

**Initiative de financement et d'évaluation des risques
dans le Sud-Ouest de l'océan Indien (SWIO-RAFI,
*Southwest Indian Ocean Risk Assessment and
Financing Initiative*) :**

Composante 4 – Profils de risque

Rapport FINAL soumis à la Banque mondiale

29 juillet 2016

Copyright

2016 AIR Worldwide Corporation. Tous droits réservés.

Marques

AIR Worldwide est une marque déposée dans l'Union européenne.

Confidentialité

AIR investit des ressources considérables dans le développement de ses modèles, méthodologies de modélisation et bases de données. Ce document contient des informations propriétaires et confidentielles qui sont destinées à l'usage exclusif des clients d'AIR soumis aux restrictions des clauses de confidentialité énoncées dans la licence et autres accords de confidentialité.

Coordonnées

Si vous avez des questions concernant ce document, veuillez contacter :

AIR Worldwide Corporation
388 Market Street, Suite 750
San Francisco, CA 94111
États-Unis
Tél. : (415) 912-3111
Fax : (415) 912-3112



Table des matières

Résumé.....	1
1 Introduction	2
1.1 Limites.....	3
2 Modélisation probabiliste de risque	4
2.1 L'aléa	4
2.2 Exposition.....	5
2.3 Aspects techniques	5
2.4 Pertes financières	6
2.4.1 Pertes financières historiques	8
2.4.2 Validation de pertes financières.....	9
3 Profils de risque	13
3.1 Les Comores.....	14
3.2 Madagascar	19
3.3 L'île Maurice.....	24
3.4 Seychelles.....	29
3.5 Zanzibar	34
4 Incertitude en matière de risque et potentiel de changement à l'avenir	39
5 Références.....	41
Annexe A : Développement de la fonction « dommages ».....	42
À propos d' AIR Worldwide Corporation	54

Table des figures

Illustration 1: cadre général de modélisation du risque de catastrophe d'AIR.....	4
Illustration 2: Spécimens de fonctions de vulnérabilité SOOI pour (a) les vents de cyclone tropical ; (b) les inondations de précipitations de cyclone tropical ; (c) les inondations causées par une marée de tempête de cyclone tropical ; et (d) les secousses sismiques.....	6
Illustration 3: Pertes de cyclone tropical modélisées ou reportées	10
Illustration 4: distribution des pertes annuelles moyennes aux Comores par secteur (à gauche) et par péril (à droite).....	14
Illustration 5: distribution spatiale des pertes annuelles moyennes aux Comores par région administrative 2 (c'est-à-dire, circonscription préfectorale).....	14
Illustration 6: distribution des pertes annuelles moyennes pour les Comores résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes	15
Illustration 7: périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes aux Comores.....	18
Illustration 8: Distribution des pertes annuelles moyennes à Madagascar par secteur (à gauche) et par péril (à droite).....	19
Illustration 9: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes à Madagascar par région administrative 2 (c'est-à-dire, région).....	19
Illustration 10: Distribution des pertes annuelles moyennes pour Madagascar résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes	20
Illustration 11: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes à Madagascar.	23
Illustration 12: Distribution des pertes annuelles moyennes à Maurice par secteur (à gauche) et par péril (à droite).....	24
Illustration 13: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes à Maurice par région administrative 2 (c'est-à-dire, région).....	24

Illustration 14: Distribution des pertes annuelles moyennes pour Maurice résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes	25
Illustration 15: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes à Maurice	28
Illustration 16: Distribution des pertes annuelles moyennes aux Seychelles par secteur (à gauche) et par péril (à droite).....	29
Illustration 17: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes aux Seychelles par région administrative 2 (c'est-à-dire, région).....	29
Illustration 18: Distribution des pertes annuelles moyennes pour les Seychelles résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes	30
Illustration 19: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes aux Seychelles.....	33
Illustration 20: Distribution des pertes annuelles moyennes à Zanzibar par secteur (à gauche) et par péril (à droite).....	34
Illustration 21: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes à Zanzibar par région administrative 2 (c'est-à-dire, district).....	34
Illustration 22: Distribution des pertes annuelles moyennes pour Zanzibar résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes	35
Illustration 23: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes à Zanzibar.....	38
Figure A.1. Exemples de fonctions de dommages causés aux bâtiments par le vent (à gauche) et les séismes (à droite).....	42
Illustration A.2. Exemple de matrice de construction-occupation.....	49
Illustration A.3. Validation des fonctions de dommages causés par les vents de cyclone tropical pour le SOOI par rapport à d'autres régions similaires pour les constructions en bois, en terre traditionnelles, en béton/maçonnerie et d'autres types.	50

Illustration A.4. Validation des fonctions de dommages causés par les secousses sismiques pour le SOOI par rapport à d'autres régions similaires pour les constructions en bois, en terre traditionnelles, en béton/maçonnerie et d'autres types. 50

Illustration A.5. Exemples de fonctions de dommage causé à infrastructure par les secousses sismiques et les vents associés aux cyclones tropicaux 51

Liste des tableaux

Tableau 1 : relation entre périodicité moyenne et probabilité de dépassement.....	7
Tableau 2 : pertes déclarées liées aux cyclones tropicaux et inondations pour les États insulaires du SOOI concernés	8
Tableau 3 : pertes déclarées liées aux séismes pour les États insulaires du SOOI concernés.....	8
Tableau 4 : Comparaison des pertes annuelles moyennes d'AIR et de l'UNISDR/du rapport <i>Réduction des risques de catastrophe: bilan mondial</i> , ainsi que de résultats de pertes occasionnées par les vents de cyclone tropical pour des périodicités choisies	12
Tableau 5 : Comparaison des pertes annuelles moyennes d'AIR et de l'UNISDR/du rapport <i>Réduction des risques de catastrophe: bilan mondial</i> , ainsi que de résultats de pertes occasionnées par les séismes pour des périodicités choisies.....	12
Tableau 6 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour les Comores	17
Tableau 7 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour Madagascar.....	22
Tableau 8 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour Maurice	27
Tableau 9 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour les Seychelles	32
Tableau 10 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour Zanzibar	37
Tableau A.1. Galerie de photographies du parc immobilier dans le sud-ouest de l'océan Indien.....	44

Résumé

L'Initiative de financement et d'évaluation des risques dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien (SWIO RAFI) a été établie à la demande de la Commission de l'océan Indien (COI), pour le compte des Comores, de Madagascar, de Maurice, des Seychelles et de Zanzibar. L'objectif de SWIO RAFI est d'accroître la résilience et de développer les capacités des États insulaires par l'élaboration de stratégies de financement du risque catastrophique. L'une des composantes essentielles de cet effort implique la quantification du risque propre au site lié aux inondations, séismes et cyclones tropicaux, ainsi qu'aux aléas secondaires des marées de tempête et tsunamis.

Ce rapport décrit en détail la Composante 4 du projet, qui inclut l'élaboration de modèles de pertes financières et la génération de profils de risque pour chaque nation insulaire, et notamment un aperçu du cadre de modélisation des pertes financières, des annexes de validation de pertes et des profils de risque pour chaque État insulaire. Le modèle de pertes financières requiert un rapport technique entre intensité d'aléa et estimations de dommages pour l'exposition concernée. À cette fin ont été développées des fonctions régionales de dommage et de vulnérabilité pour les types de construction et d'occupation les plus fréquents dans la région sud-ouest de l'océan Indien. Ces fonctions ont été intégrées au aléa et à l'exposition développés respectivement dans les 1^{ère} et 2^{ème} composantes pour calculer les pertes financières attendues pour chaque aléa modélisé.

AIR génère des distributions statistiques de sinistres au premier dollar en utilisant le sinistre modélisé pour chaque événement des catalogues d'aléas stochastiques. Ces résultats probabilistes sont ensuite utilisés pour calculer des mesures de sinistre significatives, telles que les pertes annuelles moyennes (*Average Annual Loss*, AAL), les probabilités de dépassement de pertes (*Exceedance Probabilities*, EP) et les pertes correspondant à une périodicité spécifique (*Mean Return Period*, MRP). Chaque profil de risque de nation insulaire comporte des pertes financières au premier dollar agrégées pour trois degrés d'administration : région admin. 0 (c'est-à-dire, échelon national), région admin. 1 (îles, régions, etc.) et région admin. 2 (provinces, districts, etc.). Les profils de risque incluent les distributions des pertes annuelles moyennes (AAL) par secteur, aléa et région admin. 2, ainsi que le total national et les probabilités de dépassement de pertes liées à une urgence. Les principaux produits de la Composante 4 sont des fichiers de données de profil de risque qui sont fournis en addendum numérique au présent rapport. Un résumé du développement de la fonction « vulnérabilité » est également présentée en Appendice A.

1 Introduction

Le module de perte financière est une composante finale intégrale de tous les modèles développés par AIR. Les estimations de pertes générées par les modèles de catastrophe naturelle développés par AIR pour la région sud-ouest de l'océan Indien sont utilisés pour créer des profils de risque, qui sont de produit ultime de la Composante 4. Conformément au mandat défini par la Banque mondiale, la Composante 4 inclut, pour chaque nation insulaire du sud-ouest de l'océan Indien, les principaux objectifs ci-après :

- des catalogues d'aléa constitués d'événements synthétiques représentant 10 000 ans d'activité de péril. Les périls devraient être constitués par une inondation, un cyclone tropical ou un séisme, et inclure les périls secondaires représentés par les marées de tempête et les tsunamis¹.
- Un ensemble de tables événement-perte, basées sur un catalogue stochastique de 10 000 ans, indiquant le sinistre total au premier dollar et la perte pour les administrations publiques en liaison avec l'urgence pour l'État insulaire, des îles individuelles au sein d'un État et des régions administratives de niveau un. Les tables événement-perte devraient comporter une chronologie, de manière à permettre l'agrégation des pertes dans les tables annuelles de perte.
- Un profil de risque pour chaque État insulaire dans son ensemble et pour les régions administratives de niveau un. Le profil devrait résumer l'exposition et le risque liés aux périls, individuellement et dans leur ensemble, à partir des deux perspectives (sinistre total au premier dollar et perte pour les administrations publiques en liaison avec l'urgence). Le profil devrait comporter :
 - des courbes de probabilité de dépassement de pertes ;
 - une table des pertes par périodicité ;
 - un résumé de l'exposition et des actifs.²
 - un résumé des coûts de construction.³
 - une analyse des facteurs de risque de chaque pays.

Ce rapport fait office de résumé de la Composante 4, qui est centrée sur l'utilisation de méthodes de pointe de modélisation de risque de catastrophe pour développer des profils de risque pour les cyclones tropicaux (vent, inondations dues aux précipitations et marée de tempête), inondations dues aux précipitations dues aux cyclones extratropicaux et secousses sismiques dans la région du SOOI. Les impacts d'événements historiques sur les personnes et actifs des États insulaires de la région du SOOI ont été étudiés afin de comprendre l'importance des conséquences préjudiciables d'éventuels événements futurs. Pour estimer les pertes monétaires pour chaque État insulaire ont été réalisées des simulations de 10 000 ans de cyclones tropicaux potentiels, ainsi que des inondations côtières et dues aux précipitations, de cyclones extratropicaux et d'activité sismique. Si d'autres aléas, tels que les

¹ Des catalogues de aléa sont fournis avec la Composante 1 ; pour plus d'information, consulter le rapport technique de la Composante 1.

² des valeurs d'exposition et d'actifs sont fournies avec la Composante 2 ; pour plus d'information, consulter le rapport technique de la Composante 2 ;

³ un résumé des coûts de construction est fourni avec la Composante 2 ; pour plus d'information, consulter le rapport technique de la Composante 2 ;

séismes et tsunamis, ont été pris en compte, d'un point de vue qualitatif, dans l'évaluation d'aléas pour le SOOI réalisés dans les Composantes 1 et 3, ces périls ne constituent pas un facteur dans la création des profils de risque financier⁴. Les profils de risque présentés ici peuvent être utilisés pour améliorer la résilience des États insulaires du SOOI par rapport aux aléas naturels modélisés. En outre, diverses composantes de l'étude peuvent être utilisées pour élargir l'évaluation afin d'inclure d'autres aléas, comme et lorsque nécessaires.

Ce rapport présente en détail divers aspects de la méthodologie d'évaluation de risque catastrophique d'AIR, qui sont abordés dans les sections suivantes. Si tous les modules sont résumés dans ce rapport, l'objectif principal est de présenter le module « pertes » et les profils de risque pour chaque État insulaire du SOOI. Bien que des modules spécifiques de modèles AIR existants aient été modifiés ou redéveloppés aux fins de la présente étude, pour des motifs de concision aussi bien que de confidentialité, aucune discussion de modèles de pertes existant ne figure dans ce rapport.

1.1 Limites

Les résultats concernant les pertes financières et les profils de risque résumés dans ce rapport ont vocation à être utilisés par les autorités publiques des États insulaires du SOOI et la Banque mondiale pour mieux comprendre le risque associé aux catastrophes naturelles. L'utilisation appropriée de ces informations exige la reconnaissance et la compréhension des limites de leur champ d'application et de la méthodologie de l'ensemble de l'étude.

Le champ d'application des services rendus au cours de cette évaluation ne peut répondre adéquatement aux besoins des autres utilisateurs, et toute réutilisation (ou non-utilisation) de ce rapport, ou des constatations, des conclusions et des recommandations présentées ici, est au propre risque de l'utilisateur. Nos conclusions et recommandations reposent sur notre avis professionnel, notre expérience et notre jugement en matière d'ingénierie, les analyses effectuées au cours de l'étude, les informations et les données disponibles dans la littérature et celles fournies par la Banque Mondiale et différents organismes locaux sont établies conformément aux normes professionnels actuels.

⁴ L'évaluation qualitative de la susceptibilité aux glissements de terrain aux Comores et aux inondations causées par un tsunami dans la région du Sud-Ouest de l'Océan Indien (SOOI) ne prend en compte ni la fréquence ni l'intensité associées aux événements individuels, toutes deux nécessaires à une analyse probabiliste de perte. Si la Composante 3 inclut également une modélisation d'inondation pluviale à Zanzibar, le modèle d'inondation développé pour l'ensemble des États insulaires du SOOI et Zanzibar n'est donc pas envisagé de manière distincte.

2 Modélisation probabiliste de risque

Dans cette section est présenté un aperçu de la méthodologie adoptée par AIR pour le développement des modèles probabilistes de catastrophe et des profils de risque de la SWIO RAFI. Le cadre général de modélisation probabiliste du risque est illustré dans l'illustration 1, et regroupe quatre composantes principales : l'aléa, l'exposition, les aspects techniques et les pertes financières.

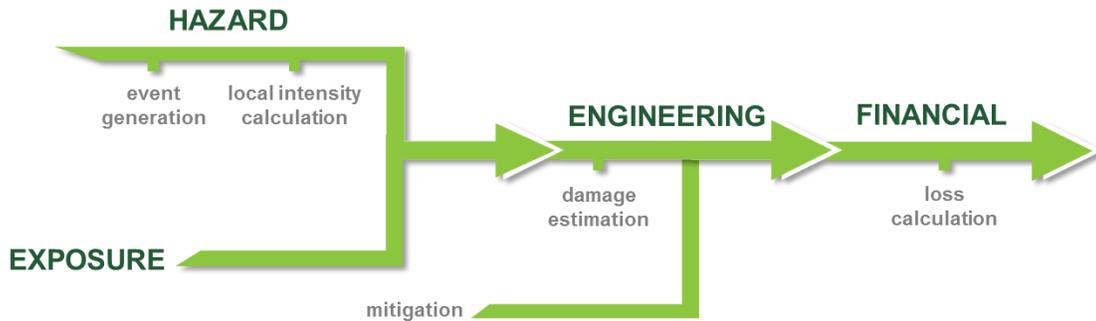


Illustration 1: cadre général de modélisation du risque de catastrophe d'AIR

2.1 L'aléa

Le module d'aléa du projet SWIO RAFI inclut une évaluation probabiliste d'aléa de séisme, de cyclone tropical, ainsi que d'inondation, provoquée par des précipitations associées et côtière, mais également de cyclone extratropical, pour l'ensemble de la région. Ces modèles reposent sur des informations régionales relatives à des paramètres d'événements historiques, à des propriétés physiques (par exemple, l'occupation des sols, la couverture des sols, la topographie), et sur des relevés historiques d'intensité (par exemple, de vitesse du vent, de pluies, de hauteur d'inondation). À partir de ces informations historiques, AIR dresse des catalogues stochastiques d'événements, qui regroupent 10 000 années simulées d'activité événementielle, et permettent de déterminer la probabilité de dépassement de divers niveaux d'intensité d'aléa en un lieu donné du domaine modélisé. Les productions du module d'aléa soulignent les calculs de risque sous-jacents pour chaque État insulaire. Le module d'aléa fournit en outre une évaluation déterministe de zones à risque de tsunami dans la région et de risque de glissement de terrain aux Comores, qui ne sont pas pris en compte dans les profils de risque financier. Des calculs d'intensité d'aléa sont fournis, pour l'ensemble de la région, sur une grille d'une résolution de 30 secondes d'arc (environ 1 km). Le module d'aléa a été développé dans les Composantes SWIO RAFI 1 et 3. Pour plus d'information, reportez-vous à la documentation jointe à la Composante 1⁵.

⁵ La Composante 3, qui prend en compte l'aléa représenté par les glissements de terrain aux Comores et les inondations pluviales à Zanzibar, est incluse dans le rapport de la Composante 1 et les fichiers données associés.

2.2 Exposition

Le module exposition est constitué de bases de données décrivant les caractéristiques physiques de l'environnement bâti de chaque État insulaire. Des données relatives aux nombres d'immeubles, aux types de construction et d'occupation, aux classifications de hauteur et à la répartition des populations sont comprises dans le modèle d'exposition. Les bases de données d'exposition font office de socle pour les estimations de pertes modélisées, que ce soit pour des événements simulés à partir d'un catalogue stochastique, pour ré-analyser des événements historiques ou pour analyser des événements contemporains se déroulant en temps réel. La base de données d'exposition SWIO RAFI connaît 13 types de construction, 18 types d'occupation et 3 catégories de hauteur ; elle est agrégée à une grille d'une résolution de 30 secondes d'arc (environ 1 km). Le module d'exposition a été développé dans la Composante SWIO RAFI 2. Pour plus d'information, reportez-vous à la documentation jointe à la Composante 2.

