.

Petit J. et Prudent G. (dir.), *Changement climatique et biodiversité dans l'outre-mer européen*, UICN, réimpression, Gland, Suisse et Bruxelles, Belgique, UICN, 2010, 192 p.

Pierre-Louis K., Domi S., Merle S., « Martinique : état de santé des populations et pratiques de promotion de la santé », *La santé de l'homme*, 403, 2009, p. 26-29.

Pirard R., *Lutte contre la déforestation (REDD) : implications économiques d'un financement par le marché*, Idées pour le débat, 20/08 (), 2008.

Planton S., Cazenave A., Delecluse P., Dorfliger N., Gauffrès P., Idier D., Jamous M., Le Cozannet G., Le Treut H., Peings Y., *Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises*, Institut Pierre-Simon-Laplace, CETMEF, BRGM, Météo-France, sous la direction de J. Jouzel, février 2012.

Prato T., « Conceptual framework for assessment and management of ecosystem impacts of climate change », *Ecological complexity*, 5, 2008, p. 329-338.

Rahmstorf S., « A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise », *Science*, janvier 2007, vol. 315, p. 368-370.

Rahmstorf S., Cazenave A., Church J.A., Hansen J.E., Keeling R.F., Parker D.E., Somerville R.C.J., « Recent Climate Observations Compared to Projections », *Science*, DOI : 10.1126/science.1136843, 2007.

Randall D.A., Wood R.A., Bony S., Colman R., Fichet T., Fyfe J., Kattsov V., Pitman A., Shukla J., Srinivasan J., Stouffer R.J., Sumi A., Taylor K.E., « Climate Models and

Their Evaluation », in *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom et New York, 2007.

Ramirez J., Jarvis A., Van den Berg I., Staver C. et Tuner D., « Changing climates : effets on growing conditions for banana and plantain (*Musa* spp.) and possible responses », p. 430-432, in Yadav S.S., Redden R.J., Hatfield J.L., Lotze-Campen H. et Hall A.E. (ed.), *Crop adaptation to climate change*, Oxford : Wiley-Blackwell, 2011.

Ray D., Nepstad D., Moutinho P., « Micrometeorological and canopy control s of fire susceptibility in forested Amazon landscape », *Ecol. Appl.*, 15, 2005, p. 1664-1678.

Redon M., « Saint-Martin/Sint-Maarten, une petite île divisée pour de grands enjeux », *Les Cahiers d'outre-mer*, 234, 2006, p. 233-266.

Renia P., « Guadeloupe : état de santé des populations et pratiques de promotion de la santé », *La santé de l'homme*, 403, 2009, p. 11-15.

Royer J.-F., *Évolution 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, CNRM, 2006.

Saffache P., « Les espaces côtiers antillais face au changement climatique », colloque « Changement climatique : La Caraïbe en danger ? » les 11, 12 et 13 décembre 2006 à Fort-de-France en Martinique (France).

Schleupner C., *Regional spatial planning assessments for adaptation to accelerated sea level rise – an application to Martinique's coastal zone*, 2007.

Sénat, *L'immigration clandestine à Mayotte*, rapport d'information n° 461 (2007-2008) de Henri Torre, fait au nom de la Commission des finances, déposé le 10 juillet 2008, Paris, 79 p.

Seners F., *Saint-Martin, Saint-Barthélemy : quel avenir pour les îles du nord de la Guadeloupe ?*, rapport au secrétaire d'État à l'Outre-mer, 1999, 64 p.

SPC, « Pearl Oyster », *Information Bulletin*, 15, August 2002, Marine resource division, information section, 36 p., ISSN 1021-1861, [consulté le 20 août 2012], <http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/InfoBull/POIB/15/POIB15.pdf>

SPC, *Food security in the Pacific and East Timor and its vulnerability to climate change*, 2011.

Schneider S.H., « The greenhouse effect : Science and policy », *Science*, 243, 1989, p. 771-81.

Solomon S., Plattner G.-K., Knutti R., Friedlingstein P., *Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions*, Proceedings of the National Academy of Sciences (USA), 106 (6), 2009, p. 1704-1709.

Sierra J., *Un cas d'étude sous les tropiques : la Guadeloupe*, actes du colloque CLIMATOR, Méthodes et Résultats, Inra Versailles, 17-18 juin 2010, p. 56-58.

Simpson M., Scott D., Trotz U., *Climate Change's Impact on the Caribbean's Ability to Sustain Tourism, Natural Assets, and Livelihoods*, Inter-American Development Bank – Technical Notes 238, 2011, 19 p.

Simpson M.C., Gössling S., Scott D., Hall C.M., Gladin E., *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector : Frameworks, Tools and Practices*, UNEP, University of Oxford, UNWTO, WMO, Paris, France, 2008, 152 p.

