

# Royaume du Maroc

## Développement d'un concept d'Indice de Vulnérabilité au Changement Climatique et Environnementale au Niveau Régional



**Programme d'Appui Analytique à la Stratégie Changement Climatique du Maroc**  
**P-ESW 113768**  
**Note de Stratégie n. 2**

**Décembre 2013**

**Département du développement durable (MNSSD)**  
**Région Moyen-Orient et Afrique du Nord**



**Banque mondiale**

## **Avant-propos**

Le Gouvernement du Maroc a formulé une demande officielle à la Banque Mondiale pour un appui technique en vue de soutenir le développement de sa stratégie climat. Cet appui se concrétise dans la conception de Notes de Stratégie concertantes des aspects ponctuels de la politique climatique du Royaume. Le Ministère des Affaires Economique et Générales, le Ministère de l'Economie et des Finances, et le Département de l'Environnement assurent la direction du programme technique en tant que membres du comité de pilotage.

La présente Note de Stratégie découle d'une requête faite par le Gouvernement Marocain (en particulier le Département de l'Environnement) pour le développement d'un concept d'indice de vulnérabilité au changement climatique et environnementale qui permettra d'opérer un suivi de la vulnérabilité environnementale et climatique des régions marocaines.

Le rapport a été préparé par Mohammed Messouli, Professeur à l'Université Cadi Ayyad Marrakech et coécrit par Abdelkrim Ben Salem et Saloua Rochdane, membres du Groupe de Recherche sur l'Impact, Vulnérabilité et Adaptation au Changement climatique au Maroc (GRIVAC) - Université Cadi Ayyad Marrakech. La coordination globale de l'étude a été assurée par Andrea Liverani (Banque Mondiale, MNSSD).

L'équipe tient également à remercier l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) pour avoir mobilisé des fonds consacrés au financement de la première phase du travail.

## Acronymes

ABH	Agence des Bassins Hydrauliques
ABHT	Agence de Bassin Hydraulique du Tensift
ADA	Agence pour le Développement Agricole
CBA	Adaptation à Base Communautaire ( <i>Community Based Adaptation</i> )
CBD	Convention sur la diversité biologique
CC	Changements Climatiques
CCD	Convention to Combat Désertification
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CIESIN	Centre for International Earth Science Information Network
CNCC	Comité National sur les Changements Climatiques
CNI	Communication Nationale Initiale
CNSTCC	Comité National Scientifique et Technique sur les Changements Climatiques
CNULCD	Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification
COP	Conférence des Parties de la CCNUCC
CRED	Centre for Research on Epidemiology of Disasters
CRiSTAL	Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods.
CSDUN	Commission on Sustainable Development
CTCC	Cadre Territorial du Changement Climatique
DGCL	Direction Générale des Collectivités Locales du Ministère de l'Intérieur
DMN	Direction de la Météorologie Nationale
EMDAT	Emergency Events Database (CRED, OFDA, OECD, WHO)
ENSO	El Nino / Southern Oscillation
ESI	Environmental Sustainability Index
ETCC	Equipe de Travail permanente sur les Changements Climatiques
EVI	Indice de Vulnérabilité Environnementale ( <i>Environmental Vulnerability Index</i> )
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GDT	Approche de Gestion Durable des Terres
GE03	Global Environment Outlook 3
GHCN	NOAA Global Historical Climatology Network
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur les Changements climatiques
GMO	Genetically-Modified Organism
GOOS	Global Oceans Observing System
GPA	UN Global Programme of Action on Land Based Sources of
GPI	Genuine Progress Indicator
GROMS	Global Register of Migratory Species
HCP	Haut Commissariat au Plan
IDH	Indice de Développement Humain
IHI	l'indice de l'insécurité humaine
ILDH	Initiatives Locales de Développement Humain
INDH	Initiative Nationale pour le Développement Humain
IPBES	Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services -
IPCC	Intergovernmental panel on climate change (GIEC en français)
IRES	Institut Royal des Etudes Stratégiques
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agri-Biotech
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
ISEW	Index of Sustainable Economic Welfare
ITOPF	International Tanker-Owners Pollution Federation Ltd
IUCN	World Conservation Union
JICA	Agence japonaise pour la coopération internationale
MA	Millennium Ecosystem Assessment
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution
MDG	Millennium Development Goals
MDP	Mécanisme de développement propre
MHWS	Mean High Water Spring (tides)
NESDIS	NOAA National Environmental Satellite Data and Information
NOAA	US National Oceanic & Atmospheric Administration

NPK	Nitrogen, Phosphate, Potassium
NWP	Nairobi Work Programme on impacts, vulnerability and adaptation to CC
OECD	Organization for Economic Cooperation & Development
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONEP	Office National Eau Potable
ONG	Organisation Non Gouvernementale
OREDD	Observatoire Régional de l'Environnement et du Développement Durable
ORMVAH	Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz
PANA	Plan d'Action National d'Adaptation
PANLCD	Plan d'Action National de Lutte Contre la Désertification
PIB	Produit Intérieur Brut
PICCPMV	Programme Intégration Changement Climatique Plan Maroc Vert
PMA	Pays les Moins Développés
PNRC	Plan National de lutte contre le Réchauffement Climatique
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POS	Programme de développement durable des Oasis du Sud
POT	Programme des Oasis du Tafilalet
PTRC	Plans Territoriaux de lutte contre le Réchauffement Climatique
RAMSAR	Ramsar Convention on Wetlands of International Importance
RE4	4 <sup>ème</sup> Rapport d'Evaluation (GIEC)
SCN	Seconde Communication Nationale
SDSM	Statistical DownScaling Model
SEDAC	Social Economic Data Applications Centre
SEEE	Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau et de l'Environnement
SIDS	Small Island Developing States
SIS	Small Island States
SNAT	Schéma national du territoire
SNDD	Stratégie Nationale du Développement Durable
SOPAC	Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées
SoVI	Indice de vulnérabilité sociale
SPILLS	Worldwide Tanker Spill Database (etcentre.org)
SST Sea	Surface Temperature
TAR	Third Assessment Report
UN	United Nations
UNDAF	Plan Cadre des Nations Unies pour l'Aide au Développement
UNDP	United Nations Development Programme
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	UN Framework Convention on Climate Change
USGS	US Geological Survey
WCMC	World Conservation Monitoring Centre
WDI	World Development Indicators
WHO	UN World Health Organisation
WMO	World Meteorological Organisation
WRI	World Resources Institute
WSSD	World Summit on Sustainable Development
WWF	World Wildlife Fund

## Table des matières

<b>Avant-propos</b> .....	<b>2</b>
<b>Acronymes</b> .....	<b>3</b>
Figures .....	6
<b>Résumé Analytique</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>10</b>
<b>I. INDICES DE VULNERABILITE : NECESSITE, TERMINOLOGIE ET CADRAGE</b>	
<b>THEORIQUE</b> .....	<b>16</b>
A. Nécessité d'un indice de vulnérabilité .....	16
B. Cadre conceptuel de la vulnérabilité.....	16
C. Approches pour l'évaluation de la vulnérabilité .....	19
<b>II. EXPERIENCES INTERNATIONALES ET NATIONALES AVEC LES INDICES DE</b>	
<b>VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE</b> .....	<b>19</b>
A. Analyse des expériences avec les indices de vulnérabilité au CC .....	20
B. Enseignements tirés de l'application des indices de vulnérabilité au CC .....	20
<b>III. PROPOSITION D'INDICES DE VULNERABILITE</b> .....	<b>22</b>
A. Indice de vulnérabilité environnementale (EVI).....	22
B. Cartographie de la vulnérabilité au CC.....	31
C. Étude comparative des deux méthodes : EVI- CVCC.....	34
<b>IV. ETUDES DE CAS</b> .....	<b>35</b>
A. Choix et description des régions pilotes.....	36
B. Méthodologie et démarche.....	39
C. Principaux résultats des exercices pilotes et recommandations .....	40
D. Analyse des processus.....	47
E. Enseignements tirés, conclusions et recommandations.....	48
<b>V. ANCRAGE INSTITUTIONNEL ET OPERATIONNALISATION DE L'EVI</b> .....	<b>49</b>
A. Aperçu de la gouvernance du CC au Maroc .....	50
B. Analyse des données requises pour l'EVI .....	51
C. Cadre institutionnel : utilisateurs et producteurs de l'EVI .....	55
D. Programme de renforcement des capacités des institutions .....	61
E. Publication et dissémination .....	63
F. Outputs et produits .....	64
<b>Annexe 1. Expériences internationales d'indices de vulnérabilité au CC</b> .....	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>74</b>

## Figures

- Figure 1 : Anomalies des précipitations septembre-août, 1900/01 – 2006/07 pour trois régions
- Figure 2: Tendances de la température moyenne annuelle et saisonnière pour le passé récent et projetées pour le futur
- Figure 3 : Tendances des précipitations mensuelles pour le passé récent et projections futures. Toutes les valeurs indiquées sont des anomalies, par rapport à la moyenne climatique 1970-1999
- Figure 4 : Schéma montrant les différences entre *outcome* et *contextual vulnerability*
- Figure 5 : Différentes représentations graphiques de la vulnérabilité pour l'exemple de la région méditerranéenne et le scénario A2 ECHAM4 pour les années 2050
- Figure 6: Nature des indicateurs de l'EVI
- Figure 7 : Echelle de vulnérabilité appliquée aux 50 indicateurs de l'EVI
- Figure 8: Carte de vulnérabilité pour le Tajikistan
- Figure 9: Carte de vulnérabilité globale (agrégation des sous-indices en un seul indice)
- Figure 10 : Région d'Errachidia
- Figure 11: Bassin de la Rheraya
- Figure 12 : Profil et scores de l'EVI pour la région d'Errachidia
- Figure 13: Profils de vulnérabilité de la vallée de Rheraya
- Figure 14 : Comparaison des profils de Tafilalt et Rheraya
- Figure 15: Disponibilité des données brutes pour EVI dans les régions de Tafilalet et Marrakech
- Figure 16: Complémentarité des modèles *top-down* et *bottom-up* dans l'élaboration de politiques climatiques

## Tableaux

- Tableau 1 : comparaison entre *outcome* et *contextual vulnerability*
- Tableau 2 : indicateurs de l'EVI et différentes subdivisions définies par ces indicateurs; catégories, aspects, et sous-indices
- Tableau 3 : Points communs et spécificités de chacun des deux indices
- Tableau 4 : Exemple de sources de données utilisées dans l'EVI de Tafilalet
- Tableau 5 : Comparaison des indices environnementaux pour Rheraya et Errachidia
- Tableau 6 : Collecte des données, principales sources d'informations pour les deux régions
- Tableau 7: Essai d'analyse comparative et de caractérisation des trajectoires territoriales face au CC, dans les régions étudiées
- Tableau 8: Performances politiques et ancrage de l'outil EVI dans les stratégies et plans nationaux luttant contre les impacts du CC.
- Tableau 9 : Comparaison des valeurs de l'EVI et sous\_indices hasards, résilience et dommages à l'échelle nationale (Maroc) et pour les régions pilotes Rheraya et Tafilalt
- Tableau 10 : Plan de mise en œuvre

## Encadrés

- Encadré 1 : Résumé de l'indice EVI -- Indice de Vulnérabilité Environnementale

## Résumé Analytique

Si des progrès remarquables ont été enregistrés récemment dans la mise au point des techniques de réduction des émissions des gaz à effet de serre (ex: Projet Marocain de l'Energie Solaire, Projet Marocain de l'Energie Eolienne), il a été très peu question, au cours de cette période, de l'adaptation aux impacts du changement climatique (CC). C'est seulement maintenant que cette réalité, désormais incontournable, commence à s'imposer.

Avec le Plan National de lutte contre le Réchauffement Climatique (PNRC), le Maroc met en place un processus permanent de pilotage de ces politiques qui lui permet de progresser significativement et d'apporter des garanties de bonne gouvernance à ses bailleurs de fonds internationaux. Des Plans Territoriaux de lutte contre le Réchauffement Climatique (PTRC) seront élaborés pour compléter le PNRC selon les spécificités locales.

Le Maroc figure aussi parmi les premiers pays africains à s'être engagé en faveur d'une «économie verte», riche et performante au niveau énergétique. Ce plan met l'accent sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers le développement et la diversification des sources d'énergies propres et la mise en place de mesures d'adaptation, qui reposent principalement sur la stratégie de l'eau et le Plan Maroc Vert pour l'agriculture.

La réduction de la vulnérabilité et l'adaptation au CC constituent des objectifs prioritaires pour le Maroc dont les économies dépendent très fortement de secteurs et de ressources très sensibles au CC. Une attention toute particulière est de plus en plus accordée à l'intégration de la composante climatique dans les stratégies de développement durable à travers l'analyse des politiques, programmes, stratégies et mesures en vue de leur exposition actuelle ou future aux CC et l'incorporation des mesures d'adaptation spécifiques requises, par exemple l'intégration du CC à la mise en œuvre du Plan Maroc Vert (PICCPMV) et l'approche *Climate Proofing for Development* (CPDev-GIZ) récemment intégrée aux projets INDH.