2.3 Aspects techniques

Le module technique est constitué de fonctions de vulnérabilité mettant en rapport l'intensité d'aléa et les niveaux de dommage pour chaque paire construction-occupation contenue dans la base de données d'exposition. Ces niveaux de dommage, ou ratios moyens de dommage (*Mean Damage Ratio*, MDR), correspondent au pourcentage de la valeur totale de remplacement d'une structure endommagée lors d'un événement. Ainsi, un RMD de 1 indique-t-il que le pourcentage de la valeur d'une structure qui a été endommagée est de 100 %, et que le coût de sa reconstruction correspondra à l'intégralité de la valeur initiale. Des spécimens de fonctions de dommage SOOI pour le vent de cyclone tropical, une inondation imputable aux précipitations, une inondation causée par une marée de tempête et l'intensité d'une secousse sismique sont présentés dans l'illustration 2. Le module de dommage tire parti des fonctions de vulnérabilité qui ont été développées spécifiquement pour la région du Sud-Ouest de l'Océan Indien (SOOI) sur la base d'une recherche consacrée aux pratiques locales de construction, des codes du bâtiment en vigueur, d'analyses techniques, de comptes rendus de dommages historiques et d'appréciations techniques d'experts. Des fonctions de dommage ont été développées pour les périls représentés par les vents, inondations et marée de tempête de cyclone tropical, les inondations causées par les cyclones extratropicaux et les secousses sismiques en termes de valeurs d'intensité consignées dans la documentation de la Composante 1. Le module technique a été développé dans la Composante SWIO RAFI 4. Pour plus d'information, reportez-vous à l'Appendice A du présent rapport.

Le module technique peut également être utilisé pour évaluer l'impact des mesures d'atténuation des dommages, telles que des contrevents contre les cyclones tropicaux, des systèmes de protection contre l'inondation ou des systèmes d'isolation sismique. Si des mesures d'atténuation ne sont pas comprises dans cette enquête, des enquêtes ultérieures pourront tirer parti de cette fonctionnalité, par exemple, pour quantifier les bénéfices en termes monétaires de l'amélioration des pratiques de construction ou de la mise en œuvre d'un code national du bâtiment.

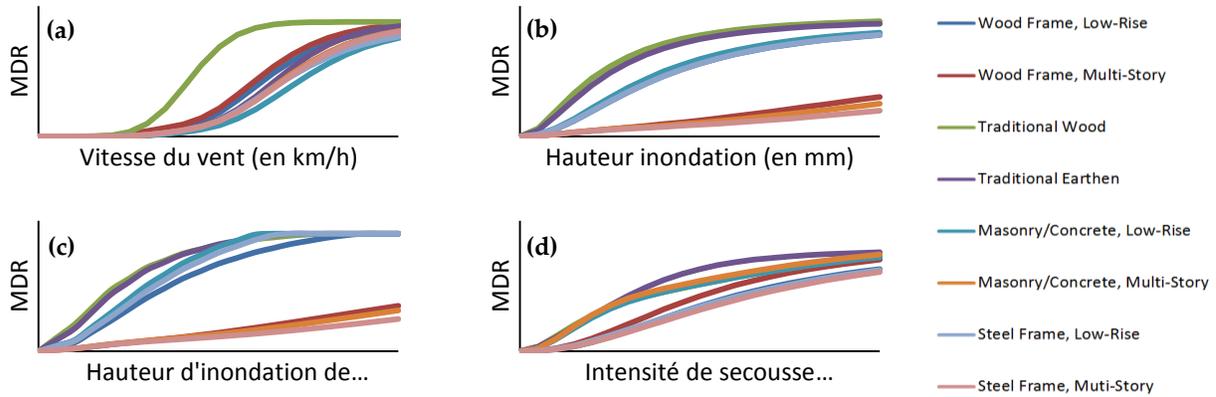


Illustration 2: Spécimens de fonctions de vulnérabilité SOOI pour (a) les vents de cyclone tropical ; (b) les inondations de précipitations de cyclone tropical ; (c) les inondations causées par une marée de tempête de cyclone tropical ; et (d) les secousses sismiques⁶

2.4 Pertes financières

Le module de pertes financières combine les données des modules d'aléa, d'exposition et d'ingénierie pour générer des estimations probabilistes de pertes financières. Le module financier calcule les pertes distribuées dans l'espace pour chaque événement du catalogue stochastique et agrège par la suite l'ensemble des pertes obtenues par simulation stochastique pour générer des statistiques utiles. Les pertes financières en résultant sont associées à de multiples probabilités de dépassement offrant des visions différentes du risque pour des points d'exposition particuliers, des régions administratives ou des états insulaires dans leur ensemble. Ces résultats peuvent, par exemple, être utilisés pour déterminer qu'il existe une probabilité de 10 % que la perte subie par une région administrative (par exemple, une province) soit dépassée au cours de la décennie à venir. Ces pertes sont également présentées en termes de périodicité moyenne (*Mean Return Period, MRP*), qui est l'inverse de la probabilité de dépassement (*Exceedance Probability, EP*) de pertes, et qui représente l'intervalle moyen de récurrence pour une perte au premier dollar modélisée.

Des résultats de périodicité moyenne et de probabilité de dépassement sont obtenus au moyen de la perte pour chaque événement simulé lors de chaque année modélisée. Comme dans les archives historiques, certaines années modélisées peuvent comporter plusieurs événements, et d'autres un événement unique, voire aucun événement. Les pertes modélisées de chaque année sont alors classées de la plus élevée à la plus basse, et les pertes annuelles sont calculées soit sous forme de *perte de sinistre* (c'est-à-dire, sur la base de l'événement le plus important lors de chaque année modélisée), soit de *perte agrégée* (c'est-à-dire, sur la base de la somme de toutes les pertes d'événement de chaque année modélisée). Enfin, la probabilité de dépassement correspondant à chaque perte (de sinistre ou agrégée) est calculée en divisant le rang de l'année de la perte par le nombre d'années du catalogue. Ainsi, dans le cas d'un catalogue de 10 000 ans, la probabilité de dépassement de l'événement dont le classement est le plus élevé (perte la

⁶ Les axes horizontaux et verticaux ont été supprimés des fonctions de dommage pour protéger des données AIR exclusives.

plus élevée) serait de 0,0001 (1/10 000), soit une probabilité de dépassement annuelle de 0,01 % ; la probabilité de dépassement de l'événement arrivant au 20^{ème} rang serait de 0,002 (20/10 000), soit une probabilité de dépassement annuelle de 0,40 % ; et la probabilité de dépassement de l'événement arrivant au 100^{ème} rang serait de 0,01 (100/10 000), correspondant à une probabilité de dépassement annuelle de 1,00 %. Ainsi qu'indiqué précédemment, la périodicité moyenne d'un niveau de perte est égale à l'inverse de la probabilité de dépassement : Par exemple, des probabilités de dépassement de 0,01 %, 0,20 % et 1,00 % correspondent à des périodicités moyennes respectives de 10 000, 500 et 100 ans.

La perte annuelle moyenne (*Average Annual Loss, AAL*) est la valeur moyenne d'une distribution de probabilité de dépassement de perte. La perte annuelle moyenne est une mesure à long terme d'une perte qui, en moyenne, peut être attendue annuellement. Elle est calculée en résumant la totalité des estimations de pertes agrégées pour chaque année, pour l'ensemble des événements du catalogue stochastique, et en divisant le total par le nombre d'années prises en compte par le catalogue. Ainsi, si la totalité des pertes générées avec un catalogue de 10 000 ans s'élève à 1 000 m USD, la perte annuelle moyenne pour la période du catalogue serait de 1 000 m/10 000 = 0,1 m USD.

La périodicité moyenne définit la période au cours de laquelle, en moyenne, il est prévisible qu'un événement surviendra ou qu'il sera dépassé. Supposons, par exemple, dans un pays X, un événement dont la perte modélisée est de 10 m USD soit associé à une périodicité moyenne de 100 ans, ce qui signifie qu'une perte de 10 m USD probable une fois tous les 100 ans. Cela ne signifie pas qu'une perte d'au moins 10 m USD surviendra au cours des 100 prochaines années, mais plutôt qu'en moyenne, sur une période de 100 ans, une perte d'au moins 10 m USD intervient une fois. Tableau 1 ci-après comporte des relations utiles pour connecter probabilité de dépassement et périodicité moyenne pour des intervalles de temps divers. Dans ce rapport, la périodicité moyenne est utilisée pour transmettre la probabilité d'un événement au cours d'une année donnée, qui fait référence à la première colonne à droite de la périodicité moyenne dans le Tableau 1.

Tableau 1 : relation entre périodicité moyenne et probabilité de dépassement

Périodicité moyenne (en années)	Probabilité de dépassement pour une période de temps données (années)							
	1	10	15	20	25	30	50	100
10	0,1	0,65	0,79	0,88	0,93	0,96	0,99	0,999
25	0,04	0,34	0,46	0,56	0,64	0,71	0,87	0,98
50	0,02	0,18	0,26	0,33	0,4	0,45	0,64	0,87
100	0,01	0,1	0,14	0,18	0,22	0,26	0,39	0,63
250	0,004	0,04	0,06	0,08	0,1	0,11	0,18	0,33
500	0,002	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,1	0,18
1 000	0,001	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,1
2 500	0,0004	0,004	0,006	0,008	0,01	0,01	0,02	0,04
5 000	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,001	0,002
10 000	0,00001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0005	0,001

Des profils de risque sont présentés pour chaque État insulaire, en utilisant les mesures de pertes financières évoquées précédemment ; ils permettent de disposer de probabilités courantes de dépassement de seuils de pertes pour chacun des périls modélisés. Des profils de risque sont présentés pour chaque état insulaire dans la section 3 de ce rapport.

2.4.1 Pertes financières historiques

Si les fonctions aléas, exposition et technique sont validées en profondeur de manière indépendante, il est également important de veiller à ce que les pertes finales modélisées soient conformes aux attentes historiques, et à ce qu'elles soient adéquates pour l'estimation de pertes potentielles futures. Tous les modules AIR de pertes financières sont comparés avec toutes pertes déclarées après des événements historiques catastrophiques importants. Les pertes sont généralement déclarées par les autorités publiques nationales, des autorités administratives indépendantes locales, des assureurs, des ONG ou des organisations d'aide étrangères. Les pertes communiquées pour la région du Sud-Ouest de l'Océan Indien (SOOI) sont recueillies et réunies dans une Base de données de conséquences, qui inclut la totalité des pertes historiques causées par une catastrophe naturelle publiées recensées dans des sources telles que, notamment, DesInventar, ReliefWeb, EM-DAT, les évaluations de besoins post-catastrophe (*Post-Disaster Needs Assessments*, PDNA) du Dispositif mondial de réduction des effets des catastrophes et de relèvement (GFDRR) La Base de données de conséquences et une liste exhaustive de sources de données sont présentées de manière synthétique en Appendice B du rapport consacré à la Composante 1. Des résumés de pertes déclarées pour diverses périodes sont extraites de la Base de données de conséquences pour le SOOI et présentés dans le Tableau 2 s'agissant des événements d'inondation liés à des cyclones tropical extratropicaux, et dans le Tableau 3 pour les séismes.

Tableau 2 : pertes déclarées liées aux cyclones tropicaux et inondations pour les États insulaires du SOOI concernés

<i>Durée</i>	<i>La perte économique (M USD)</i>	<i>Casualties</i>	<i>Events</i>
1950-1959	-	524	1
1960-1969	64	284	8
1970-1979	795	281	11
1980-1989	1 024	475	25
1990-1999	265	783	22
2000-2009	4 518	1 308	74
2010-2015	437	476	29

Tableau 3 : pertes déclarées liées aux séismes pour les États insulaires du SOOI concernés

<i>Durée</i>	<i>La perte économique (M USD)</i>	<i>Casualties</i>	<i>Total des événements</i>
Avant 1900	-	-	2
1900-1949	-	17	3
1950-1999	-	1	7
2000-2009	30	12	7
2010-2015	-	-	3

De manière générale, l'historique des pertes déclarées pour la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) est considéré comme incomplet, en raison de l'absence d'estimations fiables des pertes pour tous les événements recensés dans les archives historiques. En outre, les pertes déclarées en relation avec des événements impliquant plusieurs aléas, tels que des vents de cyclone tropical, des précipitations et une marée de tempête ne donnent pas lieu à des rapports détaillés par péril subalterne, ce qui a pour effet de compliquer l'étalonnage et la validation de chaque composante de modèle. Les pertes historiques déclarées n'en suggèrent pas moins que les cyclones tropicaux et les inondations sont les périls dominants dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI), et que ces périls sont responsables de la majorité des décès et dommages économiques causés par les catastrophes naturelles. L'Appendice B de la documentation de la Composante 1 comporte des informations supplémentaires concernant les pertes économiques déclarées et des événements historiques importants dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI).

2.4.2 Validation de pertes financières

Dans le cas des événements historiques majeurs, également appelés « événements marquants », des pertes sont générées à partir de modules d'aléa et de pertes financières avec des paramètres d'événement historique. Les pertes modélisées en résultant sont comparées aux pertes historiques déclarées disponibles afin d'évaluer la disponibilité du modèle de perte pour chaque péril examiné. Les pertes modélisées pour ces événements sont utilisées comme mesure principale d'évaluation de l'exactitude du modèle de perte, ainsi que, le cas échéant, aux fins de préformage d'étalonnage de modèle. Ainsi qu'indiqué précédemment, les archives historiques de pertes économiques dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) sont limitées, et le péril le plus représenté est le cyclone tropical. Ainsi, la plupart des étalonnages et des comparaisons de pertes sont-ils effectués au moyen de rapports afférents à des cyclones tropicaux. Une comparaison entre les pertes modélisées causées par les vents de cyclone tropical et les séismes, et une enquête indépendante est également présentée ici.

Validation de pertes déclarées

La comparaison des pertes pour les principaux événements historiques de cyclone tropical figure dans l'illustration 3 pour les Comores, Madagascar et Maurice⁷. La corrélation entre résultats du modèle de pertes financières SOOI et comptes rendus historiques de pertes imputables à des cyclones tropicaux aux Comores, à Madagascar et à Maurice est bonne et ne fait pas apparaître de distorsion du modèle par surévaluation ou sous-évaluation. Le degré d'incertitude est relativement important, tant pour les pertes historiques que modélisées, ce que n'illustre pas les valeurs moyennes de pertes figurant dans l'illustration 3. La variabilité des pertes déclarées résulte d'ordinaire d'un défaut d'homogénéité de la quantification et de la comptabilité des dommages consécutives à l'événement, ainsi que du millésime des états des pertes qui, d'une part, tendent à être moins fiables lorsqu'ils sont plus anciens, et d'autre part, peuvent perdre en précision dans un contexte tendanciel par rapport aux valeurs monétaires actuelles. La variabilité des pertes modélisées résulte d'une incertitude des données d'exposition, de paramètres événementiels, de

⁷ Aucun état fiable de pertes historiques causées par un cyclone tropical n'est disponible publiquement pour les Seychelles ou Zanzibar.

calculs d'intensité d'aléa et de fonctions de vulnérabilité. Ainsi, bien que les pertes moyennes de modèle pour un événement spécifique puissent ne pas correspondre précisément aux pertes déclarées, une bonne corrélation entre une moyenne modélisée et des pertes déclarées sont indicatives d'un modèle bien conditionné. En outre, l'absence de distorsion à la hausse ou à la baisse des pertes calculées moyennes historiques laisse penser que les pertes à l'échelon national pour des événements stochastiques sont représentatives de pertes potentielles futures pour chaque État insulaire.

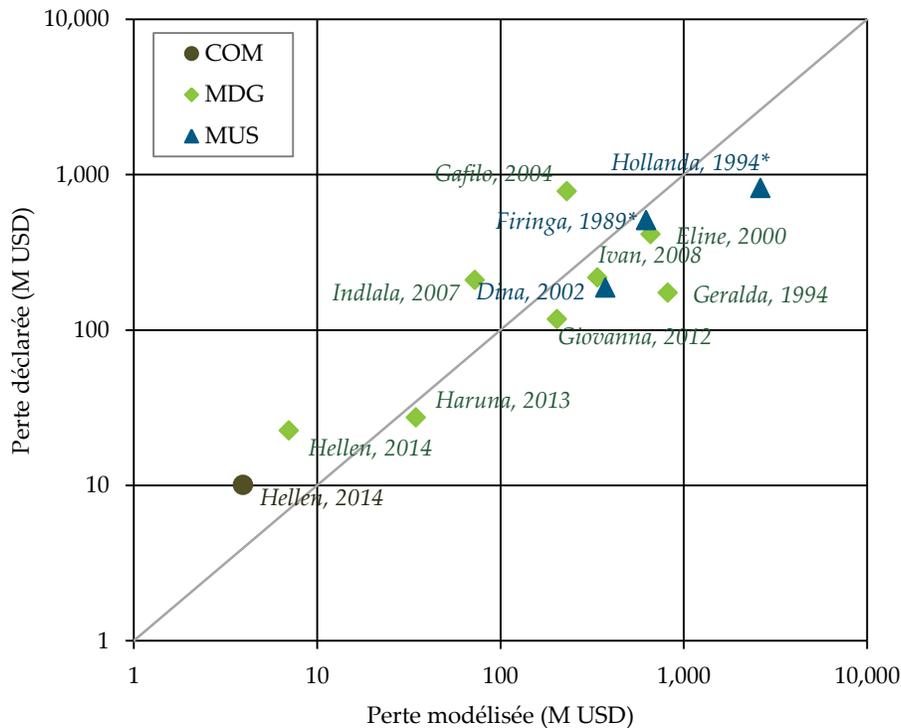


Illustration 3: Pertes de cyclone tropical modélisées ou reportées⁸

Comparaison à des investigations tierces

Du fait du caractère limité de la disponibilité de données relatives aux pertes et, en particulier s'agissant de séisme, aux événements causes de pertes, un exercice de validation a également été effectué au moyen de données de la récente étude du Secrétariat inter-institutions de la Stratégie internationale de prévention des catastrophes (UNISDR) dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) (UNISDR, 2015). Cette étude portait sur les périls représentés par les vents de cyclone tropical et les secousses sismiques dans chacun des États insulaires du SOOI. Même si

⁸ Les pertes déclarées signalées par une « * » prennent uniquement en compte l'agriculture et l'infrastructure. Les sources de pertes déclarées figurent en Appendice B du rapport consacré à la Composante 1.

l'analyse de l'UNISDR utilise des fonctions génériques de dommage et un catalogue historique d'aléas historiques⁹, l'étude représente l'évaluation de pertes historiques la plus complète réalisée à ce jour dans la région du SOOI. Les résultats en termes d'exposition normalisée de l'étude de l'UNISDR sont comparés à ceux de la présente étude sur la base de pertes annuelles moyennes sur 100, 250 et 500 ans pour les vents de cyclone tropical dans le Tableau 4, et pour les secousses sismiques dans le Tableau 5. Les pertes en termes d'exposition normalisée, qui représentent le pourcentage de la valeur d'exposition modélisée endommagée à l'occasion d'un événement, permettent de comparer utilement les estimations de pertes obtenues à partir d'expositions différentes. De manière générale, la comparaison des résultats de la recherche d'AIR et de l'étude de l'UNISDR est favorable à la première, notamment sur la base des pertes annuelles moyennes, qui constituent dans chaque pays la mesure du risque la plus large. Les deux études montrent que l'impact le plus important est dû aux vents de cyclone tropical, en particulier dans le cas des Comores, de Madagascar et de Zanzibar, et que le potentiel de dommage des secousses sismiques est moins important pour tous les pays. S'il est difficile d'identifier des différences précises entre les deux résultats, il est important de prendre en compte les simplifications potentiellement importantes appliquées dans l'étude de l'UNISDR, telles que, notamment, l'emploi de fonctions génériques de vulnérabilité, la résolution moindre des données globales de propriétés physiques et un catalogue d'aléa d'événement historique.