Suarez S., Garcin M., Bulteau T., Rouan M., Lagadec L., David L., « Les observatoires du trait de côte en France métropolitaine et dans les DOM », *EchoGéo*, n° 19, 2012, mis en ligne le 10 février 2012, consulté le 10 février 2012, <http://echogeo.revues.org/12942>

Taglioni F., Dehecq J.-S., « L'environnement socio-spatial comme facteur d'émergence

- des maladies infectieuses. Le chikungunya dans l'océan Indien », *EchoGéo*, 9, 2009.
- Taglioni F., « Chronique d'une crise sanitaire, économique et sociale. L'île de La Réunion face au Chikungunya », *Infogéo*, 2011, 14 p., <http://turlupine.univ-paris7.fr/info-geo/>
- Terry J.P., Étienne S., « Recent heightened tropical cyclone activity east of 180° in the South Pacific », *Weather*, July 2010, 65 (7) p. 193-195.
- Theveniaut H., Gandolfi. J.-M., Joseph. B., Mathon. C., Sedan. O., *Diagnostic de stabilité des monts Lucas, Montabo et Bourda. Approche préliminaire*, BRGM (RP-52225-FR), 2003, 106 p.
- Thiriart C., *Les risques naturels dans la gestion et de développement du littoral guadeloupéen*, mémoire de Master 2 de l'ENGEES, 2008, 88 p.
- Tompkins, E.L., Adger, N.W., « Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change ? », *Ecol. Soc.*, 19, 10, 2004.
- Trotman A., Gordon R.M., Hutchinson S.D., Singh R., McRae-Smith D., « Policy responses to GEC impacts on food availability and affordability in the Caribbean community », *Environmental Science and Policy*, 12 (4), 2009, p. 529-541.
- Tubiana L., Gemenne F., Magnan A., *Anticiper pour s'adapter : le nouvel enjeu du changement climatique*, coll. « Les temps changent », Éditions Pearson, 2010.
- Verger F., « Les risques liés à l'élévation du niveau de la mer dans les marais maritimes et les polders », p. 20-27, in Paskoff R. (coord.), *Le changement climatique et les espaces côtiers. L'élévation du niveau de la mer : risques et réponses*, actes du colloque d'Arles, les 12 et 13 octobre 2000, Mission interministérielle de l'effet de serre, 2001.
- Vermeer M., Rahmstorf S., « Global sea level linked to global temperature », *PNAS*, décembre 2009, vol. 106, n° 51, p. 21527-21532.
- Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., Stuart, S.-N. (Eds), *La vie sauvage dans un monde en mutation – La Liste rouge de l'UICN des espèces menacées : Analyse de la Liste 2008*, IUCN Gland, Suisse, 2009.
- Walsh, G.E., « Mangroves, a review », in Reimold, R.J., Queens, W.H. (Eds.), *Ecology of Halophytes*, Academic Press, 1974, p. 51-174.
- Woodward F.I., Lomas M.R.R., « Vegetation dynamics : simulating responses to climate change », *Biol. Rev.*, 79, 2004, p. 643-670.
- Wilkinson C. (éd.), *Status of Coral Reefs of the World : 2008*, Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Center, 2008.
- Yébakima A., Pélagie R., Desportes C., d'Abadie de Lurbe D., « Approche communautaire pour prévenir la dengue à la Martinique », *La santé de l'homme*, 403, 2009, p. 33-35.
- Zelazowski P., Malhi Y., Huntingford C., Sitch S., Fisher J.B., « Changes in potential distribution of humid tropical forests on a warmer planet », *Phil. Trans. R. Soc.*, 369, 2011, p. 137-160.

ANNEXES

ANNEXE 1 – EXEMPLES D’ACTIONS D’ADAPTATION ENTREPRISES DANS DES ÉTATS INSULAIRES

Dario Zilli, Onerc

Plusieurs États insulaires ont développé des actions d’adaptation aux effets du changement climatique. Cette section illustre de façon non exhaustive quelques initiatives et actions reflétant l’engagement croissant dans l’identification des vulnérabilités et la promotion d’actions d’adaptation sans regret.

Océan Atlantique

Des actions régionales sur l’adaptation sont mises en œuvre depuis 1997 sous l’égide de l’Organisation des États américains et de la Communauté caribéenne (Caricom) au profit des états insulaires et côtiers de la zone. En 2005, les états caribéens se sont coordonnés pour créer le Centre sur le changement climatique de la Communauté caribéenne (CCCCC) qui, à travers diverses ressources de financement, produit des projections climatiques régionalisées pour ses États membres, délivre des formations de haut niveau et appuie le financement d’infrastructures pour l’adaptation tel que des bâtiments à l’épreuve de vents plus violents ou la création de réservoirs en eau potable.

Océan Indien

La Commission de l’océan Indien (COI), a travers notamment le projet Acclimate⁹⁵, agit pour le renforcement des capacités, l’identification des vulnérabilités et ambitionne l’élaboration d’une stratégie régionale d’adaptation au changement climatique de ses États-membres (Union des Comores, France/La Réunion, Madagascar, Maurice, Seychelles). Le projet Iracc⁹⁶ a, quant à lui, une action ciblée sur la diffusion de bonnes pratiques agro-écologiques pour l’adaptation au changement climatique et appuie de petites exploitations pour développer ces pratiques.

L’Union des Comores mène des actions de restauration des zones de mangroves afin de réduire les risques côtiers actuels et à venir sous l’effet du changement climatique.

Océan Pacifique

Exécuté dans quatorze États du Pacifique sous l’égide du Programme régional océanien pour l’environnement (PROE), le projet PACC⁹⁷ (adaptation au changement climatique dans le Pacifique). Il intervient pour promouvoir l’adaptation quant à la gestion côtière, la sécurité alimentaire et la gestion durable de l’eau

95. <http://www.acclimate-oi.net/>

96. <http://fisheries.ioconline.org/fr/iracc.html>

97. <http://www.sprep.org/pacc-home>

- à travers des formations et le financement d'actions d'adaptation concrètes :
- infrastructures de drainage pour la protection d'aéroports ou de sections routières face à l'intensification des tempêtes et de la hausse du niveau de la mer ;
 - équipements en citernes de stockage d'eau potable pour faire face aux épisodes extrêmes ;
 - restauration de mangroves et forêts côtières pour la protection littorale et la biodiversité ;
 - diffusion de variétés de taro résistantes à la salinisation.