Malgré ce nombre important de Programmes, Initiatives, Plans, Projets et Stratégies Nationales en relation avec la lutte contre le réchauffement climatique, des lacunes importantes en matière de capacités et de moyens se ressentent lorsqu'il s'agit de produire des évaluations de vulnérabilité pourtant la première étape de toute politique durable pour faire face aux variabilités et au CC.

Soucieuse d'examiner la question d'adaptation au CC sous tous ses aspects, la Banque Mondiale a engagé une action en appui aux efforts du département de l'environnement<sup>1</sup> pour la réalisation d'une étude sur l'évaluation de la vulnérabilité. L'étude est motivée par le fait que le processus d'élaboration des politiques d'adaptation évoluait rapidement sans avoir une « feuille de route » claire. Le but de cette action est de combler cette lacune en offrant une approche flexible par le biais de laquelle les utilisateurs peuvent clarifier leurs propres questions prioritaires et mettre en œuvre des stratégies, politiques et mesures d'adaptation qui répondent au CC au niveau régional.

Dans cette perspective, le présent rapport « **Développement d'un concept d'indice de vulnérabilité au changement climatique et environnementale au niveau régional** », a été élaboré pour :

- rappeler l'intérêt, pour le Maroc, de développer un indice de vulnérabilité à un niveau régional;
- évaluer des expériences pilotes existantes d'élaboration des indices de vulnérabilité aux CC, spécifiquement au niveau régional, réalisées à l'étranger et au Maroc;
- identifier les étapes institutionnelles nécessaires pour développer un tel indice.

---

<sup>1</sup> Direction des études, de la planification et de la prospective du Département de l'environnement, Secrétariat d'Etat, auprès du Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement

Deux modèles différents d'indice de vulnérabilité sont présentés à cet effet : l'Indice de Vulnérabilité Environnementale et climatique (EVI) et la Cartographie de la Vulnérabilité au Changement Climatique (CVCC). L'analyse comparative, basée sur les points forts et les faiblesses des deux modèles donne priorité au premier. Les exigences en données du CVCC ne permettraient pas, à l'heure actuelle, une couverture de toutes les régions du Maroc. L'étude propose, par la suite, l'EVI comme concept praticable d'indice de vulnérabilité au CC au niveau régional, démontre sa faisabilité et son utilisation à des fins d'adaptation au CC au moyen d'un exercice sur deux régions, Marrakech et Errachidia, et propose une démarche de systématisation pour une mise en œuvre sur l'ensemble des régions du Maroc.

### *Le modèle conceptuel de l'EVI*

A la base de l'EVI se trouve le concept selon lequel la vulnérabilité n'est pas causée par des événements aléatoires en soi, mais aussi par le biais des activités et des processus humains. L'EVI contient une mine d'informations de manière simplifiée nécessaires pour identifier et hiérarchiser les vulnérabilités de l'environnement aux activités anthropiques et au changement climatique et fournir des orientations et un cadre pour l'action. L'indice pourrait servir de base à la rationalisation des réglementations nationales ainsi qu'à l'amélioration des stratégies de développement durable. Grâce à des évaluations quinquennales répétées, il devient un outil de surveillance en mesure d'identifier les améliorations en réponse à la politique.

L'EVI utilise 50 indicateurs qui visent à capturer un grand nombre d'éléments dans un système interactif complexe. Les indicateurs choisis pour une utilisation dans l'EVI sont fondés sur les meilleures connaissances scientifiques actuellement disponibles et ont été élaborées en consultation avec des experts internationaux, des experts nationaux, et d'autres organismes et groupes d'intérêt. Les indicateurs sont classés en 5 catégories: météorologique, géologique, géographique, caractéristiques de la région et anthropiques.

Les 50 indicateurs choisis pour mesurer la vulnérabilité sont classés en une gamme de sous-indices, incluant:

1. le changement climatique, **CC**, 13 indicateurs;
2. les dommages, **D**, 11 indicateurs;
3. la biodiversité, **CBD**, 19 indicateurs;
4. l'eau, **W**, 13 indicateurs;
5. l'agriculture et la pêche, **AF**, 20 indicateurs;
6. les aspects de la santé humaine, **HH**, 6 indicateurs;
7. la désertification, et l'exposition aux catastrophes naturelles, **CCD**, 11 indicateurs.

Les indicateurs sont choisis en fonction des avis d'experts, ils sont notés sur une échelle de 1 à 7, 7 représentant une grande vulnérabilité. Une moyenne globale de tous les indicateurs permet de générer la valeur globale de l'EVI d'une région, et les profils de vulnérabilité de chacun des sous-indices.

Il est à noter que la structure, la méthodologie et le contenu de l'indice reflètent ceux utilisés dans l'élaboration de l'indice environnemental global, élaboré initialement dans le contexte des Petits Etats Insulaires. Dans cette perspective, certains indicateurs et sous-indicateurs pourraient être moins adaptés au cas du Maroc, tels que l'activité volcanique ou la distance au continent le plus proche. Néanmoins, il est possible de remplacer au sein de la structure ces indicateurs par d'autres plus pertinents pour le Maroc, tels que ceux relatifs aux infrastructures comme les transports ou la production énergétique.

Cette initiative, évolutive, servira de document d'orientation pour la prise en compte de l'évaluation de la vulnérabilité au CC dans le plan et autres stratégies et initiatives nationales pour faire face au CC, notamment pour optimiser les synergies et les



complémentarités avec les différents mécanismes établis dans le cadre de la CCNUCC et orienter la stratégie marocaine d'adaptation aux CC .

## INTRODUCTION

La vulnérabilité de l'Afrique aux CC a fait l'objet d'analyses et de projections dans les secteurs clés de ce continent qui assurent la protection de la vie humaine, des moyens de subsistance et des écosystèmes. Ainsi, selon les prévisions, la population susceptible d'être exposée à un risque accru de stress hydrique sera de 75 à 250 millions de personnes d'ici à 2020 et de 350 à 600 millions d'ici à 2050. Dans certains pays, les diminutions du rendement pourraient atteindre 50 % d'ici à 2020.

Selon un rapport de la Banque Mondiale<sup>2</sup> la vulnérabilité des ressources hydriques au CC est dramatique. En termes de demande non satisfaite, le Maroc va voir des pénuries d'eau augmenter de 10 à 20 km<sup>3</sup> en 2020-2030 et jusqu'à 40 km<sup>3</sup> en 2040-2050.

En outre, la vulnérabilité dans le secteur de l'eau est caractérisée par les extrêmes climatiques, puisque les séquences de sécheresse peuvent alterner avec des séquences d'inondations, comme cela fut le cas, par exemple, en 1995 (Ourika), 1996 (El Jadida, Mohammedia, Beni Mellal, Casablanca, Kenitra), 2002 (Mohammedia), 2010 (Casablanca et Rabat) et 2011 (Khenifra). Ces inondations revêtent parfois un caractère dévastateur provoquant pertes en vies humaines et dégâts économiques importants.

Entre 2010 et 2030, Casablanca et la vallée de Bouregreg, l'aire urbaine de Tunis et le Grand Alexandrie, devront faire face à des pertes de plus 1 milliard de dollars liées aux risques notamment d'inondations, de séismes, d'érosion côtière, d'instabilité des sols, de submersions marines, de tsunamis et de pénurie d'eau (BM, 2010).

La vulnérabilité de la forêt marocaine est caractérisée par des facteurs anthropiques, allant du surpâturage et ses impacts sur la régénération naturelle des différentes essences, aux incendies, en passant par les coupes abusives du bois de feu et l'érosion et la dégradation des sols au niveau des bassins versants.

Le coût annuel de l'adaptation dans le cas du Maroc peut aller de 71 à 92 millions USD pour les besoins spécifiques de la recherche, de l'efficacité en irrigation et des routes rurales (Rosegrant, 2009).

L'une des questions clés, particulièrement pour les Parties non visées à l'Annexe I, est de savoir comment élaborer des stratégies nationales pour l'adaptation aux CC qui soient faciles à intégrer dans des plans de développement durable. La plupart des études nationales sur la vulnérabilité et l'adaptation réalisées à ce jour se sont concentrées sur la sélection de scénarios de CC et sur des études d'impact – approche qui n'a pas toujours abouti à des options de réponses d'adaptation pertinentes en termes de politiques.

Si les questions sont aujourd'hui plus nombreuses que les réponses, le positionnement défendu dans ce texte est que l'approche des atouts et des contraintes des territoires par l'analyse de leur vulnérabilité est particulièrement pertinente, à condition toutefois de concevoir l'évaluation du niveau de vulnérabilité comme un processus plus que comme une simple opération ponctuelle.

Le Maroc a également donné un nouvel élan au processus de régionalisation du pays. La mise en œuvre de cette charte et de la régionalisation sera accompagnée de la création de 16 observatoires régionaux de l'environnement qui seront chargés d'élaborer des rapports annuels sur la situation environnementale, d'assurer le suivi de la situation écologique et de corriger les éventuels dysfonctionnements. Ces observatoires feront l'objet d'une gestion commune de l'Etat, des autorités et acteurs locaux.

A cette fin, il est nécessaire de disposer d'éléments d'évaluation objective qui permettront de mieux prendre en compte la vulnérabilité dans les stratégies et plans d'actions pour

---

<sup>2</sup> World Bank (2011). "Middle-East and Northern Africa water outlook." Prepared by Future Water.

l'adaptation. Ces éléments d'évaluation pourront guider le Gouvernement dans ses décisions.

L'évaluation de la vulnérabilité est un élément clé pour l'ancrage des effets des impacts du CC dans les processus de la planification du développement et des stratégies d'adaptation. Des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité ont été développées au cours des dernières décennies pour les catastrophes naturelles, la sécurité alimentaire, l'analyse de la pauvreté, la durabilité des moyens de subsistance et des domaines associés. Ces approches, chacune avec ses propres nuances, fournissent un ensemble de pratiques pour une utilisation dans les études de vulnérabilité aux CC et d'adaptation.

Or, face à un concept complexe et controversé comme celui de la vulnérabilité, le recours à des indicateurs et indices approximatifs qui permettent d'alimenter les débats publics autour de cette question est une aubaine. Ils offrent en particulier l'opportunité de créer des passerelles entre le monde des experts et celui des profanes, entre celui de la science et celui de la politique, en facilitant l'émergence d'un langage commun à propos de cet objet qu'est la vulnérabilité. Une première étape consiste donc à mener des évaluations de vulnérabilité et d'adaptation afin d'identifier les dangers et les menaces actuels et d'identifier les stratégies, les politiques et les actions destinées à faire face à la variabilité et aux CC ainsi qu'à réduire la vulnérabilité future.

Ce document technique présente une approche structurée pour l'évaluation de la vulnérabilité au CC et environnementale. L'accent est mis sur les activités qui pourraient être facilement mises en œuvre par une équipe technique. Les multiples incertitudes sur les évolutions climatiques à attendre aux échelles locales posent en effet la question des outils à mettre en place pour se préparer et à travers elle, celle des stratégies d'adaptation pertinentes.

Le document fournit un outil pour mener une évaluation de la vulnérabilité avec un niveau adéquat de détail et de rigueur. Les utilisateurs peuvent exploiter les conseils développés ici pour s'orienter vers les groupes, secteurs, zones géographiques clés etc., évaluer la vulnérabilité et intégrer les observations dans les processus de planification de l'adaptation et d'élaboration des politiques.

Deux modèles différents d'indice de vulnérabilité sont présentés à cet effet : l'Indice de Vulnérabilité Environnementale et climatique (EVI) et la Cartographie de la Vulnérabilité au Changement Climatique (CVCC).

Le premier chapitre du rapport nous permet de présenter le cadre conceptuel de la vulnérabilité au CC et les principales approches épistémologiques distinctes à la conceptualisation de la vulnérabilité rencontrées dans la littérature.

Le second chapitre aborde les principaux indices de vulnérabilité qui existent aujourd'hui, en nous intéressant particulièrement aux conditions institutionnelles qui les ont fait émerger et aux questions techniques qu'ils soulèvent. Cette partie passe aussi en revue la nécessité d'un indice de vulnérabilité, son utilisation et exploitation, son cout-opportunité et les traditions de recherche sur la vulnérabilité aux changements environnementaux et les défis pour la recherche que la vulnérabilité représente dans l'intégration avec les domaines de la résilience et l'adaptation.

Le troisième chapitre propose, de façon détaillée, deux indices de vulnérabilité, l'indice de vulnérabilité environnementale (EVI) et la Cartographie de la vulnérabilité au CC, puis procède à une analyse comparative pour identifier les étapes institutionnelles nécessaires pour développer chacun des deux indices et justifier le choix d'une méthode qui pourrait s'appliquer aux régions du Maroc.