Les résultats stochastiques obtenus à l'issue de cette recherche suggèrent un risque de cyclone tropical accru dans les Comores par comparaison aux résultats de l'UNISDR. Il peut s'agir là d'une conséquence de l'utilisation d'un catalogue limité d'événements historiques de cyclone tropical. À l'inverse, les pertes stochastiques à Maurice sont inférieures à celles calculées par l'UNISDR ce qui, en plus du catalogue d'événements uniquement historiques, pourrait être le fruit de l'emploi, pour construire les probabilités de dépassement de perte dans l'étude de l'UNISDR, d'une base de données de pertes catastrophiques incomplète d'un point de vue temporel. Les secousses sismiques ne constituent historiquement un aléa dominant dans aucun des États insulaires du SOOI, ainsi qu'attesté par les résultats indicateurs de pertes faibles calculés tant dans cette étude d'AIR que dans de précédentes études de l'UNISDR.

⁹ Les pertes de l'UNISDR sont dérivées du rapport *Réduction des risques de catastrophe: bilan mondial*, et reposent sur l'utilisation du cadre généralisé global développé par CIMNE/INGENIAR. Diverses limitations inhérentes à ce cadre sont décrites dans la documentation de CIMNE/INGENIAR. Celles associées à l'application de (i) fonctions génériques de vulnérabilité ; et (ii) de catalogues d'aléas exclusivement historiques revêtent une importance fondamentale pour cette recherche. (1) Les fonctions de vulnérabilité utilisées dans l'étude de l'UNISDR sont des fonctions non modifiées dérivées de l'application HAZUS-MH qui n'incluent pas de modifications régionales conçues pour prendre en compte les caractéristiques de construction propres à la région du SOOI. (2) L'analyse d'aléa réalisée pour l'étude de l'UNISDR fait exclusivement usage de catalogues d'événements historiques mondiaux (162 516 événements de séisme et 2 594 événements de cyclone tropical), ce qui constitue une limitation importante pour l'évaluation du risque lié à des événements futurs potentiels plausibles d'un point de vue statistique mais qui n'ont pas été observés dans les archives historiques. Ces limitations importantes de l'étude de l'UNISDR/du rapport *Réduction des risques de catastrophe: bilan mondial* sont expressément analysées dans cette recherche.

Tableau 4 : Comparaison des pertes annuelles moyennes d'AIR et de l'UNISDR/du rapport *Réduction des risques de catastrophe: bilan mondial*, ainsi que de résultats de pertes occasionnées par les vents de cyclone tropical pour des périodicités choisies

Probabilité de dépassement de pertes :	Pertes annuelles moyennes		0,01		0,004		0,002	
			100		250		500	
Périodicité moyenne (en années) :								
Étude :	AIR	UNISDR	AIR	UNISDR	AIR	UNISDR	AIR	UNISDR
COM	0,08 %	0,02%	1,36%	0,39%	5,09%	0,48%	9,32%	0,56%
DGM	0,16%	0,29%	2,03%	1,73%	3,07%	2,15%	4,31%	2,30%
MUS	0,22%	0,83%	5,34%	16,41%	10,71%	21,76%	16,69%	26,37%
SYC	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.
ZAN	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	0,01%	S.O.

Tableau 5 : Comparaison des pertes annuelles moyennes d'AIR et de l'UNISDR/du rapport *Réduction des risques de catastrophe: bilan mondial*, ainsi que de résultats de pertes occasionnées par les séismes pour des périodicités choisies

Probabilité de dépassement:	Pertes annuelles moyennes		0,01		0,004		0,002	
			100		250		500	
Périodicité moyenne (en années) :								
Étude :	AIR	UNISDR	AIR	UNISDR	AIR	UNISDR	AIR	UNISDR
COM	0,004%	0,003%	0,069%	0,150%	0,272%	0,710%	0,435%	2,120%
DGM	0,004%	0,002%	0,041%	0,010%	0,100%	0,060%	0,385%	0,150%
MUS	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.
SYC	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.	<0,01%	S.O.
ZAN	0,003%	0,015%	<0,01%	0,080%	0,092%	0,300%	0,440%	0,950%

3 Profils de risque

Les profils de risque présentés ici sont dérivés de pertes au premier dollar calculées résultant de dommages directs causés à des immeubles et des infrastructures par des événements générés stochastiquement. Les pertes au premier dollar incluent le coût de la réparation ou du remplacement des actifs endommagés, mais non les autres pertes, telles que les contenus des bâtiments, les dommages subis par l'agriculture, l'interruption des activités des entreprises ou les conditions des polices, telles que les plafonds et franchises. Les pertes modélisées des cyclones tropicaux incluent celles causées par le vent, des inondations dues à des précipitations excessives et des marées de tempête. Les pertes modélisées de précipitations de cyclone extratropical sont causées par des inondations dues à des précipitations excessives. Les pertes modélisées des séismes sont causées par des secousses sismiques. Ainsi qu'évoqué plus en détail dans le rapport sur la Composante 1, le modèle régional de tsunami et le modèle de glissement de terrain pour les Comores sont déterministes, et ne peuvent, de ce fait, être utilisés dans le module de pertes financières ; ils ne sont donc pas inclus dans les profils de risque.

Après modélisation du coût de réparation ou de reconstruction des actifs endommagés en raison de l'impact de l'ensemble des événements stochastiques, il est alors possible d'estimer la probabilité ou la probabilité de dépassement (*exceedance probability*, EP) et la gravité des pertes dans la perspectives de catastrophes futures. Ainsi qu'indiqué ci-après dans la section 2, les pertes totales pour tout événement futur potentiel sont égales à la somme des pertes pour l'ensemble des sites affectés par chaque événement. Les pertes annuelles moyennes sont calculées en établissant la moyenne de la totalité des pertes subies dans le catalogue stochastique de 10 000, ce qui représente 10 000 réalisations indépendantes du potentiel de perte au cours d'une année donnée.

Des pertes liées aux urgences sont fournies, en plus des pertes au premier dollar et représentent des pertes associées à des activités de secours immédiates, tels que l'alimentation d'urgence, les soins médicaux, les transports, les hébergements provisoire, l'enlèvement des débris, etc., qu'un État peut s'attendre à devoir supporter en cas d'événement catastrophique. Ces pertes liées à l'urgence sont en plus des pertes directes générées par l'événement. Sur la base de données historiques, les pertes liées à l'urgence sont considérées comme à distribution logarithmo-normale avec une moyenne de 16 % du total des pertes au premier dollar pour les séismes et de 23 % des pertes au premier dollar pour les autres périls, comme suggéré par Bitrán (2004). Ces valeurs moyennes sont employées pour estimer les pertes liées à l'urgence à partir des pertes au premier dollar dans les profils de risque présentés ci-après.

3.1 Les Comores

Les profils combinés de pertes annuelles moyennes provoquées par les cyclones tropicaux et extratropicaux, ainsi que par les séismes sont présentés, pour les Comores, dans l'illustration 4 par secteur d'exposition et péril.

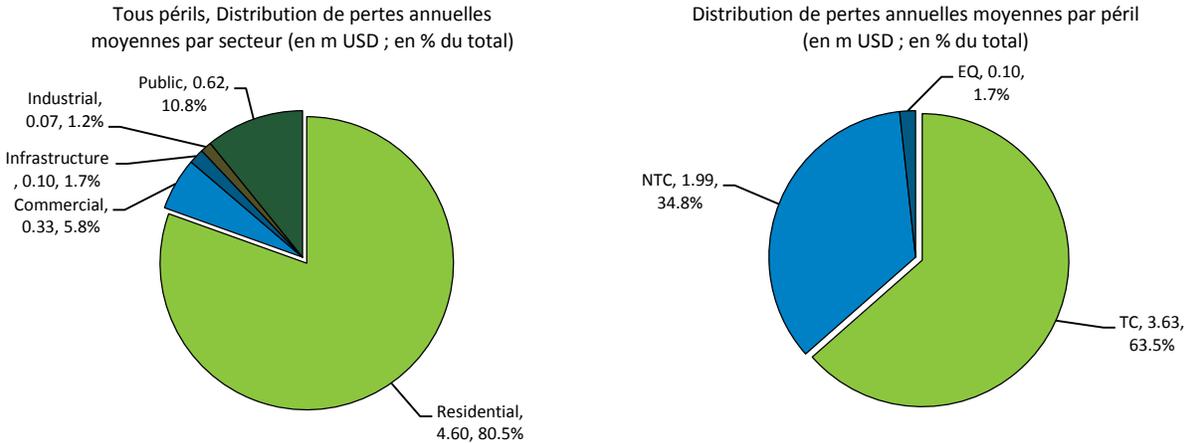


Illustration 4: distribution des pertes annuelles moyennes aux Comores par secteur (à gauche) et par péril (à droite)

Les résultats de pertes à l'échelon national pour les Comores peuvent également être décomposés pour les diverses régions administratives par péril ou secteur d'exposition. Les distributions de de pertes annuelles moyennes sont, par exemple, présentées pour chaque région administrative 2 (c'est-à-dire, les circonscriptions préfectorales), et le péril principal est présenté dans l'illustration 5. Des profils de risque complets, comprenant une décomposition par secteur d'exposition, pour chaque État insulaire, et chaque région administrative de niveau 1 et 2, figure dans l'addendum numérique au présent rapport.

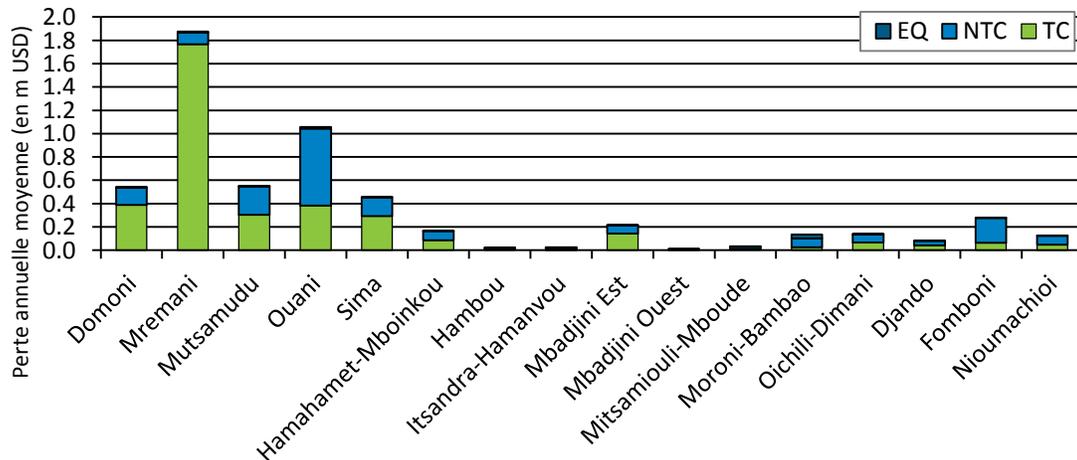


Illustration 5: distribution spatiale des pertes annuelles moyennes aux Comores par région administrative 2 (c'est-à-dire, circonscription préfectorale).

La distribution des dommages sur le territoire comorien peut également être visualisée spatialement pour l'ensemble de l'État insulaire. Par exemple, la distribution des pertes annuelles moyennes par région administrative 2, normalisée sur la base des pertes annuelles moyennes totales pour chaque péril, est présentée dans l'illustration 6 pour tous les périls combinés : cyclone tropical, inondation de cyclone extratropical et séisme.

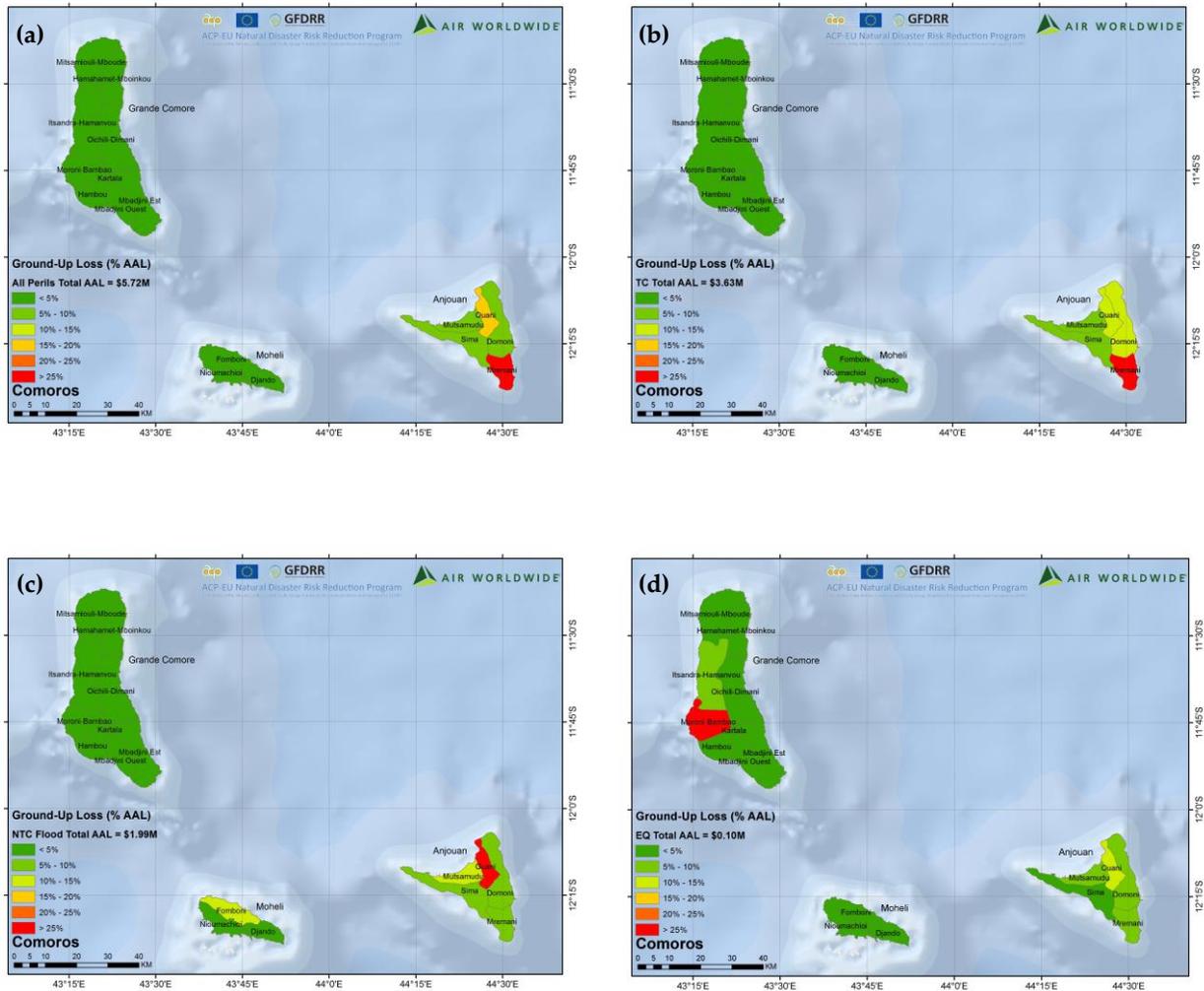


Illustration 6: distribution des pertes annuelles moyennes pour les Comores résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes

Tableau 6 résume le profil de risque des Comores en termes de perte au premier dollar, de perte au premier dollar en termes d'exposition normalisée et de pertes liées à l'urgence. Les pertes au premier dollar sont les dépenses nécessaires à la réparation ou au remplacement des actifs endommagés et les pertes liées à l'urgence, les dépenses supportées dans le sillage d'une catastrophe naturelle, qui incluent les activités de secours et faisant immédiatement suite à un sinistre. Les pertes liées à l'urgence sont estimées en pourcentage du total des pertes directes (des administrations publiques et du secteur privé), telles que décrites dans le point initial de la section 3. Tableau 6 présente la probabilité annuelle de dépassement des divers seuils de pertes directes et liées à l'urgence causées par des cyclones tropicaux, des séismes et l'ensemble des périls combinés aux Comores. Ainsi, la probabilité de pertes causées par un cyclone tropical excédant 43 m USD, ce qui équivaut approximativement à 1,7 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, et des pertes estimées résultant d'un séisme de 1,8 m USD, équivalant à <0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, ou d'un dépassement de telles pertes est-elle, pour une année donnée, de 1,0 % (soit, alternativement, une périodicité moyenne de 100 ans). Dans le cas des Comores, l'analyse de risque indique que la contribution des inondations causées par les cyclones tropicaux et extratropicaux au risque financier comorien est, en moyenne, la même. Toutefois, des événements cycloniques tropicaux peu fréquents (c'est-à-dire, avec une périodicité plus longue) devraient générer des pertes considérablement supérieures à celles causées par des inondations résultant de cyclones extratropicaux également peu fréquentes. L'impact des cyclones tropicaux et extratropicaux est plus important que celui des séismes, ce qui correspond aux observations historiques aux Comores et dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) en général. Il convient de souligner que les mesures de probabilité de dépassement ne sont pas additives pour les divers profils de risque spécifiques des divers périls. De ce fait, les profils de risque pour les cyclones tropicaux, les inondations causées par les cyclones extratropicaux et les séismes figurant ci-après d'alourdiront pas les pertes indiquées pour l'ensemble des périls avec la même périodicité.

Tableau 6 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour les Comores

Probabilité de dépassement:	Pertes annuelles moyennes	0,1	0,04	0,02	0,01	0,004	0,002
Périodicité moyenne (en années) :		10	25	50	100	250	500
Profils de risque : tous périls modélisés (AP)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	5,7	8,4	12,5	18,1	48,4	148,0	258,7
(% de la valeur totale d'exposition)	0,2%	0,3%	0,5%	0,7%	1,9%	5,7%	10,0%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	1,3	1,9	2,8	4,0	11,1	34,0	59,5
Profils de risque : Cyclone tropical (CT)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	3,6	4,8	8,6	13,7	43,0	147,6	258,2
(% de la valeur totale d'exposition)	0,1%	0,2%	0,3%	0,5%	1,7 %	5,7%	10,0%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	30 640,7	0,0	2,0	3,1	9,9	33,9	59,4
Profils de risque : inondations causées par cyclone extratropical (CET)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	2,0	4,8	6,8	8,4	10,0	11,5	12,4
(% de la valeur totale d'exposition)	0,1%	0,2%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,5	1,1	1,6	1,9	2,3	2,7	2,9
Profils de risque : Séisme (S)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	0,1	0,0	0,0	0,1	1,8	7,0	11,2
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0,3%	0,4%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	1,8

Tableau 6 peut être visualisé avec l'illustration 7, qui fait apparaître la probabilité annuelle de dépassement des Les pertes au premier dollar induites par chaque péril modélisé, ainsi que pour l'ensemble des périls modélisés. Le dépassement de probabilités dans le Tableau 6 apparaît également à partir du schéma figurant dans ces diagrammes. Illustration 7 fait clairement apparaître la contribution des cyclones tropicaux aux pertes totales aux Comores avec une périodicité plus longue (périodicité moyenne ≥ 100 ans), les cyclones extratropicaux dominant en relation avec les pertes plus fréquentes (périodicité moyenne ≥ 50 ans).

