

## ÉQUATION 3 ESTIMATION DU RISQUE TOTAL

$$\text{EQ 3} \quad \text{Risque}_{\text{Tot}} = \sum (\text{Risque}_{\text{Inondations}} + \text{Risque}_{\text{TrembTerre}} + \text{Risque}_{\text{Volcan}} + \text{Risque}_{\text{Cyclone}} + \dots \text{Risque}_n)^b$$

L'exposition physique a été obtenue par la modélisation de la zone affectée pour chaque phénomène enregistré. La fréquence des phénomènes a été calculée en comptant le nombre de phénomènes pour une zone donnée, divisé par le nombre d'années d'observation (afin de parvenir à une fréquence moyenne annuelle). Sur la base de la zone affectée, la population exposée a été extraite de la population totale en utilisant un Système d'information géographique (SIG). La population affectée, multipliée par la fréquence d'un aléa d'une magnitude donnée a fourni la mesure de l'exposition physique.

Les variables socio-économiques qui pouvaient être statistiquement associées au risque ont été identifiées en remplaçant le risque en équation avec les décès signalés dans la base EMDAT. Il a alors été procédé à une analyse statistique afin d'identifier les liens entre les variables socio-économiques et environnementales, l'exposition physique et le nombre de décès observé.

La magnitude des phénomènes a été prise en compte en établissant un seuil au-dessus duquel un phénomène est relevé. Dans le cas des tremblements de terre, le seuil a été placé à 5.5 sur l'échelle de Richter. Puis la magnitude a été prise en compte partiellement en mettant en rapport le rayon de la zone affectée en relation avec la magnitude, pour le calcul de l'exposition physique. L'estimation de la magnitude d'un phénomène, en vue de son utilisation dans des évaluations mondiales pourrait encore être passablement améliorée.

Les résultats des décès totaux dus à des catastrophes ont été calculés au niveau national. Les pertes attendues du fait de catastrophes naturelles correspondent à la somme de tous les types de risque auxquels la population fait face dans une zone donnée. Cela est résumé dans l'Équation 3.

Le risque d'aléa multiple (*multi-hazard risk*) pour un pays donné a exigé le calcul de l'estimation de la probabilité de l'intervention et de la gravité de chaque aléa, du nombre de personnes affectées par cet aléa, et de l'identification de la vulnérabilité et des capacités de prévention de cette population. C'est un objectif très ambitieux, et qui n'est pas réalisable dans le cadre des contraintes actuelles en matière de données. Toutefois, l'objectif est de fournir une approche sur la base des données existantes, qui sera affinée dans les publications ultérieures de l'IRC.

## T.3 Choix des indicateurs

### T.3.1 Echelles spatiales et temporelles

L'IRC a été appliqué, sur une base nationale, aux 249 pays définis dans les rapports de GEO.<sup>6</sup>

Les variables socio-économiques utilisées dans l'analyse du risque devaient être disponibles afin de couvrir la période de 21 ans analysée. Cette période s'étend de 1980 à 2000. La date de départ a été fixée à 1980 parce que l'accès à l'information (notamment pour les victimes) n'était pas considéré comme fiable ou comparable auparavant. Les variables présentées dans l'Équation 2 étaient des chiffres globaux (somme ou moyenne) de données disponibles pour cette période, avec les exceptions notables suivantes:

- La fréquence des tremblements de terre a été calculée sur une période de 36 ans, en raison de la longueur de la période de retour de ce type de catastrophe. La date de départ pour la première couverture mondiale de la mesure des tremblements de terre est 1964.
- La fréquence des cyclones a été basée sur les probabilités annuelles, fournies par le Centre d'analyse de l'information relative au gaz carbonique (CDIAC).<sup>7</sup>
- L'indicateur du développement humain était disponible pour les années suivantes : 1980, 1985, 1990 et 2000. Toutefois, des algorithmes ont été appliqués pour le calcul de chaque année entre 1980 et 2000.
- Le maillage de la population (pour le calcul de l'exposition physique), était basé sur la population de 1995 remodelisée pour correspondre aux années des différents événements.
- L'indice de perception de la corruption (IPC) était disponible de 1995 à 2000.

### T.3.2 Indicateurs de risque

Le risque peut être exprimé de diverses manières (par exemple par le nombre de personnes tuées, le pourcentage de décès ou le rapport de ce pourcentage au regard de la population exposée). Chaque mesure a ses avantages et ses inconvénients (voir tableau T.1 à la page suivante).

Les travaux sur l'IRC ont utilisé deux indicateurs pour chaque type d'aléa : le nombre de personnes décédées et le nombre de décès en proportion de la population. Le troisième indicateur sert à indiquer la vulnérabilité relative. Les populations exposées à différents aléas ne

b. Dans le cas des pays affectés de façon marginale par un type d'aléa, le risqué a été remplacé par zéro si le modèle ne pouvait pas être calculé pour cet aléa.