ANNEXE 2 – RAPPORT D'ACTIVITÉ ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE

En mai 2012, le ministère en charge des politiques climatiques, auquel l'Onerc est rattaché *via* la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), devient le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE). L'Onerc est présidé par le sénateur Paul Vergès et dirigé par Pierre-Franck Chevet, directeur général de l'énergie et du climat au MEDDE. Le secrétariat général est assuré par Nicolas Bériot assisté de quatre chargés de mission, dont un ingénieur documentaire-webmestre. L'équipe constituant le secrétariat général de l'Onerc est aussi « pôle Adaptation » de la DGEC et donc en charge de la politique nationale d'adaptation. Cette annexe présente les principales actions dans lesquelles l'Onerc s'est engagé depuis novembre 2011 qui, sans être exhaustive, couvre les grands domaines d'exercice de l'Onerc.

Action internationale

La fonction de point focal du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) pour la France, confiée à l'Onerc en 2001, occupe une large part des activités internationales de l'Observatoire. L'Onerc participe en outre à d'autres travaux internationaux notamment au niveau de l'Union européenne, de l'océan Indien, du bassin Méditerranéen et a développé des relations avec les services en charge des politiques publiques d'adaptation dans plusieurs pays.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)

Le secrétaire général de l'Onerc a participé en novembre 2011 à la réunion du Giec qui a validé le résumé pour décideur du rapport spécial sur les événements extrêmes (SREX). L'Onerc a participé à la 35^e assemblée plénière du Giec à Genève en juin 2012, au sein de la délégation française. L'objet de cette réunion était d'organiser la publication du 5^e rapport du Giec, dont les différents volumes paraîtront successivement de fin 2013 à fin 2014.

L'Onerc coordonne le versement de la contribution française au budget du Giec émanant de trois ministères : Affaires étrangères, Recherche et Développement durable. L'Onerc est par ailleurs impliqué dans le suivi de l'exécution budgétaire du Giec.

Enfin, l'Onerc appuie la participation des chercheurs français aux travaux du Giec pour l'élaboration du 5^e rapport d'évaluation.

Espace européen

L'équipe de l'Onerc assure par délégation la représentation française auprès de l'Union européenne pour les travaux en matière d'adaptation au changement climatique. À ce titre, l'Onerc a participé à toutes les réunions du groupe de pilotage européen (*Adaptation steering group, ASG*) organisées à Bruxelles par la Commission européenne (DG Clima). Dans la continuité du « Livre blanc

européen », ces travaux ont pour objectif de contribuer à l'élaboration d'une stratégie européenne d'adaptation au changement climatique dont la publication est attendue au printemps 2013.

Dans le cadre des travaux européens, l'Onerc a préparé un document de positionnement pour la France relatif à la stratégie européenne en cours d'élaboration. Ce document a permis d'explicitier les attentes de la France vis-à-vis des instances européennes d'une part et de constituer le dossier préparatoire à la réunion informelle des ministres de l'environnement du 8 juillet 2012 à Nicosie consacrée à l'adaptation au changement climatique.

Dans le cadre de la future stratégie européenne, une plate-forme d'échange nommée *Climate Adapt* (<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>) développée par l'Agence européenne de l'environnement (AEE) pour le compte de la DG CLIMA a été ouverte en mars 2012. L'Onerc renseigne et met à jour les informations concernant les actions de la France.

Toujours en relation avec l'AEE, l'Onerc fait partie du réseau EIONET rassemblant les correspondants de l'Agence liés aux problématiques d'observation des effets du changement climatique et de l'adaptation. À ce titre, il a préparé en juin 2012 une communication conjointe avec le Commissariat général au développement durable (CGDD) pour la conférence annuelle du réseau pour faire état de la politique d'adaptation de la France. Le CGDD/SOeS associe également l'Onerc à la revue des documents de l'AEE relatifs au changement climatique dont notamment le rapport sur les indicateurs européens du changement climatique mis à jour cette année.

L'Onerc a contribué à un ouvrage collectif sur les pratiques d'adaptation en Union européenne dans le cadre du projet Circle² (rédaction du chapitre sur le suivi-évaluation des actions d'adaptations – publication fin 2012). Il a également fourni une note d'analyse sur l'expérience de recul stratégique de la route du Lido de Sète en préparation d'un atelier scientifique du projet Circle².

Initiatives régionales et bilatérales

L'Onerc a participé au colloque international *Problems of adaptation to climate change* organisé en Russie en novembre 2011 suite à une décision du G8 en 2010. Le processus d'élaboration du Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) a fait l'objet d'une communication (*poster*) et a donné lieu à un article dans la lettre d'information « Climate Change/Izmenenie Klimata », n° 31, du *Roshydromet* (février 2012).