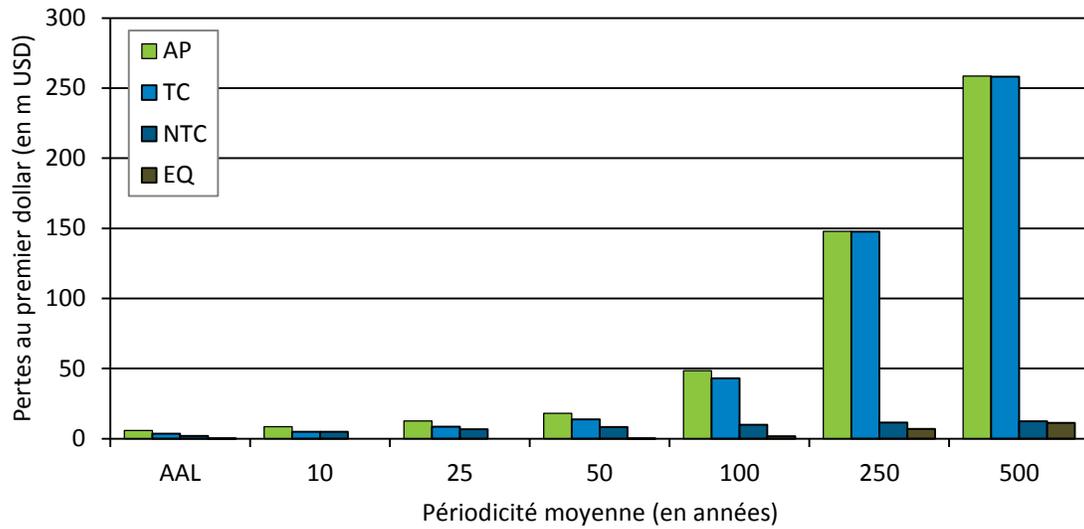


Illustration 7: périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes aux Comores.

3.2 Madagascar

Les pertes annuelles moyennes résultant des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes combinés pour Madagascar sont présentées dans l'illustration 8 par secteur d'exposition et péril.

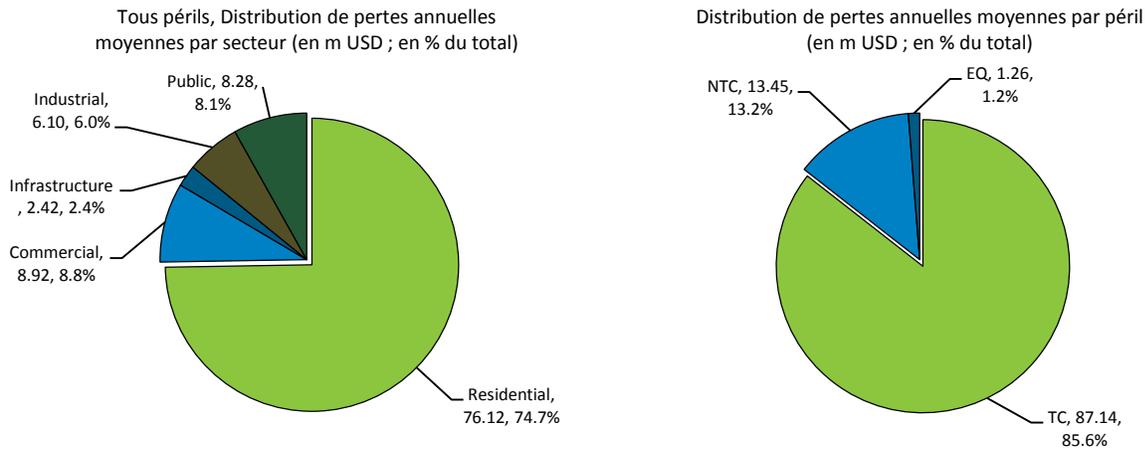


Illustration 8: Distribution des pertes annuelles moyennes à Madagascar par secteur (à gauche) et par péril (à droite)

Les résultats de pertes à l'échelon national pour Madagascar peuvent également être décomposés pour les diverses régions administratives par péril ou secteur d'exposition. Les distributions de de pertes annuelles moyennes sont, par exemple, présentées pour chaque région administrative 2 (c'est-à-dire, les régions), et le péril principal est présenté dans l'illustration 9. Des profils de risque complets, comprenant une décomposition par secteur d'exposition, pour chaque État insulaire, et chaque région administrative de niveau 1 et 2, figure dans l'addendum numérique au présent rapport.

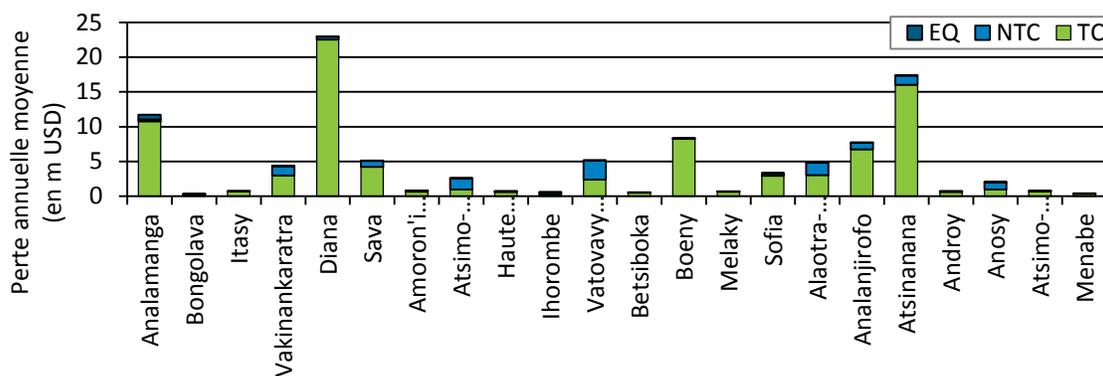


Illustration 9: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes à Madagascar par région administrative 2 (c'est-à-dire, région).

La distribution des dommages sur le territoire malgache peut également être visualisée spatialement pour l'ensemble de l'État insulaire. Par exemple, la distribution des pertes annuelles moyennes par région administrative 2, normalisée sur la base des pertes annuelles moyennes totales pour chaque péril, est présentée dans l'illustration 10 pour tous les périls combinés : cyclone tropical, inondation de cyclone extratropical et séisme.

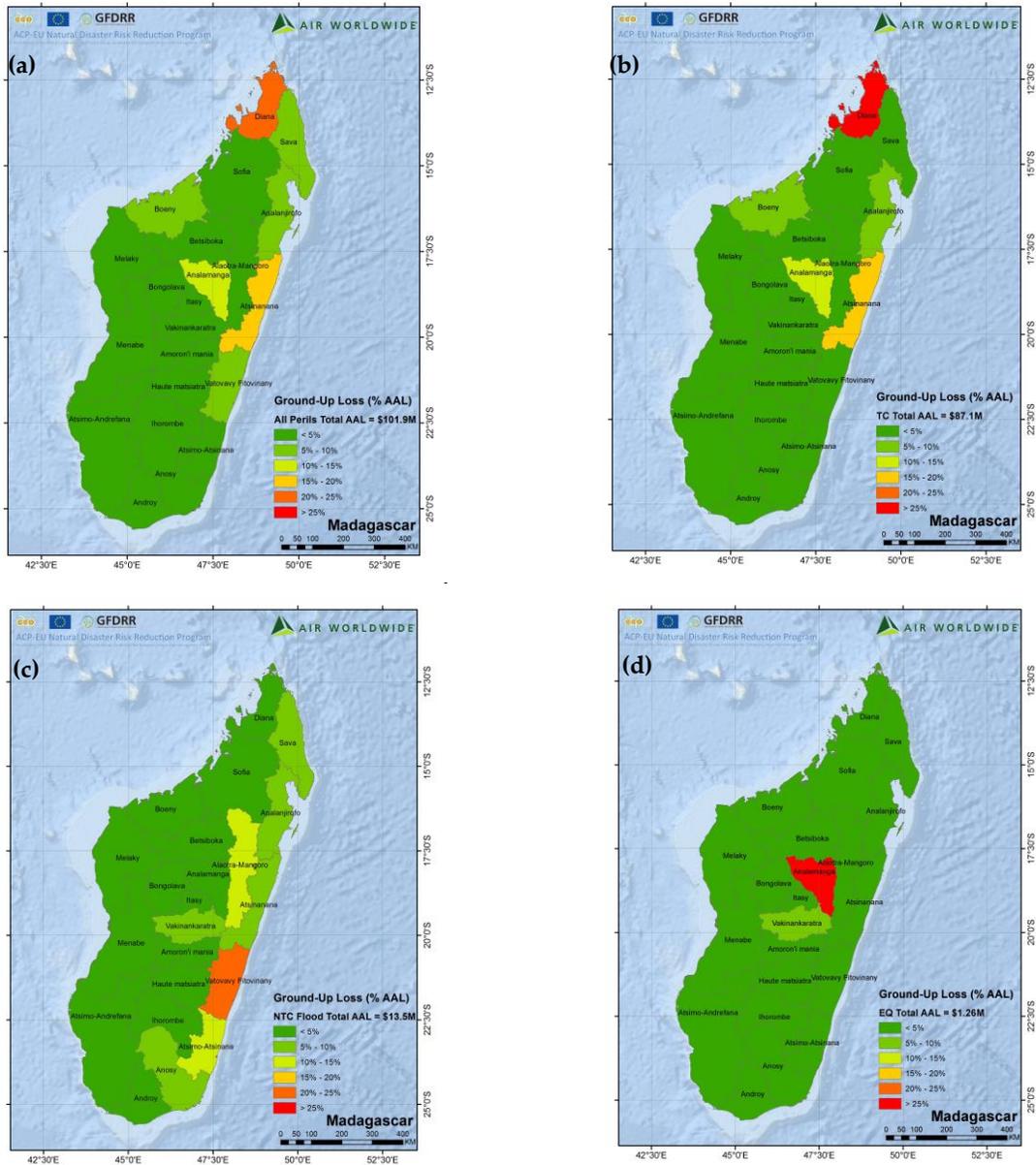


Illustration 10: Distribution des pertes annuelles moyennes pour Madagascar résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes

Tableau 7 résume le profil de risque de Madagascar en termes de perte au premier dollar, de perte au premier dollar en termes d'exposition normalisée et de pertes liées à l'urgence. Les pertes au premier dollar sont les dépenses nécessaires à la réparation ou au remplacement des actifs endommagés et les pertes liées à l'urgence, les dépenses supportées dans le sillage d'une catastrophe naturelle, qui incluent les activités de secours et faisant immédiatement suite à un sinistre. Les pertes liées à l'urgence sont estimées en pourcentage du total des pertes au premier dollar directes (des administrations publiques et du secteur privé), telles que décrites dans le point initial de la section 3.

Tableau 7 présente la probabilité annuelle de dépassement des divers seuils de pertes directes et liées à l'urgence causées par des cyclones tropicaux, des séismes et l'ensemble des périls combinés à Madagascar. Ainsi, la probabilité de pertes causées par un cyclone tropical excédant 813 m USD, ce qui équivaut approximativement à 2,3 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, et des pertes estimées résultant d'un séisme de 14,6 m USD, équivalant à <0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, ou d'un dépassement de telles pertes est-elle, pour une année donnée, de 1,0 % (soit, alternativement, une périodicité moyenne de 100 ans). Dans le cas de Madagascar, l'analyse de risque indique que les pertes liées aux cyclones tropicaux sont à la fois plus fréquentes et plus graves que celles dues aux inondations causées par des cyclones extratropicaux ou aux séismes. L'impact des cyclones tropicaux et extratropicaux est plus important que celui des séismes, ce qui correspond aux observations historiques à Madagascar et dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) en général. Les pertes normalisées d'exposition à Madagascar sont inférieures à celles de nombre des autres États insulaires du sud-ouest de l'océan Indien, en raison de la superficie de l'île et de la diversité de son exposition géographique, dont il résulte qu'à la différence d'îles de plus petite taille, il est peu probable que Madagascar soit impactée dans sa totalité par un seul événement. Il convient de souligner que les mesures de probabilité de dépassement ne sont pas additives pour les divers profils de risque spécifiques des divers périls. De ce fait, les profils de risque pour les cyclones tropicaux, les inondations causées par les cyclones extratropicaux et les séismes figurant ci-après d'alourdiront pas les pertes indiquées pour l'ensemble des périls avec la même périodicité.

Tableau 7 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour Madagascar

Probabilité de dépassement:	Pertes annuelles moyennes	0,1	0,04	0,02	0,01	0,004	0,002
Périodicité moyenne (en années) :		10	25	50	100	250	500
Profils de risque : tous périls modélisés (AP)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	101,9	244,4	446,8	600,9	826,7	1 176,2	1 745,0
(% de la valeur totale d'exposition)	0,3%	0,7%	1,3%	1,7 %	2,4%	3,4%	5,0%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	23,3	56,0	102,6	138,2	189,0	270,5	401,4
Profils de risque : Cyclone tropical (CT)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	87,1	224,0	433,0	585,0	813,0	1 150,0	1 740,0
(% de la valeur totale d'exposition)	0,3%	0,6%	1,2%	1,7 %	2,3%	3,3%	5,0%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	20,0	51,5	99,6	135,0	187,0	265,0	401,0
Profils de risque : inondations causées par cyclone extratropical (CET)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	13,4	31,4	58,7	83,0	115,8	146,3	170,2
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	3,1	7,2	13,5	19,1	26,6	33,6	39,1
Profils de risque : Séisme (S)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	1,3	1,0	3,5	7,4	14,6	35,2	134,0
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0,1%	0,4%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,2	0,2	0,6	1,2	2,3	5,6	21,5

Tableau 7 peut être visualisé avec l'illustration 11, qui fait apparaître la probabilité annuelle de dépassement des Les pertes au premier dollar induites par chaque péril modélisé, ainsi que pour l'ensemble des périls modélisés. Le dépassement de probabilités dans le Tableau 7 apparaît également à partir du schéma figurant dans ces diagrammes. Illustration 11 fait clairement apparaître la contribution des cyclones tropicaux aux pertes totales aux Comores avec une périodicité longue (périodicité moyenne ≥ 100 ans) et courte (périodicité moyenne ≥ 50 ans), les cyclones extratropicaux et les séismes contribuant de manière significative à des événements plus fréquents ou moins graves, ainsi qu'aux pertes annuelles moyennes.

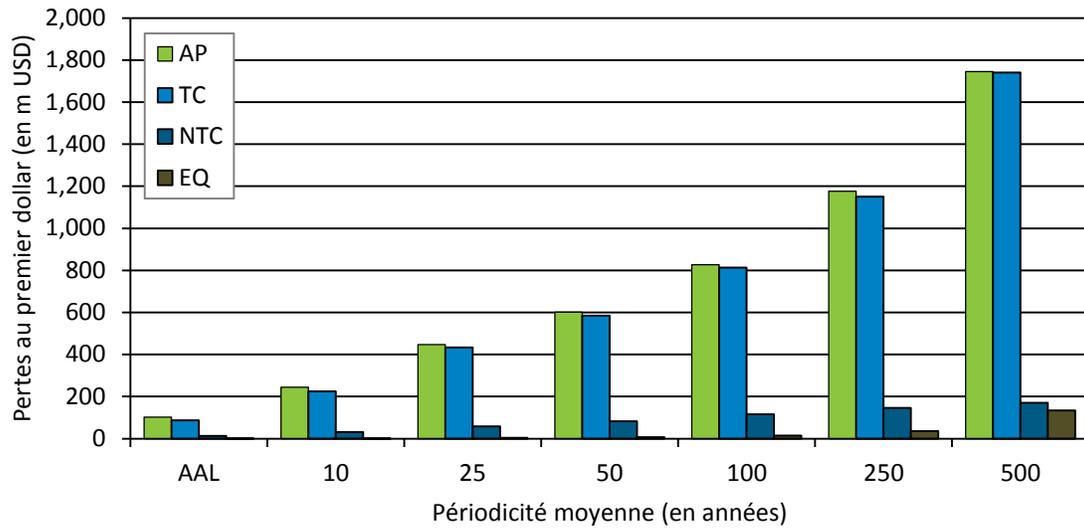


Illustration 11: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes à Madagascar.

3.3 L'île Maurice

Les pertes annuelles moyennes résultant des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes combinés pour Maurice sont présentées dans l'illustration 12 par secteur d'exposition et péril.

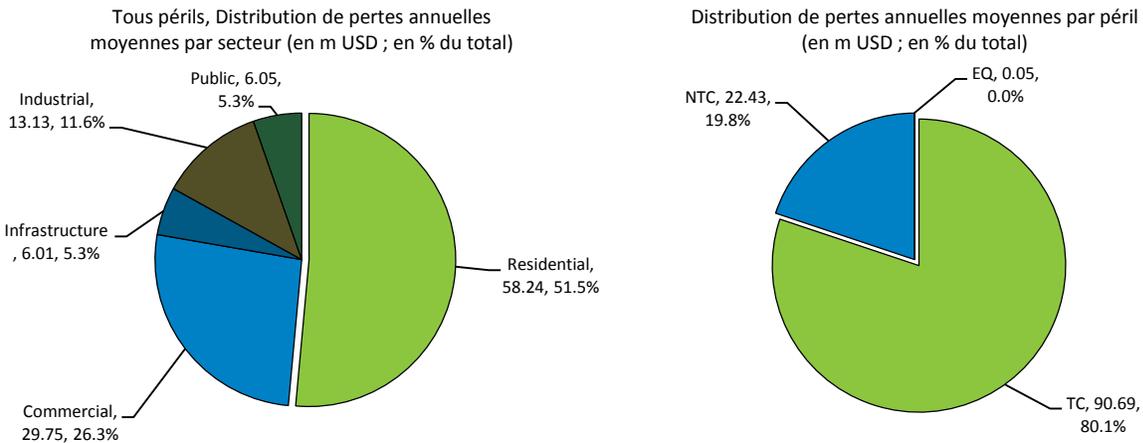


Illustration 12: Distribution des pertes annuelles moyennes à Maurice par secteur (à gauche) et par péril (à droite)

Les résultats de pertes à l'échelon national pour Maurice peuvent également être décomposés pour les diverses régions administratives par péril ou secteur d'exposition. Les distributions de de pertes annuelles moyennes sont, par exemple, présentées pour chaque région administrative 2 (c'est-à-dire, les régions), et le péril principal est présenté dans l'illustration 13. Des profils de risque complets, comprenant une décomposition par secteur d'exposition, pour chaque État insulaire, et chaque région administrative de niveau 1 et 2, figure dans l'addendum numérique au présent rapport.