**TABLEAU T.1 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES INDICATEURS DE RISQUE RESPECTIFS**

Indicateurs de risque	Avantages	Inconvénients
Nombre de personnes décédées	Chaque vie humaine a le même « poids ».	Le décès de 10.000 personnes, partagé entre 10 petits pays, n'a pas la même signification que 10.000 décès dans un seul pays. Les petits pays sont désavantagés.
Décès/Population	Permet les comparaisons entre pays. Les pays moins peuplés ont le même poids que les pays plus peuplés.	Le « poids » de chaque vie humaine n'est pas égal, par ex. un décès au Honduras égale 160 décès en Chine.
Décès/Population exposée	Le risque régional est mis en valeur, même si la population affectée correspond à une portion plus faible du total de la population nationale.	Cela peut mettre en exergue des problèmes locaux qui ne sont pas d'une importance nationale, et imprimer une mauvaise priorité à un pays donné.

**TABLEAU T.2 INDICATEURS DE VULNÉRABILITÉ**

Catégories de vulnérabilité	Indicateurs	Sécheresse	Inondations Tremblements de terre Cyclones	Source <sup>c</sup>
Economique	Produit national brut par habitant à parité de pouvoir d'achat	X	X	BM
	Indice de pauvreté humaine (IPH)	X		PNUD
	Service total de la dette (% des exportations de biens et services)		X	BM
	Inflation, prix de l'alimentation (% annuel)		X	BM
	Chômage total (% de la force de travail totale)		X	OIT
Types d'activités économiques	Terres arables (en milliers d'hectares)		X	FAO
	% de terres arables et de cultures vivrières		X	FAO
	% de la population urbaine		X	UNPOP
	% de la dépendance sur l'agriculture dans le PNB	X		BM
	% de la force de travail dans le secteur agricole	X		FAO
Dépendance et qualité de l'environnement	Forêts et surfaces boisées (en % de la surface des terres)		X	FAO
	Dégradation des sols du fait de l'homme (GLASOD)	X	X	FAO/PNUE
Démographie	Croissance de la population		X	UNDESA
	Croissance urbaine		X	GRID <sup>d</sup>
	Densité de la population		X	GRID <sup>e</sup>
	Rapport de la population non adulte à la population adulte		X	BM
Santé et hygiène publique	% de la population disposant d'un accès amélioré à l'eau (total, urbain, rural)	XXX		OMS / UNICEF
	Nombre de médecins (pour 1000 habitants)		X	BM
	Nombre de lits d'hôpitaux		X	BM
	Espérance de vie à la naissance pour les deux sexes		X	UNDESA
	Taux de mortalité pour les moins de cinq ans	X		UNDESA
Capacité d'alerte rapide	Nombre de radios (pour 1000 habitants)		X	BM
Education	Taux d'alphabétisation		X	BM
Développement	Indicateur du développement humain (IDH)	X	X	PNUD

Source : PNUE/PNUE

- c. FAOSTAT, la base de données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO); GRID, la Base de données sur les ressources mondiales du PNUE; BM, Les indicateurs du développement dans le monde de la Banque mondiale; Rapport sur le développement humain du PNUE; OIT, Bureau de l'Organisation internationale du travail; UNDESA, le Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies/Division de la population. La plupart des données ont été retraitées par la Global Environment Outlook Team du PNUE. Les chiffres sont disponibles sur la page Geo Data (PNUE), <http://geodata.grid.unep.ch>.
- d. Calculé sur la base des données du Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies.
- e. Calculé sur la base de la modélisation spatiale du PNUE/GRID fondée sur les données relatives à la population du CIESIN.

TABLEAU T.3 SOURCES D'INFORMATION RELATIVES AUX ALÉAS

Type d'aléa	Source d'information
Tremblements de terre	Council of the National Seismic System (2002), Earthquake Catalog (Catalogue des tremblements de terre), <a href="http://quake.geo.berkeley.edu/cnss">http://quake.geo.berkeley.edu/cnss</a>
Cyclones	Centre d'analyse de l'information relative au gaz carbonique (CDIAC)(1991), A Global Geographic Information System Data Base of Storm Occurrences and Other Climatic Phenomena Affecting Coastal Zones (Base de données du Système d'information géographique mondial sur les tempêtes et autres phénomènes climatiques affectant les zones côtières), <a href="http://cdiac.esd.ornl.gov">http://cdiac.esd.ornl.gov</a>
Inondations	U.S. Geological Survey (Service géologique des Etats-Unis) (1997), HYDRO1k Elevation Derivative Database, <a href="http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro">http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro</a>
Sécheresse (sécheresse météorologique)	IRI/Columbia University, National Centers for Environmental Prediction Climate Prediction Center (Centres nationaux pour la prévision environnementale du climat) (pour 2002), CPC Merged Analysis of Precipitation (Analyse cumulée des précipitations) (CMAP), monthly gridded precipitation (maillage des précipitations mensuelles), <a href="http://iridl.ldeo.columbia.edu">http://iridl.ldeo.columbia.edu</a>