Le quatrième chapitre, utilise des études de cas, sur des territoires, situations et échelles différentes, afin de montrer et d'analyser la manière de passer des bases théoriques à la mise en pratique des évaluations de vulnérabilité et d'adaptation. Il met l'accent sur le choix des régions pour l'exercice pilote et l'application de l'outil EVI et des enseignements tirés

de son application aux régions de Marrakech et Errachidia. Cette partie précise également l'implication des acteurs dans le processus d'adaptation à la vulnérabilité, et explique comment l'indice de vulnérabilité aidera les parties à intégrer l'élaboration des stratégies nationales d'adaptation dans le contexte politique du développement durable, recommande des activités et suggère des méthodes adaptées aux différents niveaux d'analyse.

Le cinquième et dernier chapitre touche aux perspectives de généralisation de l'EVI au Maroc et souligne l'utilité d'un tel outil pour répondre aux besoins des études sur la vulnérabilité dans le cadre de nombreux programmes et projets du pays qui prévoient: (i) l'évaluation générale et qualitative de la vulnérabilité des ressources en eau, de l'agriculture, des zones côtières et des forêts par rapport aux CC; et (ii) l'évaluation approfondie de la vulnérabilité d'une zone cible particulièrement significative pour appréhender les effets adverses des CC sur tous les systèmes écologiques et socio-économiques.

Cette partie précise également que l'adaptation au CC va nous demander de réévaluer dès aujourd'hui notre conception de la vulnérabilité, en revoyant notamment certains seuils pour lesquels les situations étaient considérées jusqu'à présent comme « critiques ».

### ***Cadre climatique: les signes du changement***

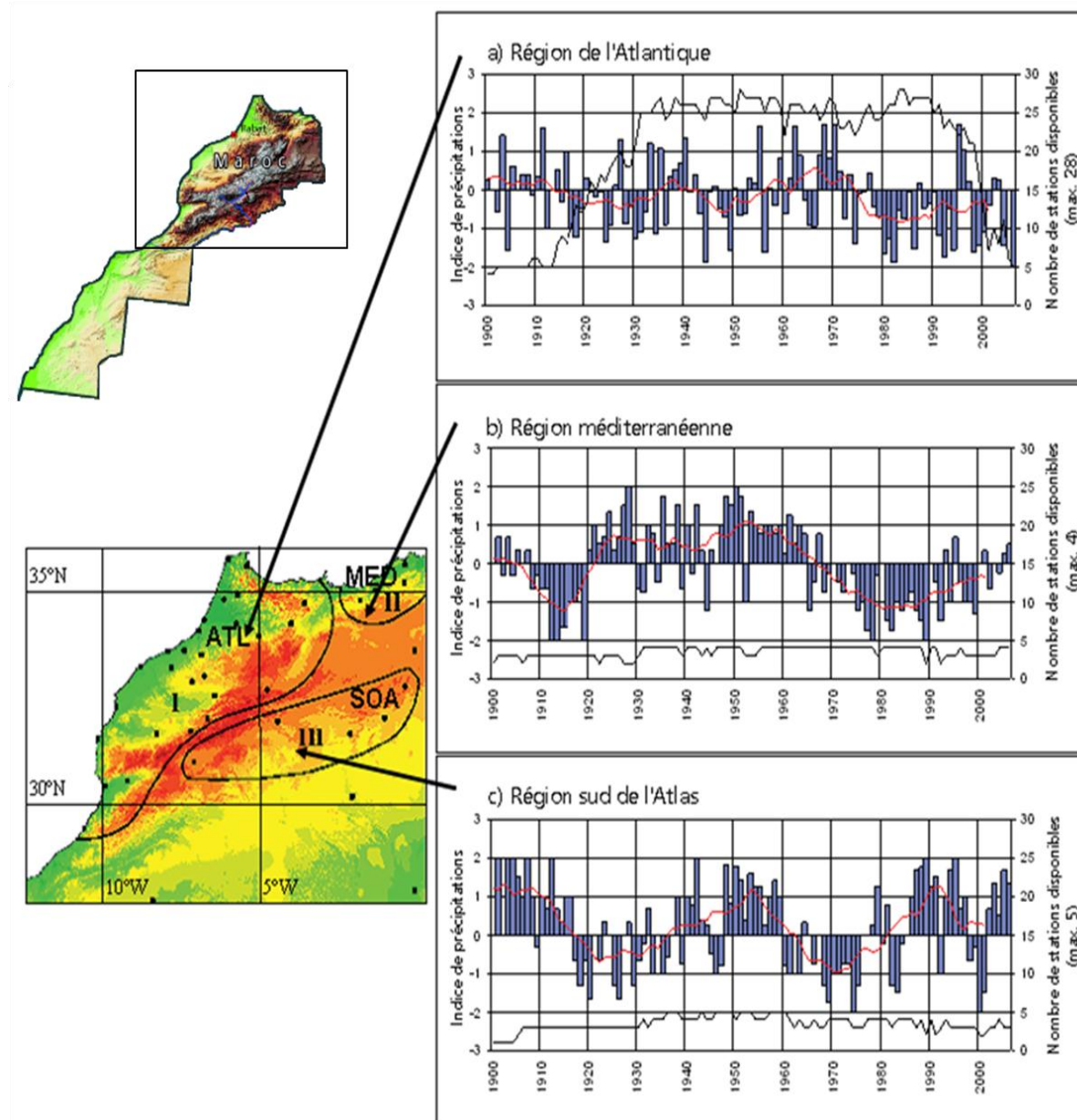
Le Maroc à l'instar des autres pays de la région méditerranéenne connaît et risque de connaître des changements importants d'occupation du sol (Hobbs et al. 1995; Millenium Ecosystem Assesment, 2005; Hill et al. 2008,) et dont les évolutions sont elles-mêmes liées aux CC à venir mais aussi à un contexte socio-économique et une dynamique démographique très évolutifs. L'évolution de l'utilisation de l'eau n'est pas prévisible du fait de sa nature fortement anthropique mais des scénarios peuvent être élaborés, notamment en termes d'occupation du sol qui est un déterminant essentiel du cycle hydrologique.

Le CC aura d'importants effets à long terme sur les ressources en eau : fréquence accrue des phénomènes extrêmes (crues et bas étiages), sublimation et réduction du neigeux, recharge de la nappe. Pour préparer les futurs investissements dans les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture, le tourisme et l'industrie, il convient d'analyser de façon approfondie l'impact du CC.

Knippertz et al. (2003) ont trouvé trois régions homogènes de précipitations (Figure1). Les parties nord et ouest du Maroc (région de l'Atlantique, ATL), le nord-est du Maroc près de la côte méditerranéenne (région méditerranéenne MED) et les stations marocaines au sud de l'Atlas (Région du sud de l'Atlas, SOA). La série chronologique de l'indice des précipitations calculé pour l'année hydrologique, révèle des variabilités interannuelles et décennales considérables : dans la région MED, des précipitations en dessous de la valeur moyenne ont prévalu depuis la fin des années 1970, tandis que dans la région ATL, les précipitations étaient faibles à partir des années 1970 jusqu'au début des années 1990, mais avec quelques années humides au cours de la fin des années 1990. Les précipitations dans la région SOA (7,8) ont été au dessus de la moyenne durant la plupart des années après le milieu des années 1980, notamment au cours des cinq dernières années.

Alors que le décalage éventuel de l'est des Açores aux simulations des CC suggère une réduction des précipitations hivernales dans les régions ATL et MED, la région de SOA peut recevoir des précipitations un peu plus élevées et intenses. Cette conclusion se déduit d'une désagrégation statistico-dynamique et de la détection de l'importance des interactions tropicales-extratropicales du climat actuel (Knippertz et al. 2003b).

Figure 1 : Anomalies des précipitations septembre-aout, 1900/01 – 2006/07 pour trois régions :



Note : I) La région de l'Atlantique, II) la région méditerranéenne et (III) la région du sud de l'Atlas. Histogramme bleu : la moyenne de 11 ans (ligne rouge) et la disponibilité des données pour le nombre de stations pluviométriques utilisées (ligne noire) sont également affichés. Source : Département de Météorologie Nationale

**Figure 2: Tendances de la température moyenne annuelle et saisonnière pour le passé récent et projetées pour le futur.**

**Recent Climate Trends  
Temperature**

- Mean annual temperature has increased by 0.9°C since 1960, an average rate of 0.20°C per decade. This increasing trend varies with season, and is only statistically significant in AMJ and SON. The rate of increase is most rapid in the hot, dry season, AMJ, at 0.34°C per decade.
- The frequency of days that are classed as 'hot' has increased significantly since 1960 in all seasons except SON. The frequency of nights that are classed as 'hot', however, has increased significantly in all seasons.

1 'Hot' day or 'hot' night is defined by the temperature exceeded on 10% of days or nights in current climate of that region and season.

The average number of 'hot' days per year in Morocco has increased by 21.5 (an additional 5.9% of days) between 1960 and 2003. The rate of increase is seen most strongly in JJA when the average number of hot JJA days has increased by 3.8 days per month (an additional 12.4% of JJA days) over this period.

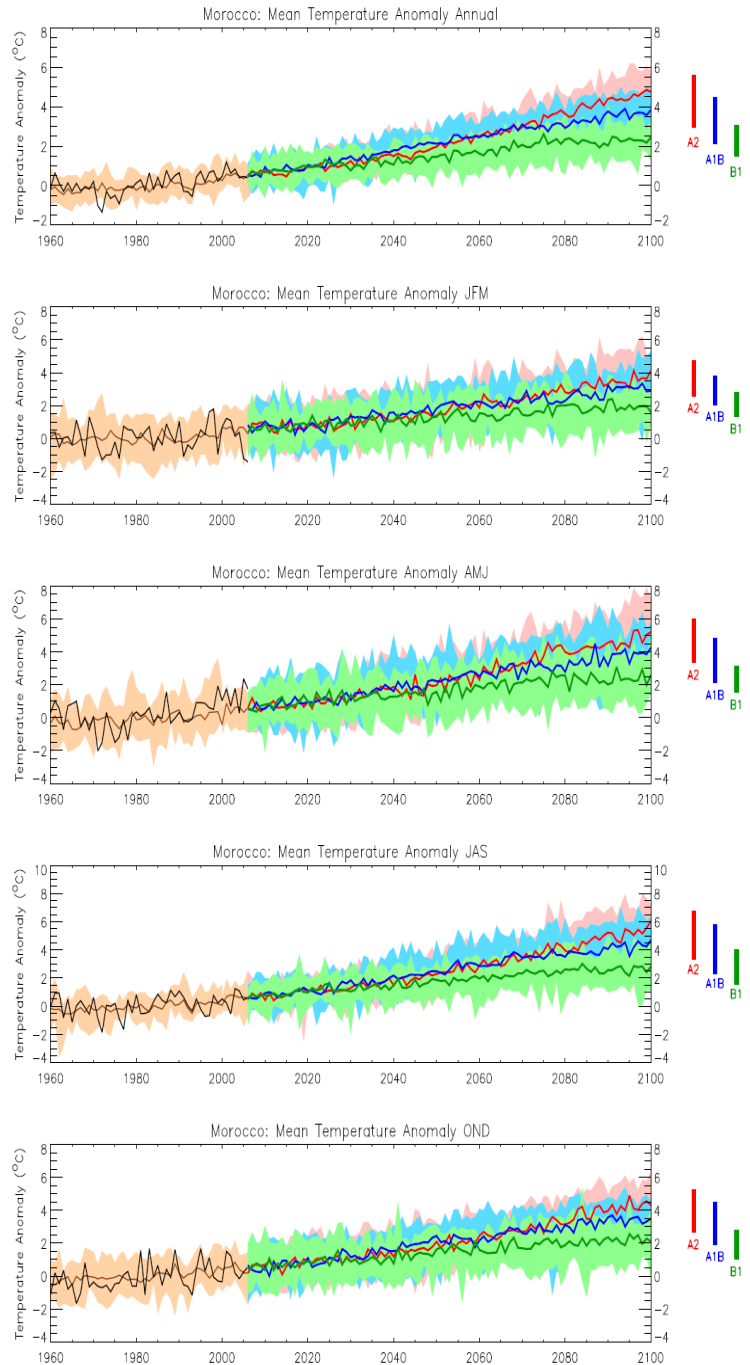
The average number of 'hot' nights per year increased by 40 (an additional 10.8% of nights) between 1960 and 2003. The rate of increase is seen most strongly in SON when the average number of hot SON nights has increased by 6.3 days per month (an additional 20.2% of SON nights) over this period.

- The frequency of 'cold' days and nights has decreased significantly in all seasons.

The average number of 'cold' days per year has decreased by 21 (5.8% of days) between 1960 and 2003. This rate of decrease is most rapid in summer (JJA) when the average number of cold summer days has decreased by 2.2 days per month (7.2% of summer days) over this period.

The average number of 'cold' nights per year has decreased by 29 (7.9% of days).