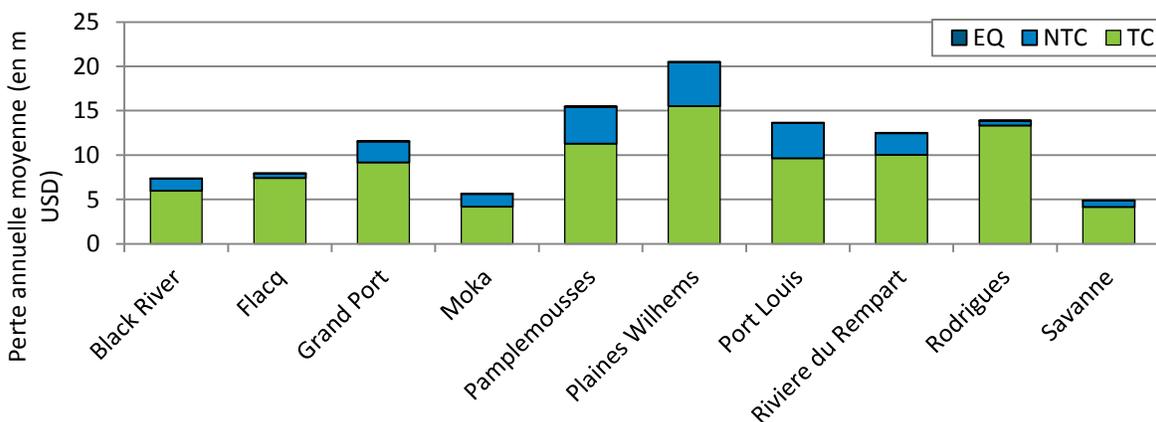


Illustration 13: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes à Maurice par région administrative 2 (c'est-à-dire, région).

La distribution des dommages sur le territoire mauricien peut également être visualisée spatialement pour l'ensemble de l'État insulaire. Par exemple, la distribution des pertes annuelles moyennes par région administrative 2, normalisée sur la base des pertes annuelles moyennes totales pour chaque péril, est présentée dans l'illustration 14 pour tous les périls combinés : cyclone tropical, inondation de cyclone extratropical et séisme.

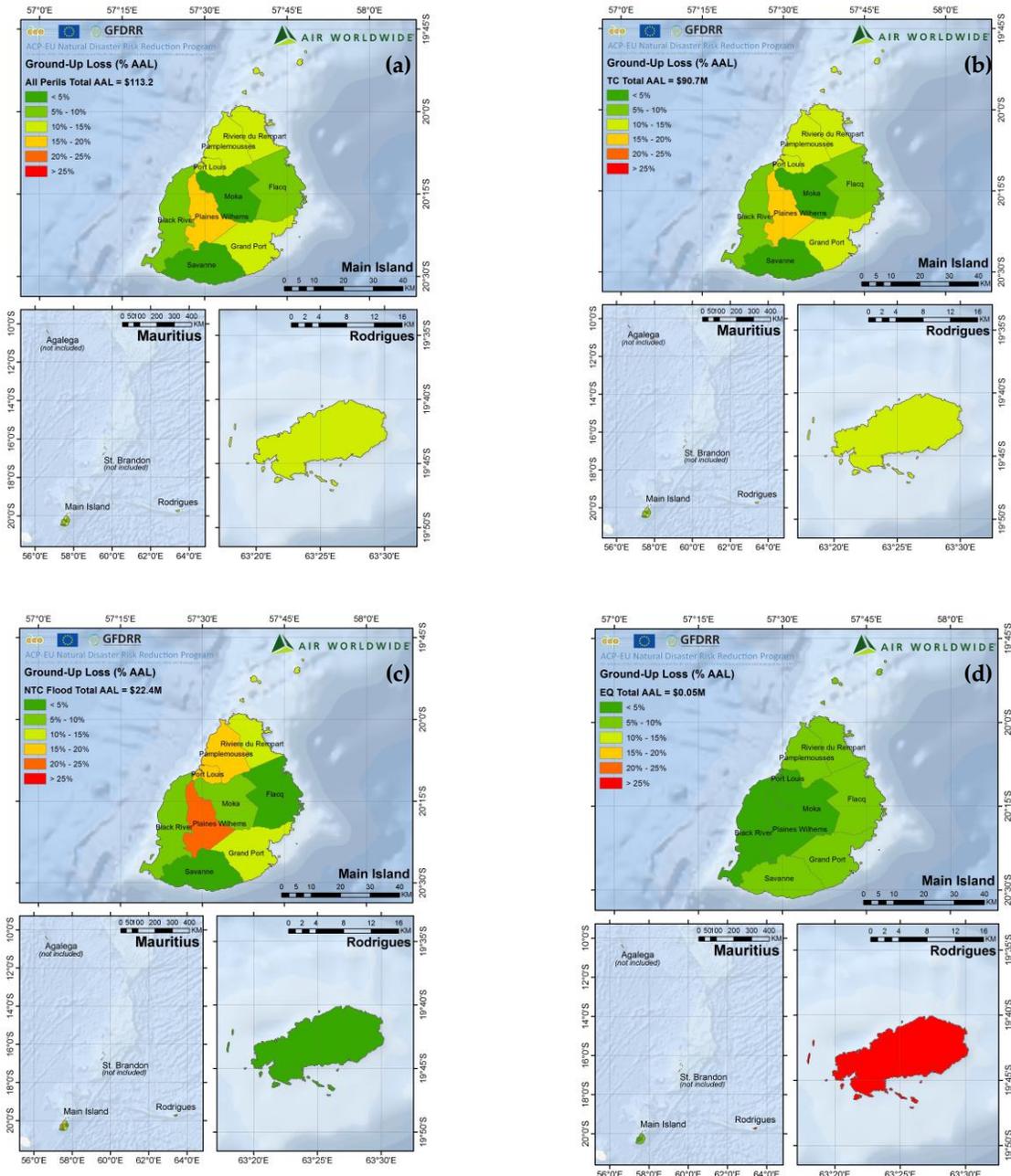


Illustration 14: Distribution des pertes annuelles moyennes pour Maurice résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes

Tableau 8 résume le profil de risque de Madagascar en termes de perte au premier dollar, de perte au premier dollar en termes d'exposition normalisée et de pertes liées à l'urgence. Les pertes au premier dollar sont les dépenses nécessaires à la réparation ou au remplacement des actifs endommagés et les pertes liées à l'urgence, les dépenses supportées dans le sillage d'une catastrophe naturelle, qui incluent les activités de secours et faisant immédiatement suite à un sinistre. Les pertes liées à l'urgence sont estimées en pourcentage du total des pertes au premier dollar directes (des administrations publiques et du secteur privé), telles que décrites dans le point initial de la section 3.

Tableau 8 présente la probabilité annuelle de dépassement des divers seuils de pertes directes et liées à l'urgence causées par des cyclones tropicaux, des séismes et l'ensemble des périls combinés à Maurice. Ainsi, la probabilité de pertes causées par un cyclone tropical excédant 1,881 m USD, ce qui équivaut approximativement à 5,6 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, et des pertes estimées résultant d'inondations causées par cyclone extratropical de 149,7 m USD, équivalant à <0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, ou d'un dépassement de telles pertes est-elle, pour une année donnée, de 1,0 % (soit, alternativement, une périodicité moyenne de 100 ans). Dans le cas de Maurice, l'analyse de risque indique que les pertes liées aux cyclones tropicaux sont à la fois plus fréquentes et plus graves que celles dues aux inondations causées par des cyclones extratropicaux ou aux séismes. L'impact des cyclones tropicaux et extratropicaux est plus important que celui des séismes, ce qui correspond aux observations historiques pour l'île principale de l'archipel mauricien, l'île Rodrigues et la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) en général. Les pertes normalisées d'exposition à Maurice tendent, en particulier pour les cyclones tropicaux, à excéder celles de nombre des autres États insulaires du sud-ouest de l'océan Indien, en raison de l'exposition relativement concentrée, du fait de laquelle l'île peut être impactée entièrement par un événement unique. Il convient de souligner que les mesures de probabilité de dépassement ne sont pas additives pour les divers profils de risque spécifiques des divers périls. De ce fait, les profils de risque pour les cyclones tropicaux, les inondations causées par les cyclones extratropicaux et les séismes figurant ci-après d'alourdiront pas les pertes indiquées pour l'ensemble des périls avec la même périodicité.

Tableau 8 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour Maurice

Probabilité de dépassement:	Pertes annuelles moyennes	0,1	0,04	0,02	0,01	0,004	0,002
Périodicité moyenne (en années) :		10	25	50	100	250	500
Profils de risque : tous périls modélisés (AP)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	113,2	145,2	356,8	800,6	1 906,5	3 642,3	5 730,4
(% de la valeur totale d'exposition)	0,3%	0,4%	1,1%	2,4%	5,7%	10,9%	17,1%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	26,0	33,4	82,1	184,1	438,5	837,7	1 318,0
Profils de risque : Cyclone tropical (CT)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	90,7	97,3	329,1	757,3	1 880,7	3 632,9	5 702,3
(% de la valeur totale d'exposition)	0,3%	0,3%	1,0%	2,3%	5,6%	10,9%	17,0%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	75,7	174,2	432,6	835,6	1 311,5
Profils de risque : inondations causées par cyclone extratropical (CET)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	22,4	63,0	100,5	126,1	149,7	179,5	203,5
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	5,2	14,5	23,1	29,0	34,4	41,3	46,8
Profils de risque : Séisme (S)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 8 peut être visualisé avec l'illustration 15, qui fait apparaître la probabilité annuelle de dépassement des pertes au premier dollar induites par chaque péril modélisé, ainsi que pour l'ensemble des périls modélisés. Le dépassement de probabilités dans le Tableau 8 apparaît également à partir du schéma figurant dans ces diagrammes. Illustration 15 fait clairement apparaître la contribution des cyclones tropicaux aux pertes totales à Maurice avec une périodicité longue (périodicité moyenne ≥ 100 ans) et courte (périodicité moyenne ≥ 50 ans), et montre que les cyclones tropicaux constituent le principal péril catastrophique pour l'État insulaire. Les inondations causées par les cyclones extratropicaux contribuent de manière significative à des événements plus fréquents, ainsi qu'au pertes annuelles moyennes, ce qui laisse penser qu'à Maurice, les événements cycloniques extratropicaux sont, de manière générale, plus isolés géographiquement ou moins grave. Si des événements sismiques importants sont possibles à Maurice, les événements sismiques à l'origine de pertes sont considérés comme rares.

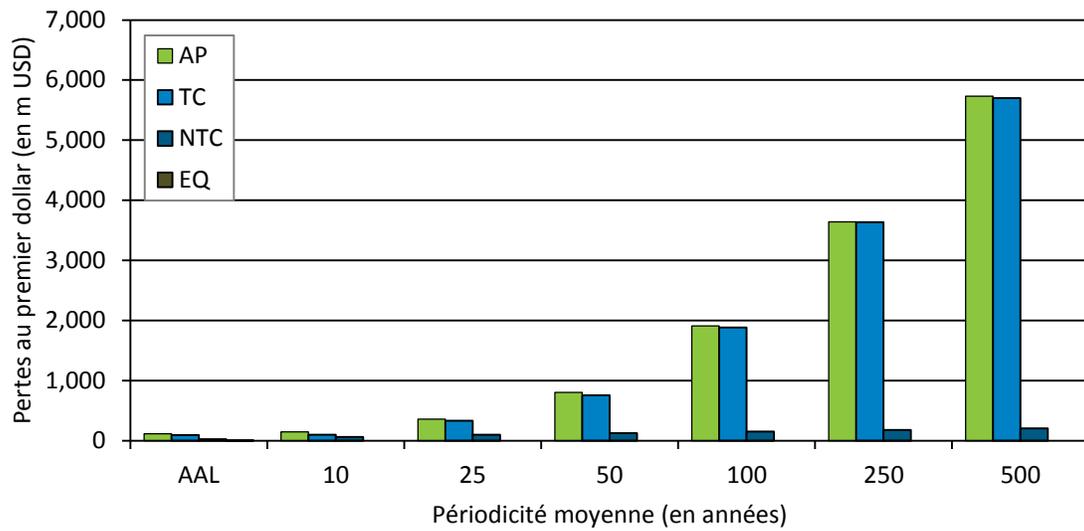


Illustration 15: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes à Maurice.

3.4 Seychelles

Les pertes annuelles moyennes résultant des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes combinés pour les Seychelles sont présentées dans l'illustration 16 par secteur d'exposition et péril.

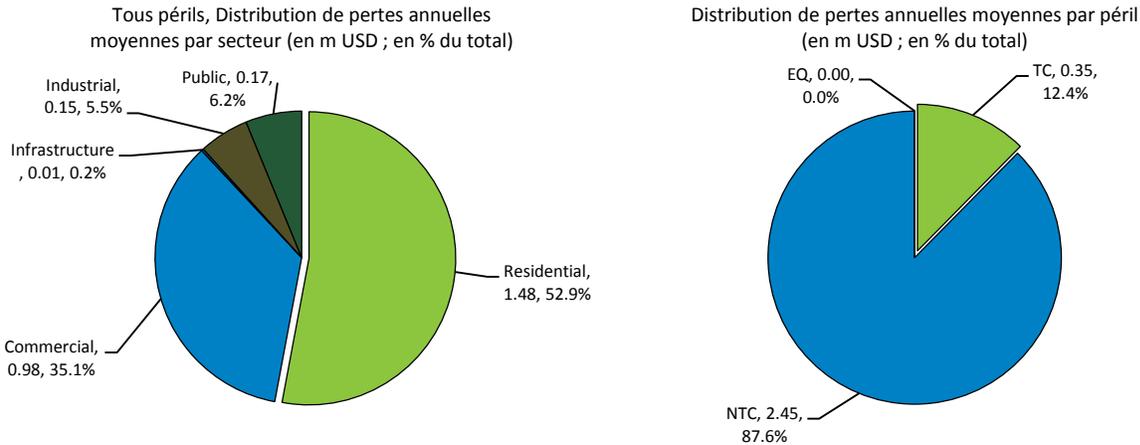


Illustration 16: Distribution des pertes annuelles moyennes aux Seychelles par secteur (à gauche) et par péril (à droite)

Les résultats de pertes à l'échelon national pour les Seychelles peuvent également être décomposés pour les diverses régions administratives par péril ou secteur d'exposition. Les distributions de de pertes annuelles moyennes sont, par exemple, présentées pour chaque région administrative 2 (c'est-à-dire, les régions), et le péril principal est présenté dans l'illustration 17. Des profils de risque complets, comprenant une décomposition par secteur d'exposition, pour chaque État insulaire, et chaque région administrative de niveau 1 et 2, figure dans l'addendum numérique au présent rapport.

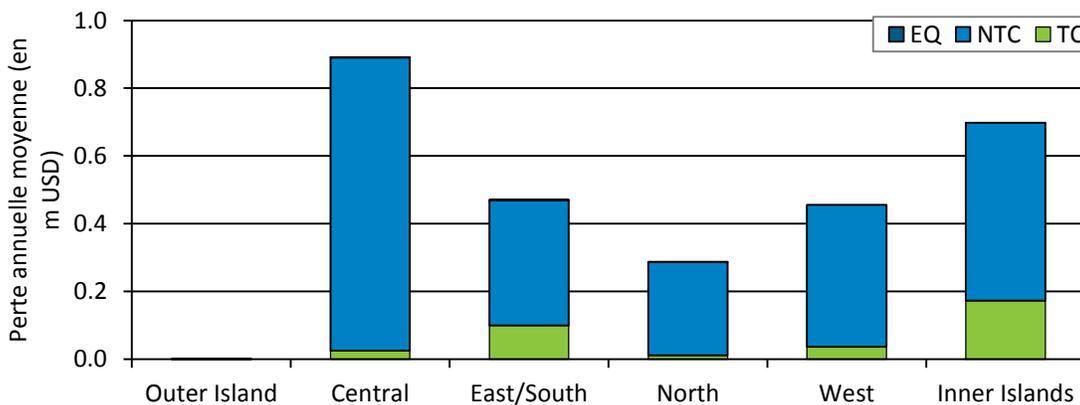


Illustration 17: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes aux Seychelles par région administrative 2 (c'est-à-dire, région).

La distribution des dommages sur le territoire seychellois peut également être visualisée spatialement pour l'ensemble de l'État insulaire. Par exemple, la distribution des pertes annuelles moyennes par région administrative 2, normalisée sur la base des pertes annuelles moyennes totales pour chaque péril, est présentée dans l'illustration 18 pour tous les périls combinés : cyclone tropical, inondation de cyclone extratropical et séisme.

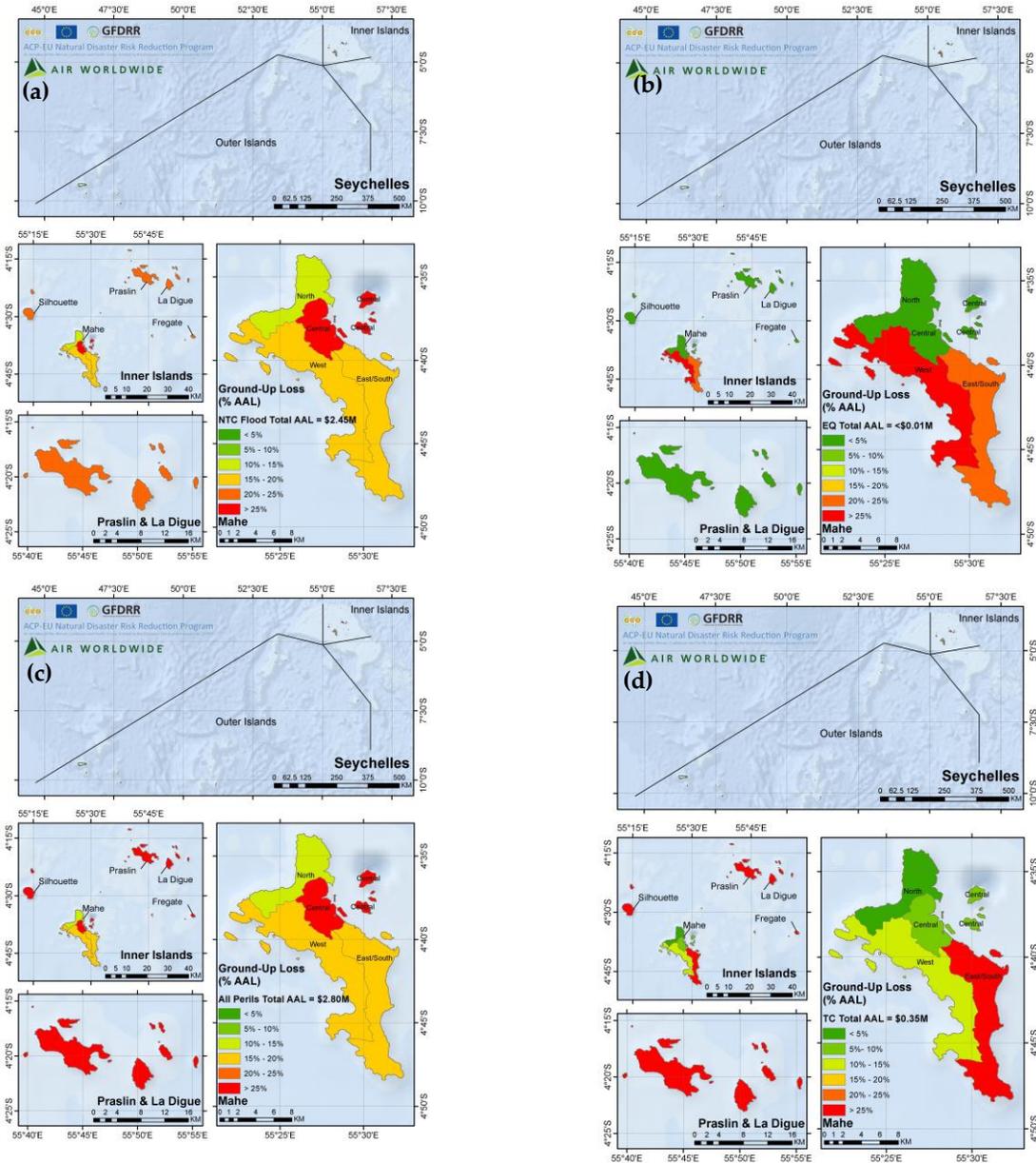


Illustration 18: Distribution des pertes annuelles moyennes pour les Seychelles résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes

Tableau 9 résume le profil de risque des Seychelles en termes de perte au premier dollar, de perte au premier dollar en termes d'exposition normalisée et de pertes liées à l'urgence. Les pertes au premier dollar sont les dépenses nécessaires à la réparation ou au remplacement des actifs endommagés et les pertes liées à l'urgence, les dépenses supportées dans le sillage d'une catastrophe naturelle, qui incluent les activités de secours et faisant immédiatement suite à un sinistre. Les pertes liées à l'urgence sont estimées en pourcentage du total des pertes au premier dollar directes (des administrations publiques et du secteur privé), telles que décrites dans le point initial de la section 3.