Sur sollicitation du service de l'urbanisme de Polynésie française, l'Onerc a participé à l'organisation du colloque régional « Politiques d'aménagement du littoral dans une perspective d'adaptation au changement climatique » tenu en décembre 2011 et ayant rassemblé 137 participants de différents états insulaires de l'espace Pacifique. Les débats ont permis d'identifier des vulnérabilités actuelles et des bonnes pratiques sans regret pour permettre une adaptation à l'élévation du niveau de la mer. Ces actes sont disponibles en ligne sur le site : <http://www.urbanisme.gov.pf/IMG/html/accueil-effet/colloque/compte-rendu/colloque.pdf>

Dans le cadre du projet Acclimate, l'Onerc participe aux travaux de la Commission de l'océan Indien (COI) visant à l'élaboration d'une stratégie régionale d'adaptation pour les états insulaires de l'ouest de l'océan Indien. La COI est constituée des Comores, des Seychelles, de La Réunion, de Madagascar et de

Maurice. Les travaux, co-financés par le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) l'Agence française de développement (AFD), l'alliance mondiale contre le changement climatique de l'Union européenne (GCCA) et le conseil régional de La Réunion ont permis d'effectuer une revue technique finale du document stratégique en juillet 2012. Ce document sera soumis à l'approbation des États membres à l'automne 2012.

Dans une même logique de collaboration transfrontalière, sur la base d'une problématique commune et d'enjeux similaires, l'Onerc soutient l'initiative du Plan bleu dans le cadre du plan d'action pour la Méditerranée visant à poser les bases d'un travail cohérent et concerté sur l'ensemble du pourtour méditerranéen. Ce projet ambitieux permettra de contribuer aux objectifs de développement durable pour la Méditerranée issue de la convention de Barcelone.

À la demande du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), l'Onerc a procédé à l'analyse technique d'un projet d'adaptation de l'agriculture soumis au fonds.

Par ailleurs, l'Onerc a eu l'occasion de participer à de nombreux échanges bilatéraux formels et informels avec les homologues de la plupart des pays voisins de la France métropolitaine (Royaume-Uni, Suisse) ainsi que quelques pays plus éloignés (Australie, Vietnam) afin de partager les idées et les bonnes pratiques en matière d'adaptation au changement climatique.

Plan national d'adaptation au changement climatique

Le premier Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) a été publié le 20 juillet 2011. Après avoir coordonné son élaboration de 2009 à 2011, l'Onerc est désormais chargé du suivi de la mise en œuvre du plan dans son ensemble ainsi que de l'exécution de plusieurs mesures au sein de différentes fiches thématiques. Ces actions nécessitent un effort de coordination interministériel et interdirections conséquent.

Phase initiale de mise en œuvre

Après six mois d'exécution, de nombreuses actions ont démarré en conformité avec le planning établi. Le suivi effectué par les pilotes de chaque thème a permis à la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) de réaliser un point d'avancement des activités menées par les différents ministères et directions impliqués dans le PNACC. À travers 84 actions réparties sur vingt thèmes, le PNACC établit la feuille de route des actions d'adaptation qui doivent être entreprises sur la période 2011-2015 au niveau national.

Sur les 84 actions prévues, au moins 68 ont démarré depuis juillet 2011 (soit 81 %). Le planning global du PNACC prévoit que 80 actions soient initiées sur la période juillet 2011 à décembre 2012.

Sur les 240 mesures unitaires⁹⁸ prévues, au moins 142 ont démarré (soit 59 %). Le planning global du PNACC prévoit que 215 mesures soient initiées sur la période juillet 2011 à décembre 2012.

Les actions et mesures non comptabilisées sont celles pour lesquelles les éléments concrets n'ont pas été recensés ou bien celles qui n'ont pas encore dé-

98. Les dix actions ne faisant pas l'objet d'une déclinaison en plusieurs mesures sont aussi comptabilisées comme des mesures unitaires pour ce calcul.

marré. Il est ainsi possible que certaines mesures en cours n'aient pas été prises en compte lors de ce premier point d'avancement.

Le point d'avancement après un an de mise en œuvre est en cours de réalisation pour l'automne 2012 sur la base des informations sectorielles collectées par l'Onerc *via* les pilotes de fiches thématiques.

Cette année, deux stagiaires ont appuyé le travail de l'Onerc pour la mise en œuvre des actions du plan. Un premier stagiaire des instituts régionaux d'administration (IRA) s'est penché sur la gouvernance de l'adaptation en France, travaux qui serviront au rapport annuel et à mi-parcours du PNACC. Un second stagiaire de l'université de Paris-Dauphine a travaillé sur les critères de « maladaptation » pour les investissements publics et privés. Ce travail donnera lieu à une note technique de l'Onerc répondant ainsi à une des actions du PNACC.

Suivi et évaluation

Selon les termes du PNACC, le directeur général de l'énergie et du climat est chargé de réunir un comité d'évaluation du Plan d'adaptation. Le comité est composé des représentants de l'administration en charge de l'exécution du Plan, des représentants du comité de suivi du Grenelle Environnement spécialistes des questions d'adaptation ainsi que des représentants de la communauté scientifique. L'installation du comité de suivi a été préparée par l'Onerc en coordination avec les acteurs concernés à la DGEC. Le processus d'évaluation des mesures du PNACC est en cours de définition par le CGDD et l'Onerc en étroite collaboration avec les directions pilotant les fiches thématiques.

Ce comité est chargé de produire un rapport d'évaluation du Plan à mi-parcours fin 2013. Il y fera état des résultats atteints et pourra émettre des recommandations pour l'amélioration de l'exécution des actions, ou proposer des priorités de mise en œuvre pour la fin de la période d'exécution du Plan. Cette évaluation fera également état des actions d'adaptation portées au niveau local dans le cadre des schémas régionaux climat-air-énergie (SRCAE) et des plans climat-énergie territoriaux (PCET), et elle appréciera leur articulation avec les actions du PNACC. Enfin, le comité sera chargé de réaliser une évaluation globale de ce premier plan fin 2015. Le rapport établi servira de base à la réalisation du deuxième plan devant s'appliquer à partir de 2016.