TABLEAU T.4 DONNÉES SUR LES VICTIMES, LES POPULATIONS ET LES VARIABLES RELATIVES À LA VULNÉRABILITÉ

Thème	Source d'information
<b>Victimes (décédées)</b>	Université Catholique de Louvain (as of 2002), EMDAT: OFDA/CRED International Disaster Database, <a href="http://www.cred.be">www.cred.be</a> (pour les sécheresses, les victimes des famines ont été incluses, au cas par cas, par le PNUD/BCPR).
<b>Population (recensement)</b>	CIESIN, IFPRI, WRI (2000), Gridded Population of the World (Maillage de la population mondiale) (GPW), Version 2, <a href="http://sedac.ciesin.org/plue/gpw/">http://sedac.ciesin.org/plue/gpw/</a> ; PNUE, CGIAR, NCGIA (1996), Human Population and Administrative Boundaries Database for Asia, <a href="http://www.grid.unep.ch/data/grid/human.php">www.grid.unep.ch/data/grid/human.php</a>
<b>Facteurs de vulnérabilité</b> Indicateur du développement humain (IDH)	PNUD (2002), Indicateur du développement humain, <a href="http://www.undp.org">www.undp.org</a>
Indice de perception de la corruption (IPC)	Transparency International (2001), Global Corruption Report (Rapport international sur la corruption) 2001, <a href="http://www.transparency.org">www.transparency.org</a>
Dégradation des sols (% des zones affectées)	ISRIC, PNUE (1990), Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation (Évaluation mondiale de la dégradation des sols du fait de l'homme) (GLASOD), <a href="http://www.grid.unep.ch/data/grid/gnv18.php">www.grid.unep.ch/data/grid/gnv18.php</a>
Autres variables socio-économiques	PNUE/GRID (as of 2002), GEO-3 Data portal, <a href="http://geodata.grid.unep.ch">http://geodata.grid.unep.ch</a> (données compilées de la Banque mondiale, World Resources Institute, bases de données de la FAO).

devraient pas être comparées, comme il est indiqué dans le rapport, sans normalisation.

### T.3.3 Indicateurs de vulnérabilité

Le Tableau T.2 montre les variables socio-économiques et environnementales choisies en vue de représenter huit catégories différentes de vulnérabilité.

La liste des facteurs à prendre en compte pour l'analyse a été établie sur la base des critères suivants :

- *Pertinence.* Facteurs de vulnérabilité spécifiques (axés sur les résultats, résultant du statut de la population) et non basés sur des facteurs d'atténuation (décisions, mesures mises en place). Par exemple, le taux de scolarisation, plutôt que le budget de l'éducation.
- *Qualité et disponibilité des données.* Les données doivent couvrir la période 1980-2000, et la plupart des 249 pays et territoires.

Parmi les variables rejetées pour ces deux raisons on trouve le pourcentage de personnes affectées par le sida, le niveau de corruption, et le nombre de lits d'hôpital par habitant.

### T.3.4 Sources d'information

Les sources d'information vont des universités et des institutions scientifiques nationales aux groupes de données internationaux collectés par les organisations internationales. Le Tableau T.3 présente les sources d'informations utilisées pour obtenir des données sur les aléas.

Le Tableau T.4 présente les sources d'information utilisées pour obtenir des données sur les victimes, les populations et les variables relatives à la vulnérabilité.

#### ECUACIÓN 4 CALCUL DE L'EXPOSITION PHYSIQUE

$$EQ 4 \quad ExpPh_{nat} = \sum F_i \cdot Pop_i$$

Où  
 $ExpPh_{nat}$  représente l'exposition physique au niveau national  
 $F_i$  est la fréquence annuelle d'un événement d'une magnitude spécifique dans une unité spatiale donnée  
 $Pop_i$  est la population totale vivant dans cette unité spatiale

## T.4 Le calcul de l'exposition physique

### T.4.1 Description générale

Deux méthodes sont disponibles pour le calcul de l'exposition physique. Premièrement, en multipliant la fréquence des aléas par la population vivant dans chaque zone exposée. La fréquence des aléas a été calculée pour les différentes magnitudes du phénomène, et l'exposition physique a été calculée comme dans l'Équation 4.