Tableau 9 présente la probabilité annuelle de dépassement des divers seuils de pertes directes et liées à l'urgence causées par des cyclones tropicaux, des séismes et l'ensemble des périls combinés aux Seychelles. Ainsi, la probabilité de pertes causées par un cyclone tropical excédant 10,2 m USD, ce qui équivaut approximativement à 0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, et des pertes estimées résultant d'inondations causées par cyclone extratropical de 15,9 m USD, équivalant à <0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, ou d'un dépassement de telles pertes est-elle, pour une année donnée, de 1,0 % (soit, alternativement, une périodicité moyenne de 100 ans). Dans le cas des Seychelles, l'analyse de risque indique que les pertes liées aux inondations causées par les cyclones extratropicaux sont à la fois plus fréquentes et plus graves que les pertes dues aux cyclones tropicaux ou aux séismes, ce qui est conforme aux observations historiques pour les Seychelles. Les pertes normalisées d'exposition aux Seychelles sont inférieures à celles de nombre des autres États insulaires du sud-ouest de l'océan Indien en raison de la faible probabilité de perte significative résultant d'un péril donné et d'une exposition géographique diverse rendant improbable que l'archipel soit impacté dans sa totalité par un événement. Il convient de souligner que les mesures de probabilité de dépassement ne sont pas additives pour les divers profils de risque spécifiques des divers périls. De ce fait, les profils de risque pour les cyclones tropicaux, les inondations causées par les cyclones extratropicaux et les séismes figurant ci-après d'alourdiront pas les pertes indiquées pour l'ensemble des périls avec la même périodicité.

Tableau 9 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour les Seychelles

Probabilité de dépassement:	Pertes	0,1	0,04	0,02	0,01	0,004	0,002
Périodicité moyenne (en années) :	annuelles moyennes	10	25	50	100	250	500
Profils de risque : tous périls modélisés (AP)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	2,8	8,6	12,2	14,8	17,9	21,0	23,4
(% de la valeur totale d'exposition)	0,0 %	0,1%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,6	2,0	2,8	3,4	4,1	4,8	5,4
Profils de risque : Cyclone tropical (CT)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	0,3	0,3	2,2	4,8	10,2	14,9	19,5
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0,1%	0,2%	0,3%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	0,5	1,1	2,4	3,4	4,5
Profils de risque : inondations causées par cyclone extratropical (CET)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	2,5	7,9	11,1	13,4	15,9	18,6	20,4
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,6	1,8	2,6	3,1	3,7	4,3	4,7
Profils de risque : Séisme (S)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 9 peut être visualisé avec l'illustration 19, qui fait apparaître la probabilité annuelle de dépassement des pertes au premier dollar induites par chaque péril modélisé, ainsi que pour l'ensemble des périls modélisés. Le dépassement de probabilités dans le Tableau 9 apparaît également à partir du schéma figurant dans ces diagrammes. Illustration 19 fait clairement apparaître la contribution des cyclones extratropicaux aux pertes totales aux Seychelles avec une périodicité longue (périodicité moyenne ≥ 100 ans) et courte (périodicité moyenne ≥ 50 ans), et montre que les cyclones tropicaux contribuent de manière significative uniquement à des événements graves peu fréquents. Si des événements sismiques importants sont possibles aux Seychelles, les événements sismiques à l'origine de pertes sont considérés comme rares.

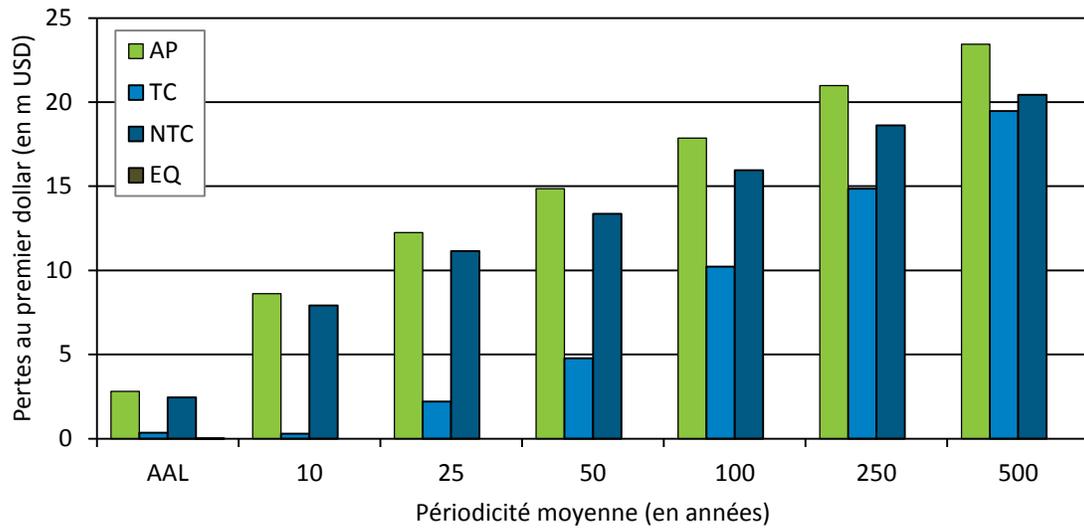


Illustration 19: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes aux Seychelles.

3.5 Zanzibar

Les pertes annuelles moyennes résultant des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes combinés pour Zanzibar sont présentées dans l'illustration 20 par secteur d'exposition et péril.

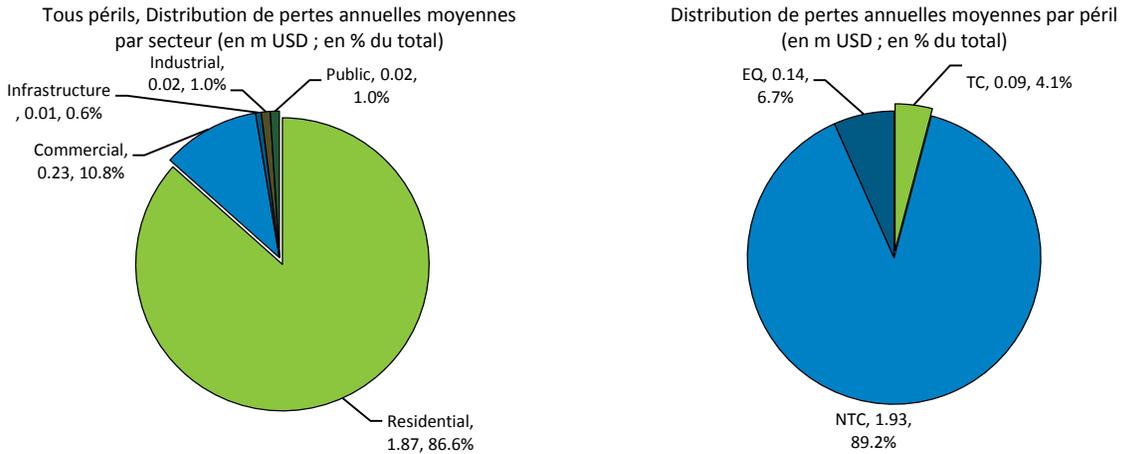


Illustration 20: Distribution des pertes annuelles moyennes à Zanzibar par secteur (à gauche) et par péril (à droite)

Les résultats de pertes à l'échelon national pour Zanzibar peuvent également être décomposés pour les diverses régions administratives par péril ou secteur d'exposition. Les distributions de de pertes annuelles moyennes sont, par exemple, présentées pour chaque région administrative 2 (c'est-à-dire, les districts), et le péril principal est présenté dans l'illustration 21. Des profils de risque complets, comprenant une décomposition par secteur d'exposition, pour chaque État insulaire, et chaque région administrative de niveau 1 et 2, figure dans l'addendum numérique au présent rapport.

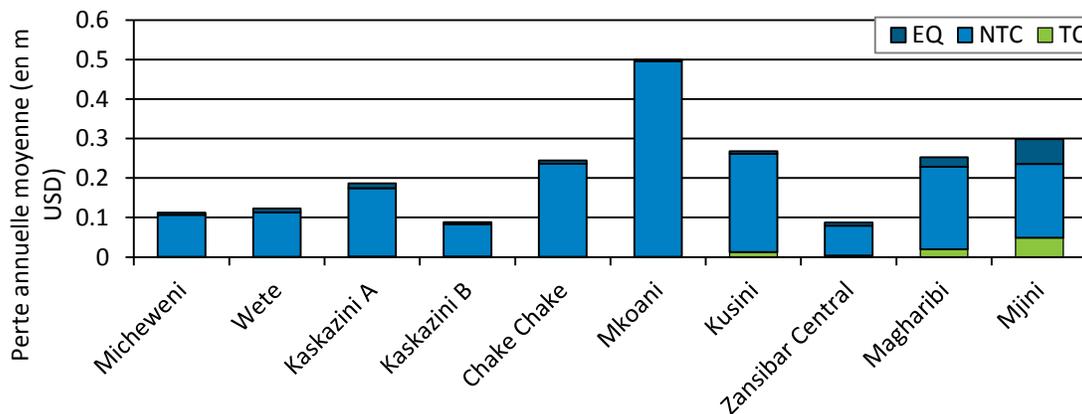


Illustration 21: Distribution spatiale des pertes annuelles moyennes à Zanzibar par région administrative 2 (c'est-à-dire, district).

La distribution des dommages sur le territoire de Zanzibar peut également être visualisée spatialement pour l'ensemble de l'État insulaire. Par exemple, la distribution des pertes annuelles moyennes par région administrative 2, normalisée sur la base des pertes annuelles moyennes totales pour chaque péril, est présentée dans l'illustration 22 pour tous les périls combinés : cyclone tropical, inondation de cyclone extratropical et séisme.

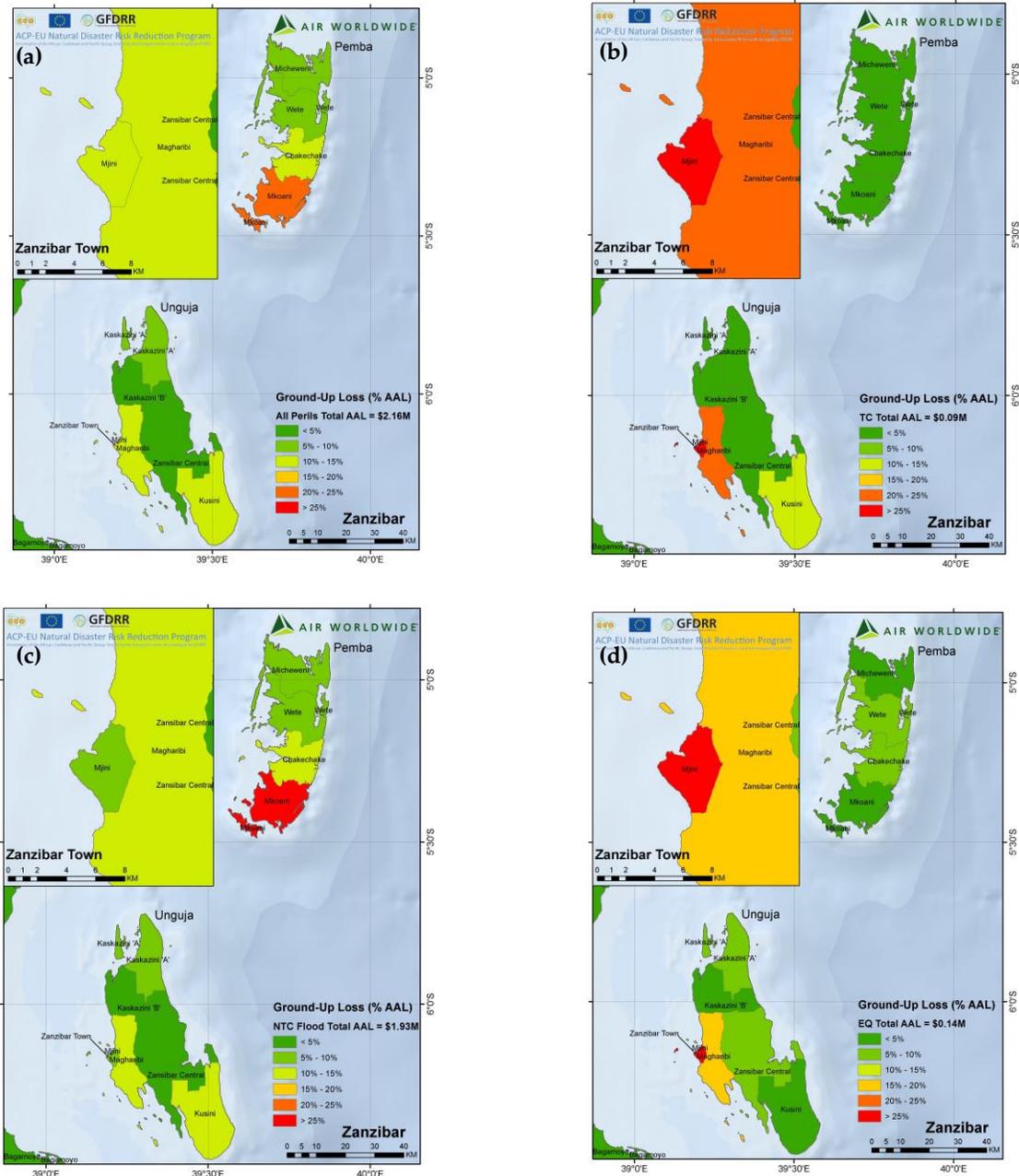


Illustration 22: Distribution des pertes annuelles moyennes pour Zanzibar résultant de (a) tous périls combinés ; (b) de cyclones tropicaux ; (c) d'inondations causées par des cyclones extratropicaux ; (d) de séismes

Tableau 10 résume le profil de risque de Zanzibar en termes de perte au premier dollar, de perte au premier dollar en termes d'exposition normalisée et de pertes liées à l'urgence. Les pertes au premier dollar sont les dépenses nécessaires à la réparation ou au remplacement des actifs endommagés et les pertes liées à l'urgence, les dépenses supportées dans le sillage d'une catastrophe naturelle, qui incluent les activités de secours et faisant immédiatement suite à un sinistre. Les pertes liées à l'urgence sont estimées en pourcentage du total des pertes directes (des administrations publiques et du secteur privé), telles que décrites dans le point initial de la section 3.

Tableau 10 présente la probabilité annuelle de dépassement des divers seuils de pertes directes et liées à l'urgence causées par des cyclones tropicaux, des séismes et l'ensemble des périls combinés à Zanzibar. Ainsi, la probabilité de pertes causées par un cyclone tropical excédant 0,1 m USD, ce qui équivaut approximativement à 0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, et des pertes estimées résultant d'inondations causées par cyclone extratropical de 12,8 m USD, équivalant à <0,1 % de la valeur totale de remplacement d'actifs du pays, ou d'un dépassement de telles pertes est-elle, pour une année donnée, de 1,0 % (soit, alternativement, une périodicité moyenne de 100 ans). Dans le cas de Zanzibar, l'analyse de risque indique que les pertes liées aux inondations causées par les cyclones extratropicaux sont à la fois plus fréquentes et plus graves que les pertes dues aux cyclones tropicaux et aux séismes, ce qui est conforme aux observations historiques pour Zanzibar. Des événements cycloniques tropicaux et sismiques peu fréquents (c'est-à-dire, avec une périodicité supérieure) ont le potentiel requis pour entraîner des pertes importantes à Zanzibar ; de tels événements sont toutefois considérés comme rares. Il convient de souligner que les mesures de probabilité de dépassement ne sont pas additives pour les divers profils de risque spécifiques des divers périls. De ce fait, les profils de risque pour les cyclones tropicaux, les inondations causées par les cyclones extratropicaux et les séismes figurant ci-après d'alourdiront pas les pertes indiquées pour l'ensemble des périls avec la même périodicité.

Tableau 10 : Profil de risque de catastrophe naturelle pour Zanzibar

Probabilité de dépassement:	Pertes annuelles moyennes	0,1	0,04	0,02	0,01	0,004	0,002
Périodicité moyenne (en années) :		10	25	50	100	250	500
Profils de risque : tous périls modélisés (AP)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	2,2	5,7	8,8	11,1	13,8	17,8	26,6
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,3%	0,4%	0,6%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,5	1,3	2,0	2,5	3,2	4,0	4,8
Profils de risque : Cyclone tropical (CT)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
Profils de risque : inondations causées par cyclone extratropical (CET)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	1,9	5,6	8,5	10,6	12,8	15,6	17,1
(% de la valeur totale d'exposition)	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%	0,6%	0,7%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,4	1,3	1,9	2,4	2,9	3,6	3,9
Profils de risque : Séisme (S)							
Pertes au premier dollar (en m USD)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	18,9
(% de la valeur totale d'exposition)	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0,2%	0,7%
Pertes liées à l'urgence (en m USD)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,0

Tableau 10 peut être visualisé avec l'illustration 23, qui fait apparaître la probabilité annuelle de dépassement des pertes au premier dollar induites par chaque péril modélisé, ainsi que pour l'ensemble des périls modélisés. Le dépassement de probabilités dans le Tableau 10 apparaît également à partir du schéma figurant dans ces diagrammes. Illustration 23 fait clairement apparaître la contribution des cyclones extratropicaux aux pertes totales à Zanzibar avec une périodicité longue (périodicité moyenne ≥ 100 ans) et courte (périodicité moyenne ≥ 50 ans), et montre que les séismes contribuent de manière significative uniquement à des événements graves peu fréquents. Si des événements cycloniques tropicaux importants sont possibles à Zanzibar, les événements cycloniques tropicaux à l'origine de pertes sont considérés comme rares.