This rate of decrease is most rapid in summer (JJA) when the average number of cold summer nights has decreased by 2.9 nights per month (9.4% of JJA nights) over this period.



*Note* : Toutes les valeurs indiquées sont des anomalies, par rapport à la moyenne climatique 1970-1999.  
*Source*: UNDP Climate Change Country Profiles. C. McSweeney, M. New and G. Lizcano.

Alors que le décalage éventuel de l'est des Hazutes Açores aux simulations des CC suggère une réduction des précipitations hivernales dans les régions ATL et MED, la région de SOA peut recevoir des précipitations un peu plus élevées et intenses. Cette conclusion se déduit d'une désagrégation statistico-dynamique et de la détection de l'importance des interactions tropicales-extratropicales du climat actuel (Knippertz et al. 2003b).

Le CC au Maroc, élaboré sous différents scénarios (Figures. 2 et 3), indique que le Maroc connaîtra très probablement:



i) une tendance nette à l'augmentation de la température moyenne annuelle (entre +0.6°C et +1.1°C à l'horizon 2020); ii) une tendance à la réduction moyenne du volume annuel des précipitations, de l'ordre de -4% en 2020, par rapport à l'année 2000; iii) une intensification et une augmentation de la fréquence des événements extrêmes (sécheresse, violentes précipitations) et un dérèglement des précipitations saisonnières; iv) une réduction de la durée d'enneigement, le retrait du manteau neigeux et une sublimation de l'ordre de 40% dans le Haut Atlas (Boudhar, 2009, Chaponnière et al. 2008 ; Schulz O. and Jong C, 2004).

**Figure 3 : Tendances des précipitations mensuelles pour le passé récent et projections futures.**

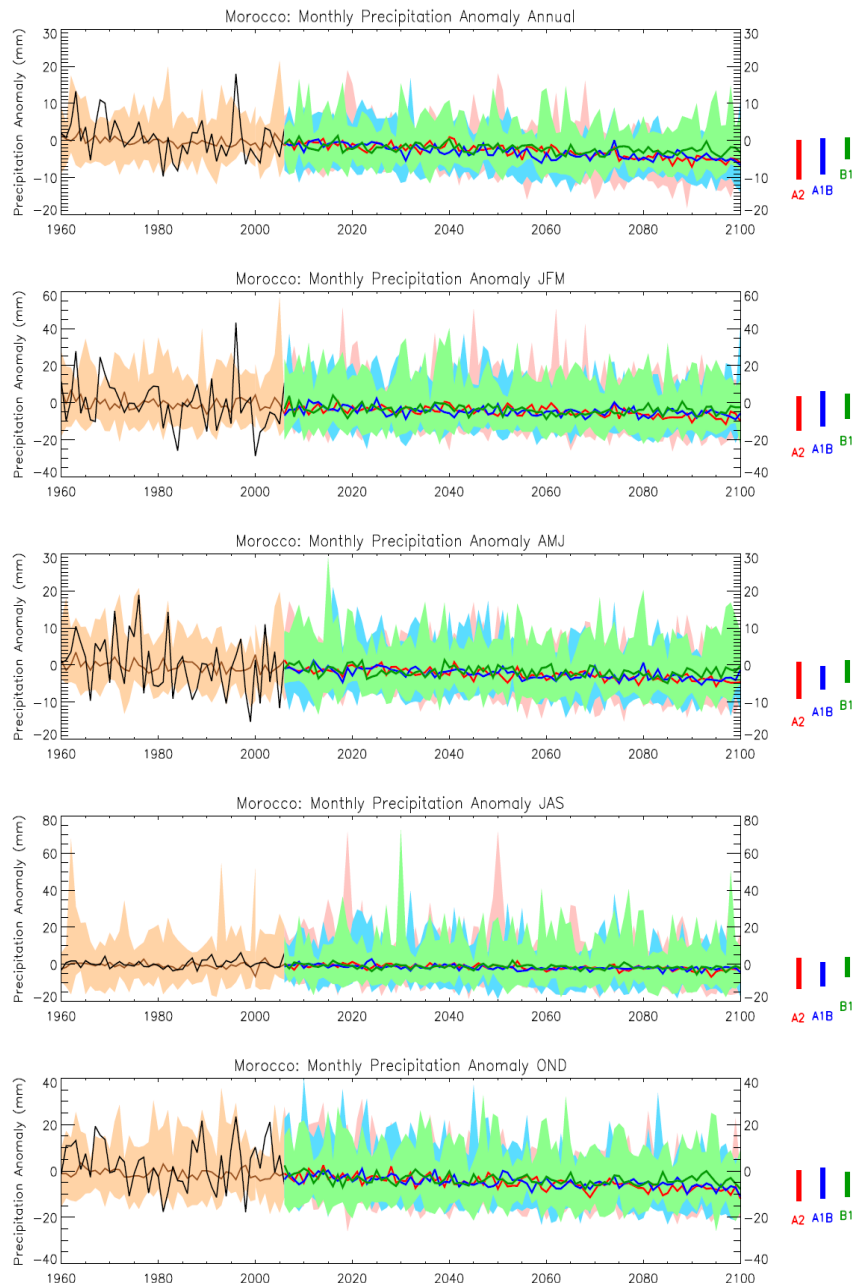
**Recent Climate Trends**

**Precipitation**

- Mean annual rainfall over Morocco has not changed with any consistent trend since 1960.
- There are insufficient daily rainfall observations available from which to determine changes in the extremes indices of daily rainfall.

**GCM Projections of Future Climate**

- Precipitation
  - The models in the ensemble are consistent in projecting decreases in annual rainfall in Morocco. The ensemble projections range from very small increases of up to 10%, to a maximum decrease of 52%. The ensemble median change is -15 to -29%.
  - The changes proportion of total rainfall that falls in heavy4 events tend towards decreases, ranging from -14% to +3%
  - Changes in 1- and 5-day rainfall maxima tend towards decreases. The changes in projections from the model ensemble range between -6mm to +3mm in 1-day annual maxima, and -11mm to +4mm in annual 5-day maxima.



*Note :* Toutes les valeurs indiquées sont des anomalies, par rapport à la moyenne climatique 1970-1999.

*Source:* UNDP Climate Change Country Profiles. C. McSweeney, M. New and G. Lizcano.

<http://country-profiles.geog.ox.ac.uk>

## **I. INDICES DE VULNERABILITE : NECESSITE, TERMINOLOGIE ET CADRAGE THEORIQUE**

### **A. Nécessité d'un indice de vulnérabilité**

C'est l'absence de recommandations pratiques sur la vulnérabilité aux CC qui a motivé la réalisation de ce rapport. Bien qu'il existe une documentation relativement importante sur les impacts des CC, ce n'est pas le cas des politiques et stratégies d'évaluation de la vulnérabilité pour lesquelles l'information est limitée.

Si l'on veut montrer que les activités envisagées faciliteront l'adaptation, il faut définir les principales vulnérabilités à l'égard des CC. Il apparaît donc essentiel d'étudier la vulnérabilité des territoires face aux évolutions climatiques à venir afin de déterminer une stratégie à moyen et long terme. Les politiques d'adaptation n'ont pas pour objet d'accepter de subir l'inéluctable, mais de réduire la vulnérabilité des territoires vis-à-vis des incidences du CC et de les mettre en position de tirer avantage de leurs effets bénéfiques.

L'équipe qui définit la stratégie de mise en œuvre doit avoir une idée claire des vulnérabilités des régions à l'égard des CC et disposer d'informations qui l'aident à cerner les populations et systèmes les plus exposés. La liste des principales vulnérabilités doit être mise à jour lorsque les activités prioritaires sont achevées ou si l'évolution du climat s'intensifie ou s'affaiblit depuis la préparation du programme d'action.

Le paragraphe 29 de la décision 17/CP.8 de la COP précise que « *les Parties non visées à l'annexe I devraient fournir des informations sur leur vulnérabilité face aux effets néfastes des CC, et sur les mesures d'adaptation qu'elles sont en train de prendre pour répondre à leurs besoins et préoccupations spécifiques face à ces effets néfastes* ».

Aujourd'hui, le besoin d'une compréhension claire de la vulnérabilité et de l'adaptation au climat existe à de nombreux niveaux, depuis le processus de décision au niveau local jusqu'à la planification du développement national. Dès les premières phases de la Convention, il a été reconnu que les pays en développement avaient besoin d'un appui financier et technique, durant la préparation de leurs communications nationales, pour évaluer leurs vulnérabilités aux impacts des CC et développer des plans pour s'adapter à ces impacts.

### **B. Cadre conceptuel de la vulnérabilité**

Bien que l'utilisation scientifique du mot «vulnérabilité» ait ses origines dans la géographie, les risques naturels, la recherche et l'analyse de l'insécurité alimentaire et la famine, la notion de vulnérabilité a gagné ces dernières années une croissante importance au sein de la communauté des chercheurs sur les changements globaux. La vulnérabilité est conceptualisée de différentes manières dans différentes disciplines. Liverman (1990) a noté que la vulnérabilité a été assimilée à des concepts tels que la résilience, le risque, la marginalité, l'adaptabilité et l'exposition.

La vulnérabilité des différents systèmes aux conséquences des CC devient donc maintenant un élément de recherche fondamental (pour permettre des stratégies d'adaptation) mais difficile à cerner, car si ce terme paraît évident (Larousse : « *qui peut être attaqué, atteint facilement* »), les définitions trouvées dans la littérature scientifique varient d'auteurs à auteurs. Il est alors nécessaire de définir clairement de quoi on désire parler. Loin d'être un inutile débat entre théoriciens, cette définition stricte est fondamentale puisqu'elle décide d'une orientation de l'étude dans un sens ou dans un autre (O'Brien et al., 2007)

Dans un effort de synthèse, les auteurs développent peu à peu des moyens pour essayer de classer les différentes définitions que l'on trouve dans la littérature scientifique.

#### **Concepts associés à la vulnérabilité au CC**

---



La vulnérabilité se définit dans la littérature (IPCC, 2001) comme une fonction de **l'exposition** du système au CC (nature, ampleur, rythme des changements), de sa **sensibilité** (conséquences possibles) et de sa **capacité d'adaptation**. La capacité d'adaptation (ou adaptabilité) correspond ici à la capacité d'ajustement d'un système face au changement climatique (y compris à la variabilité climatique et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences.

A titre d'illustration, en cas de période de forte chaleur (exemple d'aléa), la vulnérabilité d'un territoire sera fonction :

- de son degré d'exposition à une vague de chaleur (en fonction de sa localisation et de ses caractéristiques physiques) ;
- de ses caractéristiques socio-économiques telles que la présence de populations fragiles (plus de 75 ans par exemple), qui vont conditionner sa sensibilité à l'aléa chaleur (enjeux exposés) ;
- de sa capacité d'adaptation (systèmes de prévention en place, accès aux équipements d'urgence...).

Ces notions sont illustrées dans le schémas suivant.

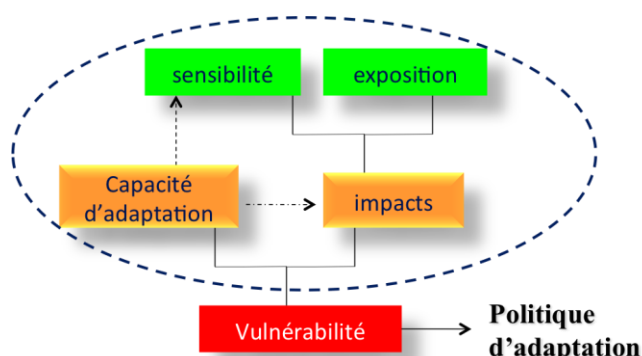


Schéma explicatif des concepts associés à la vulnérabilité au changement climatique

Il est à noter que les conséquences ne sont pas nécessairement une augmentation de la vulnérabilité, mais peuvent aussi être l'émergence d'opportunités ou de gains. Par exemple, une augmentation des températures moyennes hivernales peut permettre des gains sur la facture énergétique.

### Classifications théoriques de la vulnérabilité

Il existe différentes approches théoriques, On se limite ici succinctement à deux classifications celles dites simples en 3 points et la classification selon O'Brien.

La classification « simple » en 3 points de Downing et Patwardhan est basée sur trois grands courants de pensée autour de la notion de vulnérabilité : l'approche par aléas, celle par la pauvreté et celle par le CC.

*Approche par aléa* : C'est l'approche la plus traditionnelle qui provient des risques naturels et qu'on peut définir par : « le degré de perte résultant d'un phénomène potentiel pouvant causer des dommages ». La vulnérabilité y est bien différenciée de l'aléa.

*Approche par réduction de la pauvreté* : Dans cette approche concernant la pauvreté qui considère la vulnérabilité comme « une mesure globale du bien-être humain qui inclut une exposition environnementale, sociale, économique et politique à une gamme de perturbations nuisibles » (Bohle et al, 1994). Ici la définition est très globale puisque la pauvreté a de nombreuses causes, elle est de plus très anthropocentrique.