Une autre méthode a été utilisée lorsque les données sur la fréquence annuelle de retour d'un phénomène d'une magnitude spécifique n'étaient pas disponibles. Dans ce cas (tremblements de terre), l'exposition physique a été calculée en divisant la population exposée par le nombre d'années où s'étaient produites un événement particulier, tel que montré dans l'Équation 5.

Une fois le calcul de l'exposition effectué pour la zone d'un aléa – en utilisant les méthodes du PNUE/GRID-Genève pour les tremblements de terre, les inondations, les cyclones et en se servant pour les sécheresses d'une méthode de l'Institut de recherche internationale pour la prévision du climat (IRI) – il a été procédé au calcul de la population exposée pour

#### ÉQUATION 5 EXPOSITION PHYSIQUE SANS LA FRÉQUENCE

$$\text{EQ 5} \quad \text{ExpPh} = \sum \frac{\text{Pop}_i}{\text{An}_n}$$

Où:

$\text{Pop}_i$  est le total de la population vivant dans une zone particulière dont le rayon à partir de l'épicentre varie selon la magnitude

$\text{An}_n$  est la durée en années

$\text{ExpPh}$  est l'exposition physique totale d'un pays, entre d'autres termes la somme de toutes les données relatives à l'exposition physique de ce pays

#### ÉQUATION 6 CALCUL DE L'EXPOSITION PHYSIQUE ACTUELLE

$$\text{EQ 6} \quad \text{ExpPh}_i = \sum \frac{\text{Pop}_i}{\text{Pop}_{1995}} \cdot \text{ExpPh}_{1995}$$

Où:

$\text{ExpPh}_i$  est l'exposition physique pour l'année en cours

$\text{Pop}_i$  est la population du pays pour l'année en cours

$\text{Pop}_{1995}$  est la population du pays pour 1995

$\text{ExpPh}_{1995}$  est l'exposition physique calculée avec la population telle qu'elle était en 1995

chaque zone exposée. Ce chiffre a été ensuite additionné au niveau national, pour parvenir à la population exposée au cours des 21 dernières années pour chaque type d'aléa.

Selon le type d'aléa et la qualité des données, différentes méthodes ont été appliquées à l'estimation de la taille des populations exposées à des aléas individuels. Les données relatives à la population ont été obtenues auprès du CIESIN, de l'IFPRI et de WRI Gridded population of the World (Maillage de la population mondiale) (GPW, Version 2), à une résolution de 2.5<sup>f</sup> (équivalente à 5 x 5 km à l'équateur). Ces données ont été complétées par la Base de données sur la population humaine et sur les frontières administratives pour l'Asie (PNUE) pour Taiwan, et par La Population mondiale Version 2 (données au niveau national) du CIESIN, pour l'Ex-Yougoslavie. Ces groupes de données reflètent une estimation de la répartition de la population pour 1995. Dans la mesure où la croissance de la population a parfois été très forte dans la période 1980-2000, un facteur correctif utilisant les totaux par pays ont été appliqués, afin d'estimer l'exposition physique actualisée pour chaque année, comme suit.

En raison de la résolution du groupe de données, il n'a pas été possible d'extraire la population pour certaines petites îles. Cela signifie que ces dernières ont dû être écartées de certains aspects de cette analyse. C'est un sujet qui appelle des recherches supplémentaires (voir recommandations dans les Conclusions de l'Annexe technique).

La principale difficulté réside dans l'évaluation des zones exposées à une fréquence et à une intensité particulière pour un aléa spécifique. Au niveau mondial, les données n'étaient pas entièrement disponibles. Des opinions d'experts ont été utilisées pour le suivi du processus d'élaboration des sets de données. Sur les quatre aléas étudiés, ce n'est que dans le cas des inondations qu'il n'a pas été possible de trouver un set de données avec une couverture globale. Un tel set a été établi en associant les informations du CRED avec les informations relatives aux bassins hydrographiques du Service Géologique des Etats-Unis (USGS). L'identification des sécheresses ont été fournies par l'IRI. Pour les autres aléas, des sets de données globales et indépendantes avaient déjà été mis à jour, compilées ou modélisées par le PNUE/GRID-Genève et utilisées pour extraire la population. La projection à intervalles égaux Mollweide a été utilisée lorsqu'il a été nécessaire de faire des calculs de surface.

f. GPW2 a été préféré au groupe de données relatif à la population ONRL Landscan malgré sa résolution spatiale cinq fois plus basse (2.5' contre 30") parce que l'information originale sur les frontières administratives et sur les recensements de population sont presque deux fois plus précis (127.093 unités administratives, contre 69.350). De plus la base de données Landscan dataset est le résultat d'un modèle complexe, qui n'est pas entièrement expliqué, et qui est fondé, entre autres, sur des données environnementales (utilisation des sols). Cela la rend difficile à utiliser pour d'autres comparaisons comprenant des facteurs environnementaux (problème de circularité).