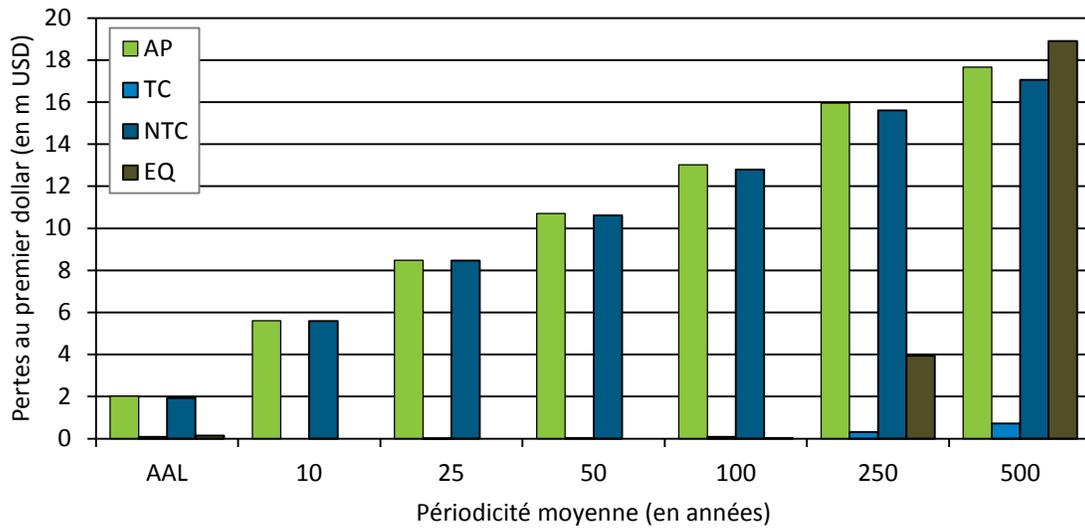


Illustration 23: Périodicités moyennes associées au dépassement de divers seuils de pertes au premier dollar causées par des cyclones tropicaux, inondations entraînées par des cyclones extratropicaux et séismes à Zanzibar.

4 Incertitude en matière de risque et potentiel de changement à l'avenir

Ainsi qu'indiqué dans la section 2, le risque de catastrophe naturelle est calculé sous la forme d'une combinaison d'aléa, d'exposition et de vulnérabilité, l'estimation de chacun de ces facteurs comportant un facteur d'incertitude et étant susceptible de changer à l'avenir. Pour quantifier cette incertitude, AIR emploie des outils probabilistes pour estimer l'impact d'événements à la fois courants et extrêmement rares ; aucun modèle de risque n'est néanmoins capable de prédire tous les résultats potentiels de tous les événements futurs.

L'aléa dans la région du sud-ouest de l'Océan indien est calculé en utilisant, pour chaque péril, les archives historiques. Ainsi qu'indiqué plus précisément dans le rapport sur le Composante 1, une attention particulière est accordée à la sélection des parties les plus fiables des archives historiques pour générer des probabilités de survenance d'événements et d'intensités associées plausibles d'un point de vue scientifique et défendables. Cette stratégie est intrinsèquement limitée par la période des archives historiques disponibles. Il a pu arriver que des événements rares ou peu fréquents n'aient pas été pris en compte dans les archives historiques, et qu'ils ne figurent donc pas dans les catalogues stochastiques d'événements potentiels d'AIR. En outre, dans le cas de périls atmosphériques, les archives historiques et le catalogue stochastique ne prennent pas expressément en compte les changements à venir imputables au réchauffement climatique, à la hausse du niveau des océans et à d'autres changements naturels et anthropiques. Des changements climatiques déjà pris en compte dans les archives historiques, tels que la fréquence des cyclones tropicaux ou des pluies extrêmes ayant eu lieu ces dernières années, sont néanmoins implicitement envisagés dans l'aléa modélisé. Pour tous les périls, l'effet combiné d'archives historiques limitées et du changement climatique peut, le cas échéant, se manifester dans la survenance d'événements futurs qui ne sont pas envisagés dans les catalogues stochastiques. Néanmoins, si la fréquence et l'incidence d'aléas étudiés dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) peuvent différer à l'avenir, les catalogues stochastiques pour chaque péril peuvent prendre en compte des milliers d'événements graves et sévères qui ne sont pas encore survenus dans les archives historiques et dont il est probable qu'ils reflèteront un large éventail d'événements futurs, et notamment ceux susceptibles de résulter d'évolutions du climat. Ainsi, jusqu'à ce qu'un changement clair des paramètres d'entrée de modèle stochastique puissent être discernés de manière fiable à partir de données observées, les catalogues stochastiques et les estimations de risque associés devraient demeurer valides et représentatifs d'événements catastrophiques futurs dans la région du sud-ouest de l'océan Indien.

Les modifications des actifs exposés dans chaque État insulaire du SOOI ont peut être une influence encore plus grande sur le risque. Au nombre de celles-ci peuvent figurer des changements de la distribution spatiale des immeubles, des mutations économiques affectant l'évaluation des actifs ou des évolutions des caractéristiques structurelles des bâtiments réduisant ou améliorant leur résistance aux catastrophes naturelles. Ainsi, l'édification d'immeubles dans des plaines inondables ou dans des régions côtières vulnérables aux marées de tempête causées par des cyclones tropicaux peut aggraver sensiblement le risque pour les États insulaires du SOOI, plus encore peut-être que les effets du changement climatique. Inversement, l'adoption de codes du bâtiment rigoureux et de réglementations d'aménagement du territoire prenant en compte le risque de catastrophe naturelle, ainsi que de meilleures pratiques de construction peut avoir pour effet de réduire de manière significative les pertes économiques et humaines potentielles. Les niveaux de développement économique diffèrent considérablement dans la région du

sud-ouest de l’océan Indien (SOOI). Ces écarts se traduisent dans les pratiques de construction, les infrastructures et la résilience de chaque État insulaire, autant de facteurs ayant une incidence sur le niveau de risque. Si les évolutions à venir des aléas sont empreintes d’incertitudes et difficilement prévisibles, le potentiel le plus important de réduction des pertes attendues présentées dans cette enquête réside dans l’investissement dans des stratégies de développement tenant compte du risque.

5 Références

1. UNISDR/IOC (2015), *ISLANDS Programme for financial protection against climatic and natural disasters: Report on Union des Comores*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, Commission de l'océan Indien et Union européenne, 88 pp.
2. UNISDR/IOC (2015), *ISLANDS Programme for financial protection against climatic and natural disasters: Report on Madagascar*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, Commission de l'océan Indien et Union européenne, 104 pp.
3. UNISDR/IOC (2015), *ISLANDS Programme for financial protection against climatic and natural disasters: Report on Mauritius*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, Commission de l'océan Indien et Union européenne, 177 pp.
4. UNISDR/IOC (2015), *ISLANDS Programme for financial protection against climatic and natural disasters: Report on Seychelles*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, Commission de l'océan Indien et Union européenne, 105 pp.
5. UNISDR/IOC (2015), *ISLANDS Programme for financial protection against climatic and natural disasters: Report on Zanzibar*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, Commission de l'océan Indien et Union européenne, 114 pp.
6. UNISDR (2015), *Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*, Genève, Suisse, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, 316 pp.
7. UNISDR (2013), *Probabilistic Modelling of Natural Risks at Global Level: Global Risk Model*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, 719 pp.
8. UNISDR (2015), *Update on the Probabilistic Modelling of Natural Risks at Global Level: Global Risk Model*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, CIMNE, INGENIAR, 1124 pp.
9. UNISDR (2014), *Selection of Local Case Studies with Fully Probabilistic Hazard and Risk Assessments*, Secrétariat de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles, CIMNE, INGENIAR, 148 pp.
10. Bitrán (2004), *Importance Of Emergency Expenses Concerning Debris Removal Due To Natural Disasters Occurred In México And Other Latin American Countries*, AIR Worldwide, 48 pp.

Annexe A : Développement de la fonction « dommages ».

Le module de vulnérabilité pour le sud-ouest de l’océan Indien estime les pertes causées par les secousses sismiques, les vents de cyclones tropicaux, ainsi que les inondations résultant de précipitations et marées de tempête occasionnées par des cyclones tropicaux, et les précipitations liées aux cyclones extratropicaux dans les cinq États insulaires des Comores, de Maurice, de Madagascar, des Seychelles et de Zanzibar. La gravité des dommages matériels subis par les bâtiments et les infrastructures du fait de périls est représentée par des fonctions dommages. Ces fonctions sont des rapports statistiques qui estiment la perte prévisible subie par un actifs soumis à diverses intensités d’aléa causées par un événement catastrophique. Figure A.1 présente des exemples de fonctions de dommages pour le vent et les secousses sismiques. Le degré de pertes est habituellement représenté par le taux moyen de dommage (*mean damage ratio*, MDR), défini comme le taux correspondant au coût de réparation de l’actif par rapport à la valeur de remplacement totale de l’actif. Les pertes sont évaluées en utilisant uniquement le taux moyen de dommage, et diverses incertitudes intrinsèques en termes de dommages et d’intensité ne sont pas explicitement prises en compte. Ainsi, les pertes calculées pour cette recherche correspondent-elles à une valeur moyenne et peuvent être supérieures ou inférieures aux pertes effectivement subies lors d’un événement. Les pertes moyennes liées à des événements peu fréquents, ou dont la périodicité est longue, tend, en général, à sous-estimer les pertes totales prenant expressément en compte l’incertitude.

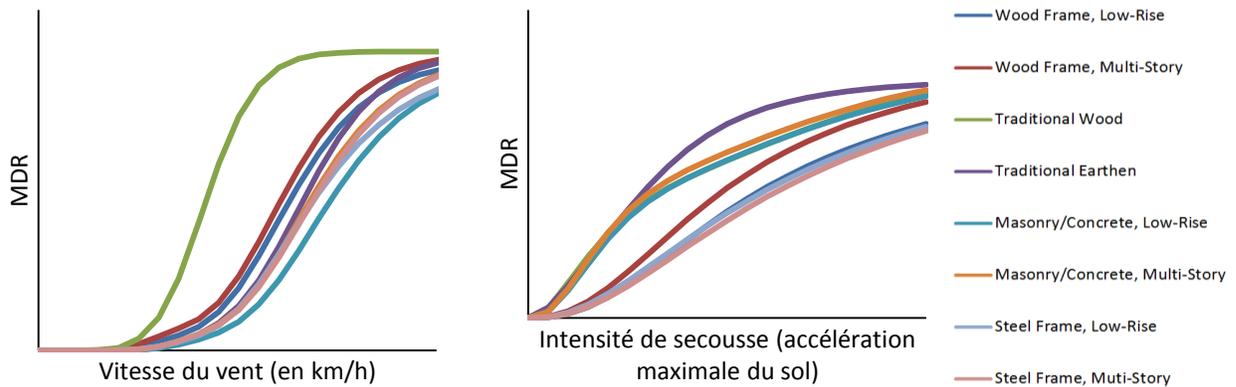


Figure A.1. Exemples de fonctions de dommages causés aux bâtiments par le vent (à gauche) et les séismes (à droite)

Mesures d'intensité de séisme, de cyclone tropical et de cyclone non tropical

L’objectif du modèle de vulnérabilité consiste à développer des fonctions de dommages facilitant l’estimation de taux moyens de dommages pour les constructions et modalités d’utilisation pertinentes à titre de fonctions de valeurs d’intensité pour divers périls.

Trois types de périls primaires ont été expressément pris en compte dans cette analyse de risque : les séismes (hors tsunami), les cyclones tropicaux (vent, précipitations et marée de tempête) et les précipitations de cyclones

extratropicaux. Pour plus d'informations concernant les événements historiques dans cette région et leurs caractéristiques reportez-vous à la Composante 1. Les effets de ces événements sont mesurés au moyen des mesures d'intensité décrites ci-après. Ces mesures d'intensité sont utilisées comme entrées dans les fonctions de dommage évoquées ici.

- Vitesse du vent (pour les cyclones tropicaux)
 - Les vitesses de vent sont définies comme la vitesse maximale du vent maintenue durant une minute à 10 mètres au-dessus de la surface du sol, sur lieu d'exposition, mesurées en mph.
- Hauteurs d'inondation (causée par les précipitations liées aux cyclones tropicaux et cyclones non tropicaux)
 - La hauteur de l'eau stagnante mesurée à partir de l'élévation du premier niveau sur le site d'exposition résultant de précipitations causées par un cyclone tropical (eau douce) ou par un cyclone extratropical (eau douce), ou d'une marée de tempête (eau salée), mesurée en mètres.
- Intensité de secousse sismique (pour les séismes)
 - L'intensité de secousse sismique est mesurée par l'accélération maximale du sol horizontale sur le site d'exposition mesurée en unités d'accélération de gravité, « g ».

Vous remarquerez que d'autres effets de ces événements, tels que les glissements de terrain, la liquéfaction et incendies consécutifs à un séisme n'ont été pris en compte explicitement. Leurs effets sont néanmoins explicitement inclus, au moins partiellement, dans ces analyses, dans la mesure où les pertes entraînées par ces phénomènes étaient incluses dans les données empiriques se rapportant à des événements historiques utilisés pour étalonner les fonctions de dommage adoptées ici.

Sur la base de l'exposition dans les cinq États insulaires de la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI), cinq principaux types de construction sont pris en compte lors de l'élaboration de fonctions de dommage :

- bois niveau unique ou multi-niveaux ;
- maçonnerie/béton niveau unique ou multi-niveaux ;
- acier niveau unique ou multi-niveaux ;
- autres matériaux, niveau unique ou multi-niveaux ; et
- traditionnel bambou et terre niveau unique.

Des exemples de types de bâtiments représentatifs pour les États insulaires du SOOI sur lesquels porte cette étude figurent dans la galerie de photos dans le Tableau A.1. Les images sont groupées par type de construction et chaque légende comporte le code d'identification du pays. Une comparaison croisée de types de constructions du SOOI avec ceux d'autres pays est utilisée pour acquérir une compréhension de régions dont les pratiques de construction sont similaires.

Tableau A.1. Galerie de photographies du parc immobilier dans le sud-ouest de l'océan Indien

Type de bâtiment	Photographie avec identifiant national		
Maçonnerie/béton niveau unique/multi-niveaux	 COM	 DGM	 DGM
	 MUS	 SYC	 ZAN
Structure en acier niveau unique/multi-niveaux	 MUS	 DGM	 SYC
Structure en bois niveau unique/multi-niveaux	 COM	 DGM	 MUS
	 SYC	 SYC	 ZAN

Traditionnel niveau unique/multi- niveaux	 <p>COM</p>	 <p>DGM</p>	 <p>DGM</p>
	 <p>SYC</p>	 <p>ZAN</p>	 <p>ZAN</p>
	Autre niveau unique/multi- niveaux	 <p>DGM</p>	 <p>MUS</p>

Méthodologie de développement de fonctions de dommage

La disponibilité de données post-événementielles concernant les pertes, de rapports concernant les dommages aux biens et de codes nationaux du bâtiment est limitée, voire inexistante, dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI), ce qui complique le développement de fonctions de dommage reflétant les caractéristiques uniques du défi auquel est confronté chaque État insulaire. Ainsi qu'indiqué plus amplement dans cette section, AIR a tiré parti de données et de l'expérience acquise dans des régions similaires, ailleurs dans le monde, pour élaborer une méthodologie généralisée, basée sur des composants, d'estimation des relations intensité-dommage multi-périls dans la région du SOOI. Cette méthodologie incorpore de multiples approches et sources de données, et notamment des ensembles de données AIR exclusive, la consultation d'un expert en modélisation de vulnérabilité et de pertes, un cadre proposé pour le développement de fonctions de vulnérabilité dans les pays insulaires (Stubbs, 1999), et une adaptation du cadre proposée par le logiciel FEMA HAZUS-MH.

L'approche basée sur les composantes de l'élaboration de fonctions de dommage pour les petits pays insulaires proposée par Stubbs prend en compte l'isolation relative d'États insulaires, et présume que les différences en termes de pratiques de construction et de performances de bâtiments dans les États insulaires sont minimales. Cette approche utilise des fonctions linéaires de vulnérabilité simplifiées pour les composants, ainsi que les meilleures estimations des états de dommages de composante au début et à la fin. Cette approche est adaptée au SOOI en améliorant la fonction linéaire de dommage de composante proposée dans l'étude originelle en utilisant des fonctions cumulatives de distribution normale logarithmique cumulative, et prenant en compte l'incertitude entourant les valeurs médianes de chaque état de dommage.

En plus de la méthodologie petite île, le cadre FEMA HAZUS-MH de vulnérabilité de bâtiment est utilisé pour calculer la moyenne pondérée de la construction de fonctions de vulnérabilité à partir de fonctionne de composant pour des états de dommages spécifiques. Alors que le système HAZAUS utilise quatre états de dommages (légers, modérés, importants et complets), les fonctions SOOI n'en emploient que deux (légers et importants). Cette simplification est rendue nécessaire par la disponibilité limitée de données régionales concernant les dommages permettant d'élaborer des états de dommages supplémentaires et de réduire l'impact de la subjectivité associée à la sélection de taux moyens de dommages associés à chaque état de dommages, ce qui requiert une appréciation technique locale détaillée et implique un facteur d'incertitude important. Les deux niveaux de dommages choisis sont « léger » (*Slight*), ce qui suppose des taux de dommage dans une fourchette de 5 % à 10 %, et « important » (*Extensive*), c'est-à-dire, des taux de dommages compris entre 80 % et 85 %. Ces niveaux de dommages sont plus intuitifs et plus faciles à identifier que des niveaux de dommages intermédiaires. Le qualificatif de « léger » associé au terme dommage correspond à l'état d'un bâtiment ayant subi des dommages visibles, causes de pertes, alors que celui d' « important » définit un état de dommages du fait duquel le bâtiment est quasiment irréparable au point qu'il en devient inutilisable.

L'approche combinée du développement des fonctions de dommages repose également sur les études techniques régionales disponibles, qui sont principalement centrées sur la fréquence des cyclones tropicaux (*Cyclone Resilient Landscape; Case for Madagascar*, Esther Bergstra et Roxanne Hornman), les inondations historiques et les zones affectées (*Diagnosis of Flood and Plan of Actions in Seychelles*, Government of Seychelles, 2015), les paramètres historiques des catastrophes naturelles (*Disaster Risk Profile of the Republic of Seychelles*, Chang Seng et Guillaude, 2008) et un échantillon incomplet de types de bâtiments à Madagascar (*Damage, Loss, and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction after the 2008 Cyclone Season in Madagascar*, 2008).