Outils de l'adaptation

Afin d'assurer la fonction d'Observatoire, complémentaire de la fonction de suivi des politiques publiques d'adaptation, l'Onerc participe à de nombreuses initiatives dans le domaine des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation ainsi que dans le domaine amont de science de l'atmosphère. L'Onerc participe notamment :

- au programme de recherche et d'innovation Gestion des impacts du changement climatique (GICC) piloté par le CGDD ;
- aux développements nationaux pilotés par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) (développement d'outils pour les collectivités, stratégie de recherche sur l'adaptation) ;
- aux actions ministérielles et interministérielles relatives à l'adaptation, notamment les échanges avec la presse ;
- à certaines initiatives régionales ou territoriales (en particulier, participation

- aux travaux de la ville de Paris sur la mise à jour de son plan climat) ;
- au suivi des activités des organisations non gouvernementales en matière d'adaptation ;
 - au suivi des éléments traitant d'adaptation au sein des documents de planification régionaux (SRCAE) ;
 - aux travaux de l'Ifrecor dans la définition d'indicateurs du changement climatique *via* la santé des récifs coralliens ;
 - au Club Vitecc⁹⁹ en vue de fournir un éclairage aux acteurs territoriaux de l'adaptation en étant attentif à leurs attentes et besoins.

L'Onerc a participé au suivi ou à l'élaboration de plusieurs dispositifs contribuant directement ou indirectement à l'adaptation au changement climatique comme les dispositifs d'alertes précoces (exemple : Plan canicule), programme d'observation spatiale GMES, définition des services climatiques par le programme GFCS, réflexion de la mission prospective du CGDD.

Le portail de l'adaptation

(<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Impacts-et-adaptation-ONERC-.html>)

Le site Internet de l'Onerc a fait peau neuve fin 2011 et devient un véritable portail pour l'adaptation au changement climatique. Grâce à une page d'accueil rénovée, plus agréable et qui facilite l'accès à l'ensemble des informations, mais aussi au réaménagement de ses rubriques, il ambitionne de devenir l'outil indispensable pour les collectivités, les administrations, les entreprises pour bâtir leurs stratégies et plans d'adaptation. Les améliorations du portail sont continues et intégreront progressivement un accès vers un champ de connaissance en matière d'adaptation au changement climatique qui, *de facto*, croît rapidement, en même temps que l'activité d'adaptation apparaît et se développe en France ou ailleurs.

Les contenus très techniques (bibliographie, base de données, indicateurs) nécessitant l'usage de ressources spécifiques sont regroupés au sein de la partie « données essentielles » du portail.

Base de données des projets de recherche

L'Onerc a mis en ligne à l'automne 2011 une base de données recensant des projets de recherche sur le changement climatique et l'adaptation. Prévus par le PNACC, cette base de données a pour but de faciliter et accélérer la diffusion des résultats de la recherche. Elle rassemble des informations sur des projets de recherche menés actuellement par des équipes françaises ou achevés depuis 2008, portant sur les impacts du changement climatique et l'adaptation à ses effets. Chercheurs, décideurs, ONG, bureaux d'études, grand public... Tous peuvent ainsi mieux connaître la diversité de cette recherche, les laboratoires impliqués, les thèmes abordés et, dans la plupart des cas, accéder aux documents présentant les résultats. L'interrogation de la base peut être affinée par thématiques, zones géographiques, milieux concernés par le projet. Développée en partenariat avec le Groupement d'intérêt scientifique climat-environnement-société (Gis-Climat), cette base est enrichie et régulièrement mise à jour. Les 76 projets présents lors de l'ouverture ont été complétés, la base contient plus de 140 projets en septembre 2012.

99. Fondé en 2008 par la Caisse des dépôts et consignation, Météo-France et l'Onerc.

Le climat de la France au XXI^e siècle

L'Onerc et la DGEC ont publié deux rapports sur les indices climatiques de référence pour le climat futur. Leur objectif est d'aider les collectivités territoriales, services de l'État, bureaux d'études et entreprises dans leurs démarches d'adaptation au changement climatique, en présentant différents scénarios climatiques. Ces données sur les indices climatiques de référence constituent une mise à jour des éléments déjà élaborés en janvier 2011 (volume 1 de la série *Le climat de la France au XXI^e siècle*) dans le cadre la mission confiée à Jean Jouzel. Un premier rapport (volume 2 de la série *Le climat de la France au XXI^e siècle*), coordonné par Yannick Peings¹⁰⁰, présente les projections climatiques avec une résolution de 8 km sur la France métropolitaine. Le deuxième rapport (volume 3 de la série *Le climat de la France au XXI^e siècle*), coordonné par Serge Planton¹⁰¹, présente l'état des connaissances sur l'évolution du niveau marin en France métropolitaine et dans les départements et collectivités d'outre-mer, ainsi que l'influence du changement climatique passé et futur sur ce paramètre. Ils sont naturellement accessibles sur le site www.onerc.gouv.fr.