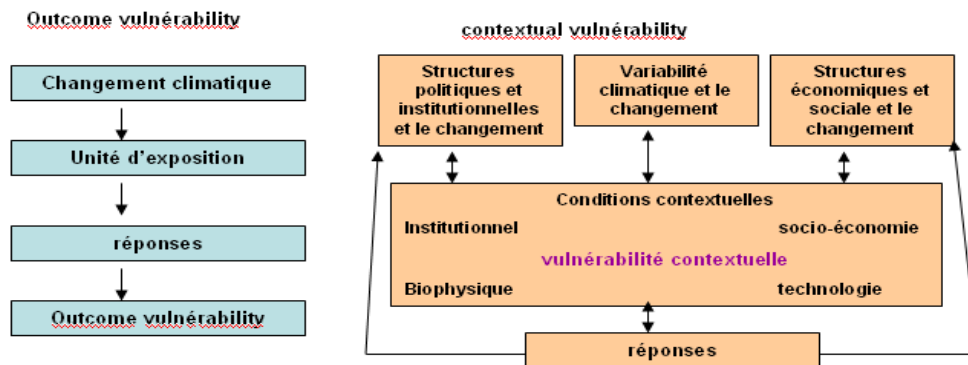
*Approche par CC* : Les institutions internationales ont essayé de cerner la vulnérabilité au mieux pour éviter une trop grande variabilité du terme, dans sa version « vulnérabilité au CC ». Ainsi, selon le glossaire du 3e rapport du GIEC (GIEC, 2001), la vulnérabilité est le « degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes du CC, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des CC auxquels un système est exposé ainsi que sa sensibilité et sa capacité d'adaptation ».

Ici, la vulnérabilité est donc considérée comme un indicateur de réaction à un facteur externe. **Il est très important de bien constater qu'on ne parle pas ici seulement d'exposition, mais aussi de capacité d'adaptation et de sensibilité.**

**La classification en *outcome* et *contextual vulnerability*** (O'Brien et al, 2007) est peut-être la plus intéressante car elle apporte réellement un nouveau point de vue sur la vulnérabilité. Les auteurs ne se sont occupés que de la vulnérabilité concernant le CC, qui est celle qui est majoritairement traitée actuellement. Ce concept est séparé en deux catégories, *l'outcome vulnerability* (vulnérabilité liée aux conséquences) et la *contextual vulnerability* (vulnérabilité liée au contexte). La première est liée à un cadre plutôt scientifique (étude du climat, modélisation...) et la seconde à un cadre concernant la sécurité humaine (cadre sociologique).

La figure 4 et le tableau 1 résument les commentaires faits par l'auteur sur les deux approches, et facilite la compréhension des deux méthodes.

**Figure 4. Schéma montrant les différences entre *outcome* et *contextuel vulnerability***



Source: O'Brien et al, 2007, (modifié).

**Tableau 1 : comparaison entre *outcome* et *contextual vulnerability***

<b>Outcome vulnerability vulnérabilité liée aux conséquences</b>	<b>Contextual vulnerability vulnérabilité liée au contexte</b>
<b>Cadre scientifique (étude du climat, modélisation...)</b>	<b>Cadre concernant la sécurité humaine (sociologie).</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ la vulnérabilité est le « point final », elle découle des impacts du CC</li> <li>▪ Voit le CC comme un problème des impacts humains sur le système climatique. résultats linéaires des impacts projetés du CC sur un système</li> <li>▪ la recherche se concentre sur les changements qui peuvent être attribués aux gaz à effet de serre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ la vulnérabilité est le « point de départ ». Elle est créée par le contexte.</li> <li>▪ voit le CC comme un processus de transformation qui affecte les humains de différentes manières</li> <li>▪ cette vulnérabilité est considérée comme influencée par des conditions biophysiques changeantes, mais aussi par des processus dynamiques sociaux, économiques, politiques, institutionnels, des structures technologiques et des conditions contextuelles.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ étudiée très majoritairement (IPCC...)</li> <li>▪ solutions plutôt techniques (Atténuation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ étudiée par les ONG, les mouvements sociaux</li> <li>▪ solutions proposées plutôt sociales que techniques</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ la capacité d'adaptation détermine la vulnérabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ la vulnérabilité détermine la capacité d'adaptation</li> </ul>

### **C. Approches pour l'évaluation de la vulnérabilité**

Les critères de définition pour quantifier la vulnérabilité ont toujours été difficiles, en partie parce que la vulnérabilité est un phénomène qui souvent n'est pas directement observable (Downing et al. 2001). Malgré les nombreux défis qui existent dans la quantification de la vulnérabilité, plusieurs paramètres ont été proposés et appliqués. Ceux-ci peuvent être classés en deux grandes approches: l'approche des indicateurs et celle des évaluations des variables de vulnérabilité.

Dans le présent document, nous utilisons l'approche indicateur pour identifier les régions vulnérables au Maroc et ce pour plusieurs raisons :

- Les indices permettent d'avoir rapidement une approche et une compréhension de phénomènes qui peuvent être très complexes comme la pauvreté. Cela permet des prises de décisions adéquates par les décideurs qui sont les premiers utilisateurs de ce type d'outil (Eriksen et Kelly, 2006).
- Au niveau global, ces indices permettent des comparaisons entre régions et pays et servent ainsi à déterminer les zones ayant le plus besoin d'aide. A l'échelle locale ils permettent de révéler les hétérogénéités, qui sont masquées à petite échelle (Sullivan et Meigh, 2006), et de cibler encore une fois les zones prioritaires.
- Enfin, ils permettent de comparer des situations à différentes périodes et donc de voir une évolution, et sont donc utiles pour évaluer l'efficacité des actions entreprises dans la cadre des stratégies d'adaptation (Eriksen et Kelly, 2006).

## **II. EXPERIENCES INTERNATIONALES ET NATIONALES AVEC LES INDICES DE VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

Il y a une longue histoire d'études de vulnérabilité intéressées à identifier les groupes de population les plus susceptibles de subir les effets néfastes de la sécheresse et autres catastrophes naturelles ou induites par les conflits ou d'autres forces sociales, économiques

ou politiques afin de cibler efficacement les mesures adaptative de prévention et de secours aux sinistrés (Mbithi et Wisner 1973, Kamau et al. 1989, Reardon et Matlon 1989, Cutter 1996).

Les pays en développement ont été le plus souvent la cible principale de ce genre d'études et, étant donné la nature de l'impact, l'échelle spatiale de ces études tend à être locale à régionale (Jallow et al., 1996, Parry et al., 1999, Wilkie et al. 1999, Parry, 2000, Sousounis et Bisanz, 2000, Schiller et al., 2001). Pour la plupart, les résultats de ces études ont été utilisés pour définir l'ampleur de la menace posée par le problème du CC comme un moyen de déterminer la nécessité d'une action politique pour limiter cette menace. Cette évaluation a été, inévitablement, d'un caractère assez général compte tenu des nombreuses incertitudes inhérentes à la prévision des tendances futures et l'échelle spatiale a varié du local au global.

Avec le développement de mécanismes formels de financement, tel que le Fond pour l'Adaptation (Huq, 2002), visant spécifiquement à faciliter les mesures d'adaptation au problème du climat, qui est synonyme de réduction de la vulnérabilité (Kelly et Adger, 2000; Kelly, 2001), la nécessité d'une évaluation plus formelle des niveaux de vulnérabilité différentielle est devenue urgente. La demande pour une approche plus formelle de l'évaluation de la vulnérabilité apporte avec elle un certain nombre de considérations qui représentent un défi à la pratique existante.

#### **A. Analyse des expériences avec les indices de vulnérabilité au CC**

Il existe de nombreux exemples de l'utilisation d'indicateurs pour évaluer la vulnérabilité à divers dangers et menaces à la sécurité humaine et l'environnement. Alors que ces exemples sont explicités en détail dans l'annexe 1<sup>3</sup> de ce rapport, il paraît utile d'en mentionner une partie ici afin de mieux aborder les enseignements tirés de cette analyse.

Dans le cadre de cette étude, ont été étudiés les indices internationaux suivants:

- l'indice de développement humain (IDH) élaboré par le PNUD;
- l'indice de l'insécurité humaine (IHI);
- l'indice de durabilité environnementale (ESI);
- l'indice de vulnérabilité aux inondations (FVI);
- *The Composite Vulnerability Index for Small Island States (CVISIS)*;
- l'indice de la pauvreté en eau (WPI);
- l'indice de vulnérabilité climatique (CVI);
- la vulnérabilité à l'impact des CC sur les eaux souterraines
- l'indice de vulnérabilité sociale (SoVI)
- l'indice de résilience aux désastres climatiques (CDRI)
- l'indice de vulnérabilité des moyens d'existence
- l'indice de la vulnérabilité au CC (CCVI)
- Indice de risque de catastrophe (IRC)
- *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

#### **B. Enseignements tirés de l'application des indices de vulnérabilité au CC**

Un grand nombre de publications permet d'affirmer que le concept de vulnérabilité a suscité un engouement médiatique et politique au cours de ces quinze dernières années et implique l'existence d'une question sociale.

---

<sup>3</sup> Voir *supra*

1. La majorité des indices ont une portée globale et ont été conçus pour des objectifs d'identification des pays les plus vulnérables notamment pour l'octroi de support financier dans le cadre de la CCNUCC.
2. Il existe très peu d'indices élaborés pour l'évaluation de la vulnérabilité à une échelle régionale. Ainsi, jusqu'ici, la plupart de ces cadres demeurent relativement peu testés.
3. Selon Turner et al. (2003b), une évaluation complète de la vulnérabilité se basant sur ces cadres peut se situer bien au-delà des capacités de la plupart des efforts de recherche. Les auteurs suggèrent donc que pour des raisons pratiques et théoriques, ces cadres doivent être modifiés ou simplifiés pour répondre aux spécificités d'une application donnée.
4. L'étude fait ressortir quatre principales évaluations à effectuer en vue d'identifier les options d'adaptation, à savoir les vulnérabilités, les risques climatiques actuels, les risques climatiques futurs, et les conditions socioéconomiques actuelles et changeantes.
5. Les évaluations sont généralement basées sur des connaissances sur les impacts physiques des CC, et cherchent à comprendre les dynamiques sociales et économiques de ces impacts et à leur trouver des solutions possibles
6. Les défis ont été expérimentés dans le développement, la diffusion et l'application des outils. Il s'agit notamment de l'absence et la difficulté de se procurer des données historiques à des échelles appropriées pour l'élaboration d'indices. Il y a également des lacunes dans le type de boîtes à outils actuellement disponibles - par exemple, des boîtes à outils pour l'analyse de la vulnérabilité au CC, sont encore aux premiers stades de développement.
7. Bien que les indices désagrégés pour différents éléments de vulnérabilité soient plus utiles et fournissent des informations plus précises sur la structure de la vulnérabilité, une grande partie des outils pour l'évaluation de la vulnérabilité sont conçus pour un usage sectoriel (eau, agriculture pauvreté...).
8. la forme la plus établie et la plus répandue de l'évaluation de la vulnérabilité est probablement l'analyse de la sécurité alimentaire, développée à partir du point de vue pratique des mesures d'atténuation de la famine.
9. Il est à noter qu'il n'y a pas de frontière claire entre la vulnérabilité et l'évaluation des risques d'une part, et de la planification de l'adaptation de l'autre, étant donné que la plupart des planifications d'adaptation commence par l'évaluation de la vulnérabilité et l'identification des risques. Par conséquent, certaines méthodes et outils peuvent être utilisés à la fois pour l'évaluation et pour la planification de l'adaptation.
10. L'approche des indices de vulnérabilité vise à fournir à l'utilisateur une métrique de la vulnérabilité et la capacité d'adaptation, mais son application serait très probablement dépendantes d'autres outils.
11. Si une adaptation urgente et immédiate est nécessaire, une approche différente telle que celle utilisée pour les Programmes d'action nationaux d'adaptation aux changements climatiques (NAPA) pourrait être utilisée. Les NAPA utilisent les informations existantes; aucune nouvelle recherche sur la vulnérabilité n'est nécessaire. Une telle approche met l'accent sur le renforcement des capacités d'adaptation aux CC qui aident à faire face aux effets néfastes des CC.

12. Étant donné qu'il faudra de nombreuses années avant de pouvoir constater les résultats en matière de vulnérabilité et d'adaptation, il n'est pas encore possible d'évaluer avec certitude à quel point les programmes de travail dans le domaine méthodes et outils pour l'évaluation de la vulnérabilité, sont en train d'accomplir les résultats escomptés. Il n'est pas possible d'effectuer une évaluation à part entière sans recevoir d'abord davantage de rétroactions des diverses parties sur la manière dont elles ont utilisé ces outils.