Du fait de l'absence d'études de terrain approfondies avant et après catastrophe, ainsi que du caractère limité des études et des données décrivant en détail les pratiques de construction et les performances des bâtiments à l'échelle régionale, l'approche adoptée ici est renforcée par un consultant en modélisation de vulnérabilité de bâtiment et de pertes auquel a fait appel AIR pour conduire et gérer le développement des fonctions de vulnérabilité pour la région du SOOI. L'appréciation technique des paramètres, les pondérations d'exposition et d'importance, et les attentes définies en relation avec les composantes et les bâtiments, etc., par le consultant reposent sur l'expérience acquise par lui de la gestion du développement de modules de vulnérabilité pour des fournisseurs de premier plan de modélisation de catastrophe (par exemple, AIR, EQECAT, RMS et Impact Forecasting), la conduite d'études de reconnaissance et de dommages post-événement après une catastrophe majeure (par exemple, séismes de Northridge, de Chuetsu, de Chichi et de Niigata ; cyclones tropicaux Pakka, Ivan, Isabelle et Bonnie), et la gestion du développement de modules de vulnérabilité pour des projets de la Banque mondiale au Maroc, au Belize et au Vietnam.

Enfin, des fonctions de vulnérabilité dans d'autres régions du monde sont utilisées comme références pour le développement de fonctions de dommage de composante pour les pays du SOOI, en les comparant avec des régions dont les pratiques de construction sont relativement similaires. Les pays identifiés par le consultant vulnérabilité à cette fin sont le Belize, le Vietnam, la Jamaïque et Taïwan. Les caractéristiques communes utilisées pour sélectionner les pays pour lesquels sont présumées des pratiques de construction similaires à celles existant dans le sud-ouest de l'océan Indien sont les suivantes :

- taille réduite :
 - base limitée de ressources naturelles, forte concurrence pour l'utilisation des terres, utilisation intense des terres, immédiateté de l'interdépendance au sein des systèmes humains et environnementaux, concentration spatiale d'actifs productifs ;
- insularité et isolement :
 - coûts élevés d'acheminement depuis l'extérieur, délais et coût élevé d'évaluation de marchandises en provenance de l'extérieur, retard d'information et moindre qualité des flux informationnels, affaiblissement géopolitique ;
- facteurs environnementaux :
 - petites zones insulaires exposées, et vastes zones côtières ;
- capacité d'atténuation de catastrophe :
 - capacité prévisionnelle limitée en matière d'aléa; couverture d'assurance limitée ;
- facteurs démographiques :
 - base limitée de ressources humaines, population de petite taille, changements rapides au sein de la population, centre urbain unique, population concentrée dans les zones côtières, diséconomies d'échelle conduisant à un coût supérieur du capital pour les infrastructures et les services ;
- facteurs économiques :
 - petites économies, dépendance à l'égard des financements extérieurs, dépendance à l'égard d'un petit marché intérieur, production hautement spécialisée.

Des informations supplémentaires dérivées d'études de terrain de performance de composante après des événements de sinistre ont également été incluses dans le développement d'états de dommages de composante. Sur la base de la

méthodologie décrite précédemment, l'élaboration de fonctions de vulnérabilité de bâtiment dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) suppose les étapes et hypothèses suivantes :

- la présomption que les bâtiments sont constitués de quatre composantes essentielles : une structure (C1), une enveloppe (C2), des éléments non structurels (C3) et des fondations (C4).
- Il convient, pour chacune de ces composantes, de supposer deux modes de dommages : Légers (a) et importants (b) ;
- la présomption, conformément à la pratique standard (HAZUS-MH, recommandations ATC-58) d'une distribution normale logarithmique des dommages causés à une composante standard ;
- l'affectation de paramètres pour les distributions normales logarithmiques sur la base de la documentation technique, d'une comparaison avec des fonctions dans des régions similaires et d'une appréciation technique, pour créer des fonctions de dommage pour chaque composante et chaque état de dommages (par exemple, C1a, C1b) ;
- le calcul de fonctions de dommage de composante (par exemple, C1) en déterminant le moyenne pondérée de la fonction de dommage de composante pour les deux états de dommages (par exemple, C1a, C1b). Les pondérations sont déterminées sur la base de la documentation technique, d'une comparaison avec des fonctions dans des régions similaires et d'une appréciation technique ;
- l'agrégation des fonctions de dommage de composantes (fondations, structure, enveloppe et éléments non structurels) en utilisant des pondérations pour chaque composante pour créer des fonctions de dommage pour chaque type de construction et péril. Les pondérations sont fonction du type de construction et du péril, et prennent en compte la contribution de chaque composante dans la performance de chaque type de construction, et l'importance de chaque composante en relation avec chaque péril. Les choix de ces pondérations sont basés sur un jugement technique et des pratiques régionales de construction ;
- la production d'une matrice cartographique de construction-occupation, qui est une matrice de facteurs fonctions du péril utilisée pour estimer les fonctions de dommage pour les types de construction dans le but de produire des fonctions de dommage pour une combinaison correspondante d'occupations disponibles dans l'exposition. Les pondérations sont suggérées sur la base d'un jugement technique. Un exemple de matrice de construction-occupation figure dans l'Illustration A.2 ;
- la génération de fonctions de vulnérabilité pour toutes les combinaisons construction-occupation dans l'exposition et pour chaque péril.

Construction-Occupancy Matrix		Single Story Frame, Timber/Wood Wall	Multi Story Frame, Timber/Wood Wall	Single Stor Masonry/Concrete,	Multi Story Masonry/Concrete	Traditional Wood, Bamboo/Wood Wall	Traditional Earthen, Stone	Other Single Story, Unknown Wall	Other Multi Story, Unknown Wall	Single Story Steel Frame	Multi Story Steel Frame
		1	2	1	2	1	1	1	2	1	2
Height Band		1	2	1	2	1	1	1	2	1	2
RES	Single Family	105%		105%		105%	105%	105%		105%	
	Multi-Family		100%		100%				100%		100%
COM	Accomodation		95%		95%				95%		95%
	General	95%	95%	95%	95%			95%	95%	95%	95%
IND	General	110%		110%				110%		110%	
PUB	Education Primary	100%	100%	100%	100%			100%	100%	100%	100%
	Education University	90%		90%				90%		90%	
	Public Services	100%	100%	100%	100%			100%	100%	100%	100%
	Government		90%		90%				90%		90%
	Healthcare	110%		110%				110%		110%	
	Religion	110%		110%				110%		110%	

Illustration A.2. Exemple de matrice de construction-occupation

Validation de fonctions de vulnérabilité

Du fait de l'indisponibilité de données relatives aux dommages et aux déclarations de sinistre dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI), la validation des fonctions de vulnérabilité s'effectue par comparaison de fonctions de dommages développées pour la région du SOOI avec des ensembles de fonctions de dommages développées par AIR dans d'autres régions dont les pratiques de construction sont similaires, de même que les caractéristiques d'aléa. Les régions choisies pour validation sont différentes de celles utilisées pour le processus d'étalonnage décrit précédemment, de sorte que ces comparaisons constituent des évaluations indépendantes des fonctions pour le SOOI. Il est procédé à une validation par rapport aux fonctions développées par AIR pour les Philippines, les États insulaires du sud de l'océan Pacifique, l'Australie et l'Inde. Ainsi qu'indiqué précédemment, il n'a pas été procédé à validation par rapport à des données enregistrée, aucune données détaillées ventilées par type de construction ou catégorie d'occupation n'étant disponible publiquement pour la région du SOOI en relation avec quelque événement historique catastrophique que ce soit. Des exemples de cette validation figurent dans les illustrations ci-après pour les vents cycloniques tropicaux (voir Illustration A.3) et les séismes (voir Illustration A.4) pour les constructions en bois, en terre traditionnelles, en béton/maçonnerie et d'autres types.

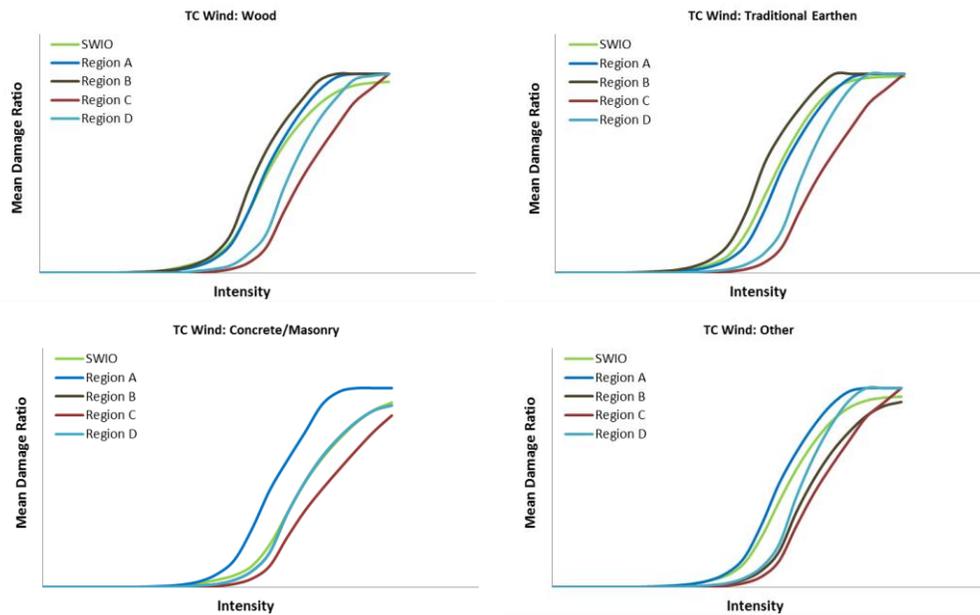


Illustration A.3. Validation des fonctions de dommages causés par les vents de cyclone tropical pour le SOOI par rapport à d'autres régions similaires pour les constructions en bois, en terre traditionnelles, en béton/maçonnerie et d'autres types.

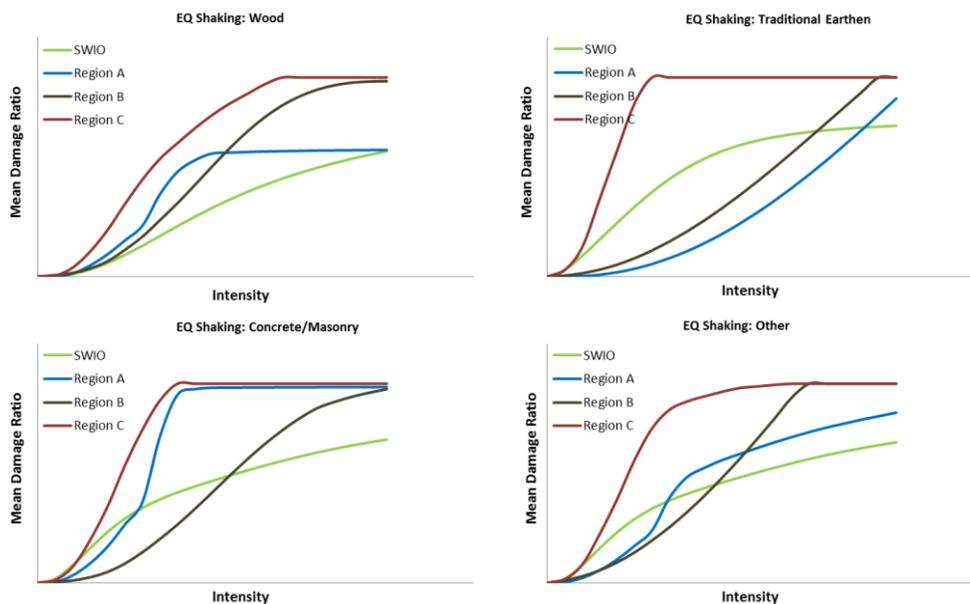


Illustration A.4. Validation des fonctions de dommages causés par les secousses sismiques pour le SOOI par rapport à d'autres régions similaires pour les constructions en bois, en terre traditionnelles, en béton/maçonnerie et d'autres types.

Fonctions de dommage causés aux actifs d'infrastructure

Le développement de la fonction de dommage aux infrastructures est basé sur un modèle de vulnérabilité exclusif d'AIR ; ce rapport n'en comporte donc pas de description détaillée. Les fonctions de dommage pour les actifs d'infrastructure sont adaptées à partir du modèle d'AIR pour les États insulaires de la région sud de l'océan Pacifique, dont les pratiques de construction sont similaires à celles des États insulaires de la région sud-ouest de l'océan Indien. Le développement des fonctions de dommage pour les infrastructures s'effectue conformément à une approche similaire à celle décrite pour les bâtiments, excepté que les fonctions de dommage sont développées pour des actifs types dans chaque catégorie de vulnérabilité, et que la validation et l'étalonnage reposent sur des données historiques de pertes dans les États insulaires de la région sud de l'océan Pacifique. Des exemples de fonctions de dommage causé à infrastructure par les secousses sismiques et les vents associés aux cyclones tropicaux figurent dans l'illustration A.5.

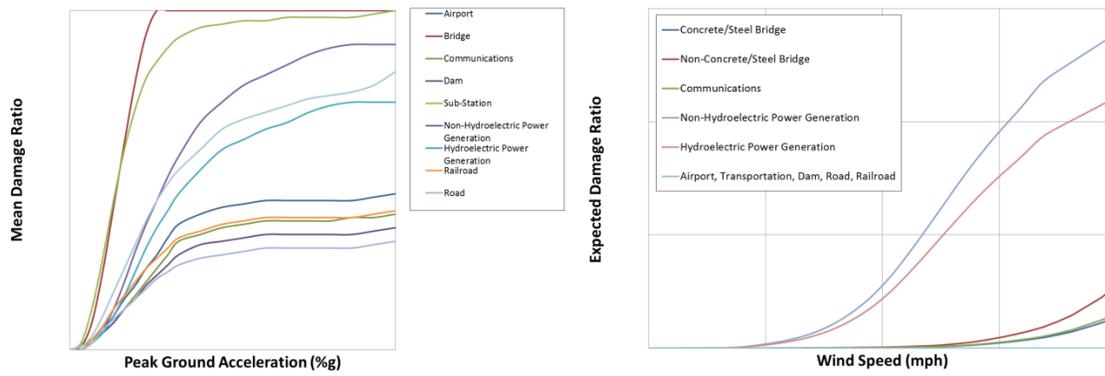


Illustration A.5. Exemples de fonctions de dommage causé à infrastructure par les secousses sismiques et les vents associés aux cyclones tropicaux

Modification régionale

Les fonctions de dommage résultant, dans la région du sud-ouest de l'océan Indien, de secousses sismiques, d'inondations provoquées par des cyclones extratropicaux ou des cyclones tropicaux, et des marées de tempête de cyclone tropical sont présumées uniformes pour l'ensemble des États insulaires du SOOI. Cette hypothèse est fonction de la rareté de données nationales relatives aux dommages et de la corrélation existante, généralement bonne, entre pertes modélisées et déclarées disponibles. Les fonctions de dommage causé par les vents de cyclone tropical pour Maurice et les Seychelles sont modifiées pour en réduire la vulnérabilité par rapport aux fonctions de base pour le sud-ouest de l'océan Indien, ce qui reflète le niveau supérieur de développement et un historique de pratiques de construction plus rigoureuses à Maurice et aux Seychelles par rapport aux autres États insulaires étudiés dans la région du SOOI. Toutes les fonctions de dommage causé aux actifs d'infrastructure sont présumées uniformes pour l'ensemble des périls dans le sud-ouest de l'océan Indien.

Références

1. Stubbs, N. (1999), *A probable maximum loss study of critical infrastructure in three Caribbean island states. Report for Unit of Sustainable Development and Environment General Secretariat Organization of American States.*
2. Taramelli, A., Valentini, E., & Sterlacchini, S. (2015), « A GIS-based approach for hurricane hazard and vulnerability assessment in the Cayman Islands », *Ocean & Coastal Management*, 108, 116-130.
3. Vickery, P., Skerlj, P., Lin, J., Twisdale, L., Jr., Young, M., and Lavelle, F. (2006), « HAZUS-MH Hurricane Model Methodology. II: Damage and Loss Estimation », *Nat. Hazards Rev.*, 10.1061/(ASCE)1527-6988(2006)7:2(94), 94-103.
4. Unanwa, McDonald, Mehta and Smith (2000), « The Development of Wind Damage Bands for Buildings », *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 84, 119-149
5. *Review of South-West Indian Ocean Region (2015). UNISDR Working Papers on Public Investment Planning and Financing Strategy for Disaster Risk Reduction*
6. Reinhard Mechler (2005), *Cost-Benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing Countries; Sector Project "Disaster Risk Management in Development Cooperation"*
7. Koshimura, Oie, Yanagisawa, Imamura, « Developing Fragility Functions for Tsunami Damage Estimation Using Numerical Model and Post-Tsunami Data from Nada Aceh, Indonesia » (2009), *Coastal Engineering Journal*, Vol. 51, No.3 243-273
8. Chang Seng, Guillande, *Disaster Risk Profile of the Republic of Seychelles* (2008). Programme des Nations Unies pour le développement,
9. *Damage, Loss, and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction after the 2008 Cyclone Season in Madagascar* (2008), Rapport préparé par le gouvernement malgache avec le soutien des Nations Unies et de la Banque mondiale.
10. Anne Cope (2004), *Predicting the Vulnerability of Typical Residential Buildings to Hurricane Damage; PhD Dissertation to University of Florida*,
11. Gouvernement des Seychelles, Ministère de l'Aménagement du territoire et du logement (2015). *Diagnosis of Floods and Plan of Action in Seychelles (Final Report)*.
12. Hochrainer-Stigler (2011), *Financial and Economic Disaster Risk Estimation in Madagascar for the Implementation of CatSim, Summary Report*
13. *ATC-13 Earthquake Damage Evaluation Data for California*, 1985, Applied Technology Council
14. Bergstra, Hornman, *Cyclone Resilient Landscape; The case of Vatomandry, Madagascar*
15. *Diagnosis of Floods and Plan of Actions in Seychelles, Final Report* (2015), Ministère de l'Aménagement du territoire et du logement, Gouvernement des Seychelles

16. *HAZUS-MH, Multi-Hazard Loss Estimation Methodology, Hurricane Model* (2012), Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
17. *Règles pour constructions para cycloniques* (2014), Repoblikan'i Madagasikara.
18. Nozar Kishi, 2016, communications et consultations privées

À propos d’AIR Worldwide Corporation

AIR Worldwide Corporation (AIR) est le leader scientifique et le fournisseur le plus respecté de logiciels de modélisation des risques et de services de conseil. AIR est à l’origine du secteur de la modélisation des catastrophes en 1987 et modélise depuis les risques de catastrophes naturelles et de terrorisme dans plus de 50 pays. Plus de 400 clients dans le secteur des assurances, de la réassurance, des finances, ainsi que des entreprises et des services publics comptent sur les logiciels et les services proposés par AIR pour la gestion des risques liés aux catastrophes, les titres assurantiels, les analyses parasismiques et les analyses des effets du vent, la gestion des risques agricoles, et l’évaluation des coûts de remplacement des biens. AIR est un membre du groupe ISO dont le siège est à Boston, avec des bureaux supplémentaires en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. Pour plus d’information, consultez www.air-worldwide.com.