En complément de ces rapports, le portail *Drias les futurs du climat* (www.drias-climat.fr), ouvert en juillet 2012, offre un accès libre aux dernières avancées de la modélisation sous forme de cartes interactives et de données numériques ainsi qu'un accompagnement pour l'interprétation et la compréhension des données. Le portail *Drias les futurs du climat* a été développé par Météo-France, en collaboration avec les chercheurs des laboratoires français (CERFACS, CNRM-GAME, IPSL) et en étroite association avec des utilisateurs issus de collectivités territoriales, du monde de la recherche, de grands groupes industriels ou de PME, de bureaux d'études ou d'associations. *Drias les futurs du climat*, en facilitant l'accès aux projections climatiques issues de la recherche française, contribue à alimenter en amont les études d'impact avec les données et les éléments d'interprétation les plus pertinents produits en France. Ce portail constitue ainsi un élément majeur du PNACC et un pilier de la fourniture de services climatiques au bénéfice de toute la société. Il permet à chacun de se renseigner, d'évaluer et d'anticiper la manière dont il répondra au climat de demain. À l'occasion de l'ouverture du portail *Drias les futurs du climat*, Météo-France, la direction de la communication du MEDDE et l'Onerc ont organisé un atelier pédagogique à destination de la presse afin de sensibiliser les journalistes à l'interprétation des informations climatiques. L'avancée importante que constitue l'ouverture du portail a été soulignée par une importante couverture médiatique (télévision, radio, presse écrite et Internet). Le portail a bénéficié d'un appui financier du GICC programme ainsi que de la DGEC-Onerc.

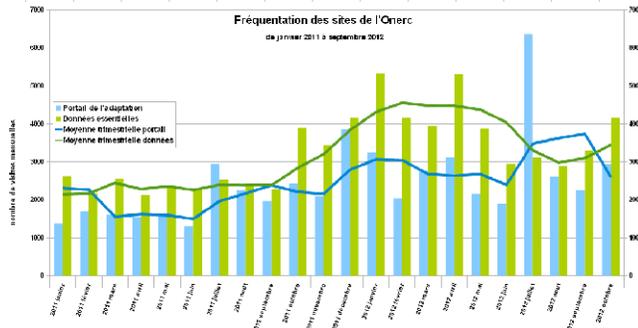
Statistiques de fréquentation Internet

Compte tenu du découplage technique de la partie « données essentielles » par rapport au « portail de l'adaptation », les indicateurs de fréquentation de ces deux parties (« données » et « portail ») sont traitées comme des sites in-

100. Chercheur au Centre national de recherches météorologiques à Météo-France.

101. Directeur de la recherche sur le climat au Centre national de recherches météorologiques à Météo-France.

dépendants. Le diagramme de fréquentation ci-après représente en bleu la fréquentation du « portail » et en vert le sous-site « données ». L'histogramme indique la fréquentation (en nombre de visites mensuelles) alors que les lignes brisées représentent la moyenne glissante sur un trimestre (en nombre de visites mensuelles).



Les données de fréquentation montrent un niveau moyen plus élevé en 2012 qu'en 2011. L'augmentation annuelle moyenne est voisine de 40 % pour les deux parties du site. De manière générale, la fréquentation du « portail » est inférieure à la fréquentation des « données » à deux exceptions près : juillet 2011 et juillet 2012. En effet, lors de ces deux mois on eu lieu des événements à forte visibilité médiatique accompagnés d'actions de communication spécifiques. En juillet 2011, il s'agit de conférences de presse de la ministre organisées à l'occasion de la réunion des auteurs du groupe I du Giec en France et à l'occasion du lancement du PNACC. En 2012, l'importante couverture médiatique associée au lancement du portail *Drias les futurs du climat* a produit un triplement de la fréquentation du portail de l'adaptation.

Le communiqué de presse publié à l'occasion de la mise en ligne de la base de données de projets de recherche en décembre 2011 a aussi eu des effets perceptibles en terme de fréquentation. Mais, contrairement aux actions de communication précédentes, cela s'est aussi traduit par une augmentation pour la partie « données » qui contient la base.

Information, formation et communication

Afin que chacun puisse appréhender et mesurer le défi que représente l'adaptation au changement climatique, l'Onerc assure la fonction d'information et de communication sur ce sujet en étroite collaboration avec la direction de la communication (Dicom) du ministère du Développement durable. Ces actions visent tous les publics par l'intermédiaire de différents supports dont certains sont présentés ci-après. L'Onerc apporte son soutien en matière de réalisation de support d'information sur l'adaptation au changement climatique pour différentes structures (services déconcentrés du MEDDE, administrations centrales d'autres ministères, supports de communication interne au MEDDE, presse généraliste et spécialisée).

Rapports

Le rapport annuel 2011 de l'Onerc présente les principes ayant guidé l'élabora-

tion du premier « Plan national d'adaptation au changement climatique », entré en vigueur en juillet 2011, et décrit les 84 actions qui le composent. Il contient également les interventions de la table ronde « 10 ans de lutte contre le changement climatique » organisée en novembre 2011 par l'Onerc, retraçant la genèse de l'adaptation en France telle que vécue par les acteurs principaux de la mise en place de cette politique.

La stratégie nationale d'adaptation au changement climatique publiée en 2006 a été traduite et publiée en langue anglaise au printemps 2012. Ceci permet de faire connaître les activités de la France au-delà des zones francophones et facilite les échanges internationaux sur le sujet.