### **III. PROPOSITION D'INDICES DE VULNERABILITE**

Deux modèles différents d'indice de vulnérabilité sont présentés: l'Indice de Vulnérabilité Environnementale et climatique (EVI) et la Cartographie de la Vulnérabilité au Changement Climatique (CVCC). L'étude comparative des deux méthodes permettra de montrer et d'analyser la manière de passer des bases théoriques à la mise en pratique des évaluations de vulnérabilité et d'adaptation et de faire le choix sur un indice qui répondrait aux besoins des régions du Maroc.

#### **A. Indice de vulnérabilité environnementale (EVI)**

##### *Nécessité et utilité de mesurer la vulnérabilité environnementale et climatique au Maroc*

Les communications nationales (CNI et SNC) ainsi que la totalité des rapports consultés en relation avec les CC au Maroc n'ont pas abordé le concept de vulnérabilité comme défini par le GIEC (exposition, sensibilité, capacité adaptative). Le terme vulnérabilité est a priori souvent avancé subjectivement pour désigner différents sens: impact, dommage, résilience, sensibilité etc.

L'évaluation de la vulnérabilité est nécessaire pour: i) identifier l'importance et la localisation des menaces à court et à long termes, ii) répondre aux impacts des désastres naturels et des CC, iii) faciliter l'alerte précoce face aux désastres naturels et l'adaptation face aux CC, iv) comprendre la vulnérabilité d'adaptation, v) aider à identifier et à classer les besoins actuels et potentiels en matière d'adaptation et vi) guider et appuyer les interventions appropriées.

Dès lors l'évaluation de la vulnérabilité est un élément clé pour l'ancrage des évaluations des impacts et incidences des CC dans les processus de la planification du développement et des stratégies d'adaptation. A cette fin, il est nécessaire de disposer d'éléments d'évaluation objective qui permettront de mieux prendre en compte la vulnérabilité dans les stratégies et plans d'actions pour l'adaptation. Ces éléments d'évaluation pourront guider le Gouvernement dans ses décisions.

Comme l'évaluation de la vulnérabilité n'a pas encore été abordée dans le détail, l'ensemble de ces constats impliquent de nouveaux défis pour le Maroc et suggère plusieurs actions à mettre en place, notamment:

- Créer une échelle de mesure de la vulnérabilité pour prévoir quelles sont les régions les plus fragiles face à un CC et qui pourraient, à cause de cela, contribuer sensiblement à rendre le pays de plus en plus désorganisé et potentiellement instable;
- Identifier des outils pour évaluer la vulnérabilité et adopter des stratégies "sans regret ni remord" telles que l'augmentation des capacités de gestion de l'eau; préparer des réponses adaptatives; explorer les implications locales.

L'EVI est un outil qui pourrait répondre à ces besoins et servir pour répondre aux besoins des études sur la vulnérabilité dans le cadre de la mise en œuvre de la SCN qui prévoit: (i) une évaluation générale et qualitative de la vulnérabilité des ressources en eau, de l'agriculture, des zones côtières et des forêts par rapport aux CC; et (ii) une évaluation approfondie de la vulnérabilité d'une zone cible particulièrement significative pour appréhender les effets adverses des CC sur tous les écosystèmes et les ressources naturelles.

## ***Qu'est-ce que l'EVI ?***

L'EVI permet d'identifier et hiérarchiser les vulnérabilités de l'environnement aux activités anthropiques et au CC ainsi que fournir des orientations et le cadre pour l'action. Il calcule et produit les profils de vulnérabilités liés aux CC, aux dommages, à la biodiversité, à l'eau, à l'agriculture et la pêche, aux aspects de la santé humaine et à la désertification, et à l'exposition aux catastrophes naturelles.

### ***Le Modèle conceptuel de l'EVI***

A la base de l'EVI se trouve le concept selon lequel la vulnérabilité et le risque de catastrophe ne sont pas causés uniquement par des événements aléatoires *per se*, mais plutôt par le biais des activités et des processus humains.

L'EVI utilise 50 indicateurs qui visent à capturer un grand nombre d'éléments dans un système interactif. Les calculs sont basés sur les données des 30 années passées. Les profils sont calculés pour les 5 dernières années et l'évaluation se répète toutes les 5 années faisant de l'EVI un outil à double fonction : l'évaluation de la vulnérabilité et l'évaluation du suivi de l'adaptation. L'EVI examine simultanément les niveaux de risques et les conditions actuelles, prévoyant comment l'environnement est susceptible de faire face à des événements futurs. L'indice de Vulnérabilité Environnemental fournit un moyen rapide et relativement peu coûteux pour évaluer la vulnérabilité des systèmes naturels. La base commune sur laquelle l'indice est élaboré permet des comparaisons spatiotemporelles. L'encadré 1 présente brièvement l'EVI.

L'EVI examine simultanément les niveaux de risques et les conditions actuelles, prévoyant comment l'environnement est susceptible de faire face à des événements futurs. Par exemple, les environnements qui ont été endommagés dans le passé, en particulier, plus récemment, sont susceptibles d'être plus sensibles aux risques de dommages qui pourront être causés par les événements dans le futur. Un résultat indiquant une forte vulnérabilité prévoit un risque élevé des dommages des conditions futures, dont certains peuvent être liés à des dommages dans le passé, et peut donc être une mesure plus appropriée pour la gestion adaptative, en particulier à l'échelle régionale.

Dans l'EVI, la **vulnérabilité** se réfère aux différentes variables qui font que les populations sont moins en mesure d'absorber l'impact et de se relever d'un phénomène à risque. Elles peuvent être économiques (telles que le manque de réserves, ou un faible niveau d'actifs) ; sociales (telles que l'absence de mécanismes de soutien social ou la faiblesse de l'organisation) ; techniques (telles que des habitations mal construites et insalubres) ; et environnementales (telles que la fragilité de l'écosystème).

L'EVI est un outil qui fournit une nouvelle approche structurelle pour aider à diriger les décideurs vers une meilleure gestion de l'environnement pour un développement durable d'une région. C'est un indice composite de vulnérabilité humaine et environnementale. Il utilise 50 indicateurs appelés « *smart indicators* » ou « *end-points* » qui visent à capturer un grand nombre d'éléments dans un système interactif complexe. Il est suffisamment souple pour être appliqué à tous les niveaux (région, pays, province ou plus petite zone à condition d'existence des données à ce niveau).

L'indice de vulnérabilité environnementale est un outil important pour les responsables gouvernementaux, les chercheurs, les écologistes, et les organismes environnementaux, qui tentent de mesurer l'état de l'environnement par rapport à un point de référence prédéterminé. Il aide aussi à mettre en évidence les zones de préoccupation au sein de l'environnement, pour une gestion plus efficace de ces ressources. La description succincte des indicateurs est fournie en annexe1.

<b>Encadré 1 : Résumé de l'indice EVI -- Indice de Vulnérabilité Environnementale</b>
---

### Indice composite de vulnérabilité humaine et environnementale

**Justification :** Les projets au niveau des régions du Maroc peuvent améliorer la capacité d'adaptation au CC, mais il se peut que ce lien ne soit pas évident pour les planificateurs et gestionnaires de projets. Il est nécessaire de disposer d'un outil permettant d'évaluer la vulnérabilité et de détecter le secteur le plus vulnérable au climat et actions anthropiques en vue de concevoir des actions de nature à favoriser l'adaptation et d'éviter la mal-adaptation.

**But :**

- a) fournir une méthode rapide et normalisée pour la caractérisation de la vulnérabilité dans un sens général, et l'identification des questions qu'il faudra peut-être aborder dans chacun des trois piliers du développement durable, à savoir les aspects environnementaux, économiques et sociaux du développement d'un pays
- b) promouvoir la prise en compte de la réduction de la vulnérabilité pour renforcer les capacités d'adaptation au CC dans les régions du Royaume

**Objectifs :** Aider les utilisateurs à :

- a) comprendre le lien entre la vulnérabilité, le climat et les moyens d'existence locaux
- b) concevoir des ajustements aux projets en vue de réduire la vulnérabilité et améliorer la capacité d'adaptation

**Utilisateurs :** les institutions régionales, les planificateurs et gestionnaires (ex. OREDD...)

**Approche :**

- (i) mettre à profit un indice de vulnérabilité Environnementale et des profils faciles à lire.
- (ii) Transformer les données qui ne sont pas actuellement utilisées à une échelle régionale en une forme plus exploitable et efficace de sorte à améliorer considérablement les avantages que l'on peut en tirer
- (iii) Élaborer des politiques pour inverser les tendances qui augmentent le risque de dommages à l'environnement et qui prennent en charge le développement
- (iv) Mécanisme pour réunir les parties prenantes, y compris le gouvernement, la société civile, des ONG, utilisateurs des ressources et les gestionnaires pour coordonner leurs efforts et identifier les responsabilités individuelles et collectives.
- (v) Accroître la sensibilisation régionale et nationale
- (vi) Favoriser la collecte de données et le partage entre les organismes pour le bénéfice de l'ensemble du pays
- (vii) Base pour l'allocation des budgets, y compris les fonds des donateurs dans des domaines et secteurs prioritaires
- (viii) rapports et conventions internationaux et régionaux
- (ix) Surveillance et suivi des progrès résultant des actions et des changements politiques

Les indicateurs choisis pour une utilisation dans l'EVI sont fondés sur les meilleures connaissances scientifiques actuellement disponibles et ont été élaborées en consultation avec des experts internationaux, des experts nationaux, d'autres organismes et groupes d'intérêt. Les indicateurs sont classés en 5 catégories (Kaly et al, 1999.)

- 1) météorologique
- 2) géologique
- 3) géographique
- 4) caractéristiques de la région du pays
- 5) anthropiques.

Les 50 indicateurs choisis pour mesurer la vulnérabilité sont classés en une gamme de sous-indices, incluant: (tableau 2)

Le sous-indice du changement climatique, *EVI-CC*, **13 indicateurs**;

Le sous-indice des dommages, *D*, **11 indicateurs**;

Le sous-indice de la biodiversité, *CBD*, **19 indicateurs**;

Le sous-indice de l'eau, *W*, **12 indicateurs**;

Le sous-indice de l'agriculture et la pêche, *AF*, **20 indicateurs**;

Le sous-indice des aspects de la santé humaine, *HH*, **6 indicateurs** ;



Le sous-indice de la désertification, et l'exposition aux catastrophes naturelles **CD, II indicateurs**.

Ces sous indices peuvent être regroupés en trois aspects à savoir:

- **REI** = l'exposition aux risques naturels ou humains;
- **EDI** = Indice de dégradation de l'environnement. Cet indice mesure la situation actuelle de la «santé» de l'environnement. Il est basé sur l'hypothèse que les impacts passés affectent la capacité de l'environnement de tolérer de nouveaux impacts;
- **IRI** = Indice de la résilience intrinsèque dont les indicateurs environnementaux sont de nature hétérogène. Ils comprennent des variables pour lesquelles les réponses sont quantitatives, qualitatives et à différentes échelles (linéaire, non linéaire, ou avec différentes gammes). Plusieurs indicateurs différents sont utilisés conduisant à une large variété de différentes unités de mesures;

Les **indicateurs** choisis ont fait un consensus de **jugement d'experts**, ils sont notés sur une échelle de 1 à 7, avec 7 représentant une grande vulnérabilité, et correspond à l'opposé à une forte résilience. Une moyenne globale de tous les indicateurs permet de générer la valeur globale de l'EVI d'un pays ou d'une région.

Il y a trois aspects distincts reconnaissables de la vulnérabilité pour les aspects environnementaux, économiques et sociaux des régions, qui doivent tous être évalués pour donner une idée générale des questions en jeu. Ce sont les risques liés aux aléas, à la résistance et à la vulnérabilité acquise (dommage). Le premier aspect a trait à la probabilité des risques en jeu, tandis que les deux derniers aspects sont liés à la capacité de l'environnement à supporter les effets des risques. Dans l'EVI, les indicateurs ont été spécialement choisis pour garantir que l'information sur ces trois aspects soit incorporée dans la vulnérabilité globale du pays ou du site étudié. Il y a 32 indicateurs de risques, 8 de résistance et 10 qui mesurent les dommages.

Les indicateurs de risques sont liés à la fréquence et à l'intensité des phénomènes liés aux risques de catastrophes ceux de la résistance se réfèrent aux caractéristiques intrinsèques de la région qui auraient tendance à la rendre plus ou moins capable de faire face aux risques naturels et anthropiques. L'hypothèse sous-jacente est que plus les écosystèmes d'une région sont dégradés (en raison de l'exposition aux dernières catastrophes naturelles et anthropiques), plus la région est susceptible d'être vulnérable aux risques à venir.

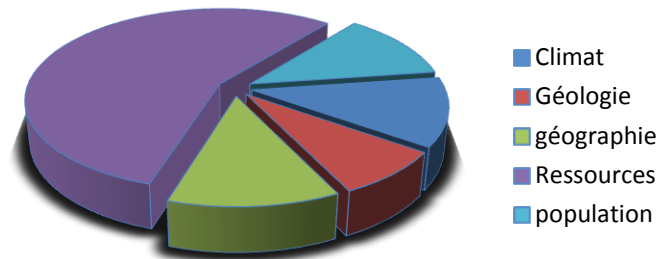
Les indicateurs ont été également sélectionnés pour assurer une bonne diffusion de l'information entre les différents éléments qui composent et / ou affectent les écosystèmes (Figure 6). Des indicateurs sur les conditions météorologiques et climatiques (6 indicateurs), de la géologie (4), la géographie (6), des ressources de l'écosystème et les services (28) et les populations humaines (6) ont été choisis pour assurer une bonne action transversale des processus écologiques, y compris les interactions de l'homme survenant dans la région.

**Tableau 2 : indicateurs de l'EVI et différentes subdivisions définies par ces indicateurs; catégories, aspects, et sous indices.**

EVI	Category	Aspects	Sub-index					
1 Wind 1	Weather & Climate	Hazards	CC	D			CCD	
2 Dry 2	Weather & Climate	Hazards	CC	D	AF	W	CCD	
3 Wet 3	Weather & Climate	Hazards	CC	D	AF	W	CCD	
4 Hot 4	Weather & Climate	Hazards	CC	D			CCD	
5 Cold 5	Weather & Climate	Hazards		D			CCD	
6 SST 6	Weather & Climate	Hazards	CC		AF			CBD
7 Volcano 7	Geology	Hazards		D				
8 Earthquake 8	Geology	Hazards		D				
9 Tsunami 9	Geology	Hazards		D				
10 Slides 10	Geology	Hazards		D				
11 Land 11	Geography	Resistance	CC					CBD
12 Dispersion 12	Geography	Resistance	CC					CBD
13 Isolation 13	Geography	Resistance						CBD
14 Relief 14	Geography	Resistance	CC				CCD	CBD
15 Lowlands 15	Geography	Resistance	CC				CCD	CBD
16 Borders 16	Geography	Resistance						CBD
17 Imbalance 17	Resources & services	Damage			AF			CBD
18 Openness 18	Resources & services	Hazards			AF			CBD
19 Migratory 19	Resources & services	Resistance			AF			CBD
20 Endemics 20	Resources & services	Resistance						CBD
21 Introductions 21	Resources & services	Damage			AF			CBD
22 Endangered 22	Resources & services	Damage						CBD
23 Extinctions 23	Resources & services	Damage			AF			CBD
24 Vegetation 24	Resources & services	Damage	CC		AF	W	CCD	CBD
25 Loss Veg 25	Resources & services	Hazards			AF	W	CCD	CBD
26 Fragment 26	Resources & services	Damage			AF			CBD
27 Degradation 27	Resources & services	Damage				W	CCD	
28 Reserves 28	Resources & services	Hazards			AF	W		CBD
29 MPAs 29	Resources & services	Hazards			AF			CBD
30 Farming 30	Resources & services	Hazards			AF	W		
31 Fertilisers 31	Resources & services	Hazards			HH	AF	W	
32 Pesticides 32	Resources & services	Hazards			HH	AF		
33 Biotech 33	Resources & services	Hazards			AF			
34 Fisheries 34	Resources & services	Hazards			AF			
35 Fish Effort 35	Resources & services	Hazards			AF	W		
36 Water 36	Resources & services	Hazards	CC		HH	AF	CCD	
37 Air 37	Resources & services	Hazards			HH			
38 Waste 38	Resources & services	Hazards						
39 Treatment 39	Resources & services	Hazards			HH	W		
40 Industry 40	Resources & services	Hazards						
41 Spills 41	Resources & services	Hazards						
42 Mining 42	Resources & services	Hazards						
43 Sanitation 43	Resources & services	Hazards			HH	W		
44 Vehicles 44	Resources & services	Hazards						
45 Density 45	Human populations	Damage	CC	D		W		
46 Growth 46	Human populations	Hazards				W		
47 Tourists 47	Human populations	Hazards						
48 Coastal 48	Human populations	Damage	CC	D				
49 Agreements 49	Human populations	Hazards						
50 Conflicts 50	Human populations	Damage						

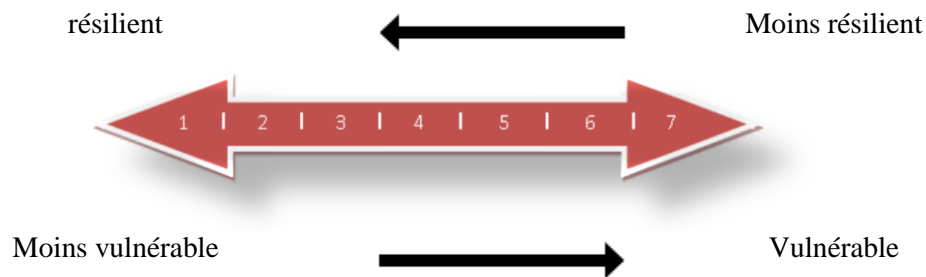
Note: CC, Changement Climatique ; D, dommages ; HH, santé humaine ; AF, agriculture et pêche ; CCD, désertification, et exposition aux catastrophes naturelles; CBD, biodiversité; W, eau

Figure 6: Nature des indicateurs de l'EVI



Les indicateurs environnementaux sont de nature hétérogène. Ils comprennent des variables pour lesquelles les réponses sont quantitatives, qualitatives et à différentes échelles (linéaire, non linéaire, ou avec différents alignements). Ces indicateurs ont différentes unités de mesure, par conséquent pour être en mesure de les accumuler et de générer une valeur globale, il est exigé de convertir tous ces derniers sur une échelle de vulnérabilité environnementale commune. Cette échelle (Figure7) est relative allant du score 1 moins vulnérable (plus résilient) au score 7 plus vulnérable (moins résilient).

**Figure 7 : Echelle de vulnérabilité appliquée aux 50 indicateurs de l'EVI**



Les résultats de l'EVI pour les régions sont organisés en une seule page, représentant le profil de la région et fournissant un dense bulletin d'information. L'information disponible sur le rapport comprend un score global de l'EVI en points, avec un pourcentage des données sur lesquelles il a été calculé et une classification de la vulnérabilité globale. La méthode de calcul est illustrée par un exemple en annexe 4. Le classement, ci-dessous, identifie rapidement le degré de vulnérabilité de la région en fonction de la valeur globale de l'EVI.

<b>Extrêmement vulnérable</b>	<b>365+</b>
<b>Hautement vulnérable</b>	<b>315</b>
<b>Vulnérable</b>	<b>265+</b>
<b>A Risque</b>	<b>215+</b>
<b>Résiliente</b>	<b>&lt;215</b>

### *L'élaboration de l'EVI*

Les étapes clefs de l'élaboration de l'EVI sont données en annexe 4.

### *Utilisation et exploitation*

- L'EVI est suffisamment flexible pour être utilisé à des fins comparatives, ainsi que d'être adaptable à des usages différents dans le pays, selon les besoins de chaque région;
- Fournir une mesure globale de la vulnérabilité environnementale du pays ou d'une région;
- Valeur prédictive pour identifier les problèmes de vulnérabilité, les types de risques et les approches de gestion de l'environnement d'une région;
- Identifier les domaines problématiques pour l'aide extérieure à la région;
- L'indice pourrait être utilisé dans les plans de développement durable;
- Fournit des indicateurs de rendement pour des financements des donateurs;
- L'importance d'être en mesure de cartographier des changements de la vulnérabilité de l'environnement à travers le temps grâce à de nouveaux calculs est un privilège. L'indice de vulnérabilité peut être utilisé pour capturer le changement par un nouveau calcul tous les 5 ans;
- Outil de sensibilisation à la vulnérabilité de l'environnement et les actions qui l'augmente ou la diminue;
- Outil de suivi du développement durable;
- Utile pour le rapport de l'état de l'environnement et pour identifier les mécanismes qui tendent à dégrader l'état de l'environnement;
- L'adoption de l'Indice peut favoriser le dialogue autour de l'adaptation et mener à l'installation des réajustements suivants, dans les années futures;
- Amélioration de la prise de conscience et de la préparation de la société au CC futur, depuis les décideurs politiques jusqu'aux communautés locales;
- Compréhension accrue des facteurs qui renforcent ou menacent l'adaptabilité des populations et des systèmes naturels vulnérables;
- Lancement d'un processus visant à renverser les tendances qui augmentent la maladaptation et entraînent des risques pour les populations humaines et les systèmes naturels ;
- Réévaluation des plans actuels pour améliorer la solidité des normes de conception des infrastructures et accroître leur durabilité à long terme ;
- Nouvelle focalisation sur l'évaluation de la flexibilité et de la résilience des systèmes sociaux et des systèmes naturels gérés.

### ***Pourquoi l'EVI : Atouts et faiblesses***

Afin de comprendre les résultats obtenus grâce à l'EVI, d'identifier les utilisations possibles de ces résultats et surtout d'éviter le risque tout à fait présent que les résultats soient détournés ou déformés, il est important de faire la part des atouts et des limites et de débattre de manière critique et explicite d'un certain nombre de caractéristiques déterminantes concernant l'analyse présentée.

***L'EVI pour la régionalisation des actions d'adaptation*** : L'EVI couvre un champ assez large de secteurs et milieux pour envelopper toutes les régions du Maroc et fournir fidèlement la vulnérabilité de chaque région.

L'EVI étant agrégatif, permet aussi l'estimation des vulnérabilités clés potentielles pour chaque région. La vulnérabilité clé a pour objectif de fournir des informations sur les niveaux et les rythmes de CC pour aider les décideurs politiques à mettre en place des réponses appropriées aux dangers liés au CC.

L'EVI est facile à utiliser, et donne en une seule page l'état globale et les profils des 7 sous-indices ainsi que la contribution de chaque indicateur à la vulnérabilité de la région. Il devient aisé d'identifier les secteurs prioritaires pour des actions urgentes.

***L'EVI est flexible*** : L'EVI fournit des résultats à partir de 80% de données disponibles. L'absence de certaines données n'entrave pas le calcul de la vulnérabilité.

Les profils des 16 régions peuvent être comparés afin d'identifier les régions prioritaires et les secteurs et champs les plus vulnérables.

***L'EVI examine le risque associé aux catastrophes de grande et moyenne ampleur :*** Le risque de catastrophe peut être représenté comme un continuum entre d'un côté, le risque d'aléa quotidien (tels que la contamination des ressources en eaux, une mauvaise hygiène, les incendies etc.) et de l'autre côté le risque associé à des phénomènes catastrophiques aléatoires rares, tels que les tremblements de terre ou cyclones de grande ampleur qui dévastent des zones ou des régions entières. Entre ces deux extrêmes se situe le risque associé aux phénomènes fréquents de faible ampleur (tels que glissements de terrain hautement localisés, crues brutales et aux coulées de débris) et les catastrophes de moyenne ampleur se produisant périodiquement.

***L'EVI représente la vulnérabilité des moyens d'existence :*** L'EVI établit une évaluation de la vulnérabilité tant pour les populations que pour les systèmes environnementaux qui fournissent des biens et des services. Cette évaluation doit déterminer où se trouvent les populations vulnérables, quelles sont les menaces pour leur bien-être et quel est le degré de leur vulnérabilité; les risques qui pourraient empêcher l'environnement de fournir les biens et les services; et les mesures préventives qui peuvent être prises pour améliorer la situation de l'environnement et réduire l'impact négatif de l'action de l'homme sur l'environnement. Toutes ces informations sont ensuite rassemblées dans une base de connaissances accessible, scientifiquement fiable et facile d'emploi, qui peut aider les responsables et les planificateurs à formuler des réponses appropriées.

***L'EVI en tant qu'outil pour évaluer les stratégies d'adaptation :*** L'EVI a une durée de vie limitée. Les calculs se répètent toutes les 5 années faisant de l'EVI un outil à double fonction: évaluer la vulnérabilité et assurer le suivi des actions d'adaptation pour la même région.

La base de données est évolutive et s'alimente régulièrement. Le profil de l'état de l'environnement est alors généré instantanément (indépendamment du calcul quinquennal qui lui, détecte le changement). Cet aspect est important pour établir les rapports (exemple CN rapport des OREDD, rapport Hyōgo, PCD, INDH etc.). L'EVI peut également aider dans les rapports nationaux pour les processus internationaux, tels que les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Il peut fournir des profils informatifs utiles pour rendre compte des conventions internationales CDB, CCD, etc., ainsi que de nombreux processus régionaux. Au niveau national, il fournit des profils environnementaux qui peuvent être utilisés pour l'établissement des priorités et identifier les domaines pour une action urgente.

***L'EVI ne prévoit pas de changement de modèles:*** Contrairement aux autres études, l'indice ne tente pas de prédire les changements de modèles de risques naturels ou des écosystèmes en raison du CC, mais plutôt comment mesurer le niveau actuel de vulnérabilité d'une région et comment elle est préparée pour lutter contre les impacts du CC.