Lettre trimestrielle aux élus

La lettre aux élus, publiée depuis décembre 2009, est désormais diffusée à plus de 5 000 destinataires sous forme papier et plus de 300 destinataires sous forme numérique. Le numéro 11, publié en janvier 2012, traite du thème des risques naturels. Le numéro suivant, publié en avril 2012, est consacré à une mise en perspective d'actions d'adaptation au cours de la première décennie du XXI^e siècle. Le thème de l'eau est abordé dans le numéro 13 de juillet 2012. Enfin, le numéro 14 traite du thème de la santé.

L'abonnement à la lettre aux élus est libre sur simple demande auprès de l'Onerc à l'adresse suivante : Onerc@developpement-durable.gov.fr

Sélection d'informations thématiques (newsletter)

Depuis 2009, l'Onerc diffuse, tous les deux mois, une lettre d'information thématique à son réseau d'experts et de correspondants contribuant à la production d'indicateurs du changement climatique. Initialement, cette lettre d'information portait sur l'actualité de l'Onerc et de son réseau. Puis, la mise en place progressive d'une veille – avec le concours du GIP Ecofor – portant sur les impacts du changement climatique et l'adaptation à ses effets (actualités, publications et événements) a permis d'enrichir son contenu. La lettre d'information contient une sélection d'une vingtaine de liens Internet classés selon les catégories « actualité », « publications » et « manifestations » ainsi que quelques informations relatives à l'observatoire. La diffusion de ce support ne concernait qu'une cinquantaine de destinataires jusqu'au printemps 2012 lors de l'extension de la diffusion. Plus de 600 personnes se sont inscrites volontairement depuis et l'audience continue de croître à chaque diffusion.

L'abonnement la lettre d'information thématique est libre sur simple demande auprès de l'Onerc à l'adresse suivante : Onerc@developpement-durable.gov.fr

Exposition pédagogique itinérante

L'Onerc dispose, depuis 2006, de deux jeux complets d'une exposition sur l'adaptation au changement climatique. Cette exposition pédagogique itinérante, composée de treize panneaux autoportants, est mise à disposition gratuitement (sous réserve de prendre en charge les frais de transport et l'assurance des panneaux) sur simple demande à l'Onerc. Sur la période de novembre 2011 à septembre 2012, une trentaine de sollicitations se sont traitées par cent quarante-neuf jours d'exposition au total répartis selon six lieux

différents. Une diffusion numérique au format « pdf » a aussi eu lieu.

La réservation de l'exposition itinérante est libre sur simple demande auprès de l'Onerc à l'adresse suivante : Onerc@developpement-durable.gouv.fr

Adaptation et acteurs privés

L'Onerc a réalisé cette année plusieurs présentations à destination d'acteurs privés et de réseaux d'entreprises pour présenter les enjeux de l'adaptation pour les acteurs économiques et les implications du PNACC (réseau Agrion, Journée mondiale pour un tourisme responsable, etc.).

L'Onerc participe également à un cycle de conférences sur les actions d'adaptation entamée par les entreprises françaises piloté par entreprises pour l'environnement (EPE) et qui aboutira à une publication conjointe.

Actions de formation

Une session de sensibilisation sur les enjeux et les coûts de l'adaptation a été réalisée auprès d'une centaine d'agents des ministères du Développement durable et de l'Économie dans le cadre du cycle de formation « Défi Climat » en janvier 2012.

Les indicateurs du changement climatique

Les vingt-cinq indicateurs du changement climatique présent sur le site de l'Onerc, sont mis à jour tous les ans ou tous les deux ans pour la plupart en fonction de la disponibilité des données d'origines. Au printemps 2012, l'indicateur élaboré par l'association Moraine sur la base du suivi rigoureux du glacier d'Ossoue, dans le massif du Vignemale, a permis de publier deux photos prises à 100 ans d'intervalle (1911-2011). Depuis 1911, ce glacier s'est raccourci de 540 mètres. En 100 ans, sa superficie est passée d'environ 110 à 45 ha, soit une perte de surface de 59 %. Au cours des dix dernières années, le glacier d'Ossoue a perdu l'équivalent de 15,8 mètres d'épaisseur sur l'ensemble de sa surface.

ANNEXE 3 – SIGLES ET ACRONYMES

ACP	Afrique Caraïbe Pacifique (Convention de Lomé)
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFD	Agence française de développement
ALADIN	Aire limitée, adaptation dynamique, développement international (modèle numérique de Météo-France)
ARPEGE	Action de recherche petite échelle grande échelle (modèle numérique de Météo-France)
ARS	Agence régionale de santé
ASG	Adaptation Steering Group (DG Clima)
BEST	Biodiversité, écosystèmes et les services écosystémiques dans les territoires d'outre-mer européens
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CARICOM	Communauté caribéenne
CCCCC	Centre sur le changement climatique de la Communauté caribéenne
CEP	Contrat d'étude prospective (pêche)
CES	Conseil économique et social
CESE	Conseil économique, social et environnemental
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CETMEF	Centre d'études techniques maritimes et fluviales
CGDD	Commissariat général au Développement durable
CHSP	Centre d'hygiène et de salubrité publique
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CIRE	Cellule interrégionale d'épidémiologie
CNRM	Centre national de recherches météorologiques
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CO ₂	Dioxyde de carbone
COI	Commission de l'océan Indien
COM	Collectivités d'outre-mer
CRES	Comité régional d'éducation pour la santé
CRPM	Conférence des régions périphériques maritimes
CRVOI	Centre de recherche et de veille sur les maladies émergentes de l'océan Indien
DCP	Dispositif de concentration des poissons
DG Clima	Directorate-General for Climate Action

DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DICRIM	Document d'information communal sur les risques majeurs
DOM	Département d'outre-mer
DR	Direction régionale
DRIAS	Donner accès aux scénarios climatiques régionalisés français pour l'impact et l'adaptation de nos sociétés et environnements
DROM	Département et région d'outre-mer
ENSO	<i>El Niño/La Niña Southern Oscillation</i>
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
F CFP	Franc pacifique
FFEM	Fonds français pour l'environnement mondial
GCCA	Global Campaign for Climate Action
GES	Gaz à effet de serre
GICC	Gestion et impacts du changement climatique
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, en anglais)
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
IDDRI	Institut du développement durable et des relations internationales
IEDOM	Institut d'émission des départements d'outre-mer
IFRECOR	Initiative française pour les récifs coralliens
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
INPES	Institut national de prévention et d'éducation pour la santé
INRA	Institut national de recherche agronomique
InVS	Institut de veille sanitaire
IPSL	Institut Pierre-Simon-Laplace (institut de recherches en sciences de l'environnement)
IRD	Institut de recherche pour le développement
ISEE	Institut de la statistique et des études économiques (Nouvelle-Calédonie)
ISPF	Institut de la statistique de la Polynésie française
LIENSs	Littoral Environnement Sociétés, UMR CNRS 7266, Université de la Rochelle
LMDZ	Modèle climatique du Laboratoire de météorologie dynamique
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
MEP	Ministère de l'Environnement de Polynésie française
MWh	Mégawatt-heure
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle

MSC	<i>Marine stewardship council</i>
OCMB	Organisation commune du marché de la banane
OIP	Oscillation Pacifique inter-décennale
OMM	Organisation mondiale de la météorologie
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONERC	Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique
ONF	Office national des forêts
OMT	Organisation mondiale du tourisme
ONG	Organisation non gouvernementale
PAC	Politique agricole commune
PCEM	Plan climat-énergie de la Martinique
PCET	Plan climat-énergie territorial
PCS	Plan communal de sauvegarde
PER	Plan énergétique régional (Guyane)
pH	Potentiel hydrogène
PLU	Plan local d'urbanisme
PNACC	Plan national d'adaptation au changement climatique
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
POS	Plan d'occupation des sols
PREPURE	Plan régional des énergies renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie (Guadeloupe)
PROE	Programme régional océanien pour l'environnement
PRSP	Plan régional de santé publique
PPR	Plan de prévention des risques
RCP	<i>Representative concentration pathway</i>
RN	Route nationale
RTAA	Réglementation thermique, acoustique et aération
SAU	Surface agricole utile
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la marine
SoeS	Service de l'observation et des statistiques
SPC	Secrétariat de la Communauté du Pacifique
SRADDT	Schéma régional d'aménagement et de développement durable des territoires
SRCAE	Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie
SREPS	Schéma régional d'éducation pour la santé
TAAF	Terres australes et antarctiques françaises

TAC	Taux autorisé de capture
TED	<i>Turtle excluder device</i> (équipement de filet de pêche)
Tom	Territoire d'outre-mer (TAAF et îles Éparses)
TVB	Trame verte et bleue
UE	Union européenne
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
ULR	Université libre de La Rochelle
UMR	LIENSs Unité mixte de recherche – Littoral, environnement et sociétés
Unesco	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
ZCIT	Zone de convergence intertropicale
ZEE	Zone économique exclusive

ANNEXE 4 – CONTRIBUTEURS ET REMERCIEMENTS

Ce document a été réalisé sous la direction de Pierre-Franck Chevet, directeur de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique et Nicolas Beriot, secrétaire général.

Auteurs principaux

Virginie Duvat, UMR LIENSs (CNRS/université libre de la Rochelle)

Alexandre Magnan, IDDRI

Gabrielle Mossot, UMR LIENSs (CNRS/université libre de la Rochelle)

Michel Galliot, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Sylvain Mondon, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Bertrand Reysset, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Contributeurs thématiques

Michel Allenbach, université de Nouvelle-Calédonie

Aurélie Bocquet, UICN

François Bonnardot, Direction régionale La Réunion, Météo-France

Philippe Dandin, Direction de la climatologie, Météo-France

Philippe Palany, Direction interrégionale Antilles-Guyane

Marc Pontaud, Météo-France

Michel Porcher, IFRECOR

Dario Zilli, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Personnes ayant contribué à la relecture

Vincent Bourcier, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Daniel Delalande, Direction générale de l'énergie et du climat

Jérôme Duvernoy, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Younous Omarjee, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Remerciements

Virginie Duvat, Alexandre Magnan et Gabrielle Mossot adressent leurs vifs remerciements à l'ensemble des chercheurs et des chargés de mission qui les ont conseillés, notamment dans la collecte de la documentation : Valérie Angeon, Brice Anselme, Dominique Augier, Raphaël Billé, Aurélie Bocquet, Ludovic Breau, Olivier Dehoorne, Samuel Étienne, Gilles Fedière, Tekau Frère, Jean-Christophe Gay, Anne-Claire Goarant, Gonéri Le Cozannet, Bruno Locatelli, Frédéric Léone, Cédric Marteau, Harry Ozier-Lafontaine, Mathieu Péroche, Nicolas Sanz, Jean-François Soussana, Sébastien Treyer.