***L'EVI n'intègre pas la capacité d'adaptation dans ses calculs:*** L'EVI ne tient pas compte dans ses calculs de la capacité adaptative. Il doit être éventuellement complété par un indice de vulnérabilité social.

***L'EVI a certains seuils à revoir ou à déterminer:*** L'indice de vulnérabilité est suffisamment souple pour être appliqué à n'importe quelle échelle. Comme l'indice de vulnérabilité a été développé pour une application globale, les seuils des indicateurs associés sont une moyenne. La mise à l'échelle et les seuils des indicateurs sont basés sur les meilleures informations disponibles, mais certains seuils doivent être améliorés et affinés lorsqu'une meilleure information est collectée au niveau de toutes les régions du Royaume et les limites de durabilité mieux comprises.

### ***Analyse cout-opportunité***

---

La mise en œuvre de l'EVI ne requiert pas une grande connaissance des modèles informatiques. Elle s'appuie plutôt sur une évaluation sérieuse et sur un processus de partenariat solide. Même s'il représente un coût certain en termes de temps et de lourdes exigences en matière de données, l'EVI est facile à gérer s'il est appliqué convenablement.

Lors des derniers entretiens des Nations Unies sur les CC à Bonn, il a été estimé qu'il est nécessaire de mettre au point un indice de vulnérabilité environnementale, qui aidera à adapter l'allocation des fonds de manière équitable. Les experts (IRIN, 2010) ont bien précisé que : « *l'EVI mis au point par la SOPAC, et les Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et leurs partenaires, pourrait être utilisé à cette fin* ».

### ***Justification par rapport aux autres alternatives***

L'EVI est avant tout un outil qui contribuera à la stimulation de l'échange de réflexions et la collaboration entre scientifiques, acteurs politiques et ONGs, ainsi qu'entre différentes institutions à l'échelle régionale et nationale.

C'est aussi un exercice pour approfondir la réflexion sur les thèmes d'actualité relatifs au CC afin d'orienter le débat politique et privilégier la question des interactions entre acteurs/activités, tant dans l'espace (partage des ressources entre usages, ...) que dans le temps (transition d'une situation à une autre, intégration du long terme pour la planification,...), et des moyens d'ajustement correspondants (y compris via les systèmes de gouvernance).

En outre, l'EVI utilise un système de notation mis au point pour permettre aux utilisateurs d'évaluer instantanément la vulnérabilité globale ou sectorielle d'une région, et en termes d'aspects particuliers des risques à des aléas, les caractères intrinsèques, les dégâts du passé et des influences de la météorologie, des événements géologiques, la biodiversité et des facteurs anthropiques.

L'attribution d'une valeur de vulnérabilité à un indicateur (1 à 7) est basée sur la notion de seuil. Les points de déclenchement ne sont pas connus pour de nombreux indicateurs, mais le cadre décrit ici nous oblige à penser en ces termes et de trouver des valeurs de déclenchement approprié avec d'autres recherches. L'EVI est un outil précieux qui vise à assurer le futur en montrant aux décideurs et aux gestionnaires comment ajuster et à adapter leurs actions visant à réduire la vulnérabilité de l'environnement d'une région. Une valeur d'un indicateur pour laquelle nous sommes vulnérables aujourd'hui ne sera pas considérée comme tel dans cinq ans. Cette possibilité de modifier les seuils dans la feuille de calcul fait de l'EVI un outil capable de tracer la dynamique de la vulnérabilité à travers le temps en réponse non seulement à l'exposition mais aussi à la capacité d'adaptation.

1. **Facilité** : ne nécessite pas de technicien car facile à utiliser et à interpréter
2. **Durabilité** : les répétitions de calcul toutes les 5 années
3. **Fournit plusieurs sorties à la fois** un profil général, des profils pour chacun des 7 sous-indices et les contributions de tous les indicateurs utilisés.
4. A la différence des autres méthodes l'EVI est souple et peut fournir des profils de vulnérabilité à partir de 80% de données, alors que la majorité des indices exigent 100% pour une évaluation de la vulnérabilité.<sup>4</sup>
5. La base de données est certainement lourde, 30 années de données climatiques étant nécessaires pour valider la valeur de l'indice. Il est intéressant et important de souligner que cette même base de données peut être transférée dans n'importe quel programme pour générer des scénarios climatiques de la région (par ex SDSM). Cette même base peut être exploitée, indépendamment de l'EVI pour d'autres besoins.

---

<sup>4</sup> Il est ainsi postulé qu'il n'est pas toujours possible de collecter les données relatives aux 50 indicateurs et sous-indices. Néanmoins, les expériences de mise-en-œuvre de l'EVI à l'échelle nationale ont tout de même démontré l'utilité de l'outil, même avec moins d'indicateurs.

6. L'EVI malgré certaines limites qu'il présente, constitue un bon outil qui se distingue de l'ensemble des autres indices par la flexibilité de son utilisation mais surtout par le fait qu'il possède une durée de vie limitée, ce qui signifie que les utilisateurs doivent alimenter la base de données régulièrement pour suivre l'évolution des différents indicateurs d'une part et pour vérifier aussi l'impact des actions d'adaptation prises sur l'atténuation des différents moteurs et facteurs induisant la vulnérabilité .
7. Les résultats et données de l'EVI peuvent être couplés avec des outils d'aide à la décision tel que CRiSTAL (Outil d'identification des risques au niveau communautaire – Adaptation et moyens d'existence) pour promouvoir la réduction des risques et l'adaptation aux CC dans les projets communautaires.
8. La force de l'EVI réside également dans le fait qu'il fournit simultanément la valeur globale de la région, sous forme d'une moyenne des indicateurs ainsi que la valeur de chaque indicateur isolément et les valeurs des sous-indices. Ces sous-indices englobent les secteurs pour lesquels le Maroc accorde une importance particulière dans l'ensemble de sa politique envers la question des CC : le CC, les dommages, la biodiversité, l'eau, l'agriculture et la pêche, les aspects de la santé humaine, la désertification, et l'exposition aux catastrophes naturelles.

## **B. Cartographie de la vulnérabilité au CC**

### ***Qu'est-ce que la CVCC ?***

La CVCC permet la cartographie des zones de vulnérabilité aux impacts du CC à un niveau régional. L'indice prend comme point de départ le travail du GIEC qui définit de la vulnérabilité en fonction de l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation (GIEC, 2001) et intègre des indicateurs des sciences sociales, économiques et naturelles. L'indice de vulnérabilité est construit par la moyenne simple des trois sous-indices: l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

L'indice est développé par la Banque Mondiale<sup>5</sup>. Il a été d'abord calculé pour le Tajikistan puis appliqué au Mexique avec des remaniements au niveau de la capacité d'adaptation.

### ***Le Modèle conceptuel***

Ce chapitre décrit comment les concepts d'exposition, la sensibilité, la capacité d'adaptation et la vulnérabilité ont été traduits en indices numériques; quelles variables ont été utilisées; et comment les variables ont été regroupées en sous-indices dans un indice composite de vulnérabilité.

### ***L'élaboration de la CVCC***

Les étapes clés de l'élaboration de la CVCC ont été :

#### **Calcul de la vulnérabilité exposition**

Le sous-indice exposition est composé des six variables mesurant l'exposition à la variabilité et aux valeurs extrêmes de température et des précipitations ainsi qu'aux catastrophes naturelles:

1. l'écart-type de la température moyenne mensuelle de 1950 à 1990 (voir les formules à l'annexe 5);
2. écart entre le maximum et minimum de la température moyenne mensuelle
3. la fréquence des mois très chauds ou très froids, définie comme la fréquence des mois pendant lesquels la température moyenne dépasse 30 ° C ou est tombée au-dessous de -10 C;

---

<sup>5</sup> The World Bank Sustainable Development Network, Social Development Unit, January 2011, *Mapping Vulnerability to Climate Change Rasmus Heltberg and Misha Bonch-Osmolovski* Policy Research Working Paper 5554

4. la fréquence des mois extrêmement secs au printemps (moins de 5 ml de précipitations totales par mois) et en été (0 ml de précipitations totales par mois);
5. l'écart-type des précipitations totales mensuelles et
6. la fréquence des catastrophes liées aux conditions météorologiques entre 1998-2009.

#### **Calcul de l'indice de sensibilité**

Le sous-indice sensibilité est composé de cinq variables mesurant l'agriculture, la démographie, la santé, la pauvreté, et la sensibilité aux catastrophes liées au CC et la variabilité.

La sensibilité de l'agriculture à la variabilité et aux impacts du CC et est mesurée comme la moyenne de trois variables: Superficie des terres irriguées par habitant, le degré de diversification de l'utilisation des terres de culture mesurée par l'indice Herfindahl, et la part des ménages dont le revenu principal est l'agriculture.

La sensibilité démographique est mesurée par la part de la population en dessous de 5 et au-dessus de 65 ans. La sensibilité aux impacts néfastes sur la santé est mesurée par la moyenne de deux variables, le taux de mortalité et la part des ménages dépendants de sources d'eau non protégées. La sensibilité à la pauvreté et la faim est mesurée par la part des ménages définis par une insécurité alimentaire. Enfin, la sensibilité aux impacts des catastrophes naturelles climatiques (par opposition à l'exposition à ceux-ci) est mesurée par le taux de mortalité naturelle lié aux catastrophes climatiques et de l'estimation des coûts économiques de ces catastrophes par habitant.

#### **Calcul de la capacité adaptative**

Le sous-indice capacité d'adaptation est composé de quatre variables mesurant la consommation, l'éducation, la diversification des revenus, et le développement institutionnel:

1. consommation des ménages par habitant;
2. la part de la population ayant une éducation dépassant les études secondaires;
3. l'indice de Herfindahl de la diversification des revenus (valeur plus élevée, diversification grande);
4. le développement institutionnel et le capital social sont mesurés par la moyenne de trois variables: la confiance (proportion de ménages avec une confiance générale dans les autres); l'absence de corruption, et la participation politique (part des ménages qui ont participé aux élections).

#### **Agrégation des sous-indices en indices composites**

Différentes méthodes existent pour l'agrégation des variables en sous-indices et des sous-indices en indices composites. Moyennes simples assumant que toutes les variables ont le même poids. Les moyennes pondérées peuvent être utilisées pour s'écarter de l'hypothèse d'un poids égal, mais soulignent la nécessité de «jugement d'experts» pour déterminer les poids, ce qui introduit un autre élément de choix arbitraires.

Une simple moyenne non pondérée des variables normalisées est utilisée pour former des sous-indices et des moyennes simples des sous-indices pour former l'indice de vulnérabilité globale.

Toutes les variables sont normalisées par une transformation linéaire dans l'intervalle 0-1. En particulier, la variable  $x$  est transformée en  $x'$ , où  $x' = (x - \min x) / (x \max - \min x)$  où le maximum minimum est pris en charge la valeur de  $x$  dans toutes les régions.

La vulnérabilité est donc calculée en tant que:

$$\text{Vulnérabilité} = 1 / 3 (\text{exposition} + \text{Sensibilité} + (1 - \text{Capacité d'adaptation})).$$

#### **Présentation de résultats**



Les résultats sont présentés sous formes de cartes sur lesquelles sont reportées les valeurs des indices par région. Des profils en histogrammes sont dressés pour comparer la variation et les degrés d'importance des trois sous-indices (Exposition, Sensibilité et Capacité d'adaptation) dans la contribution à l'indice globale et donc à la cartographie de la vulnérabilité...

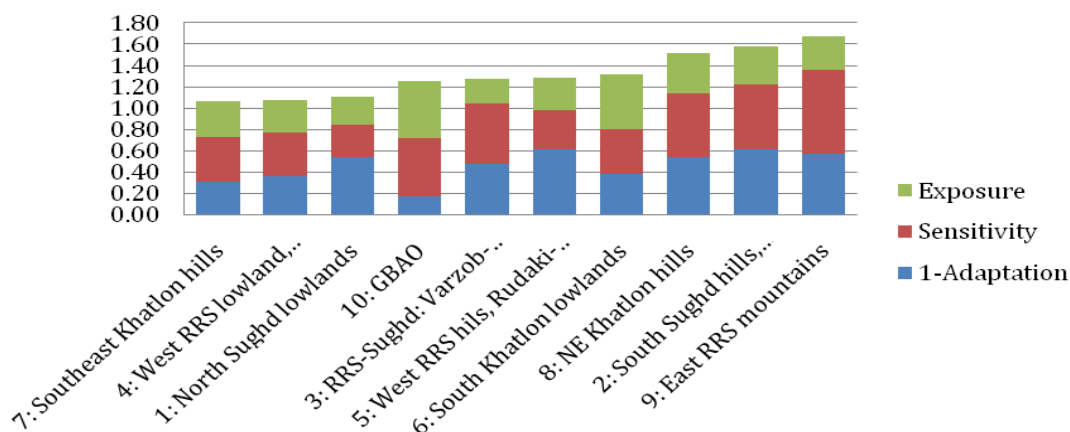
Nous donnons en figure 8 et 9, un exemple de sortie de cette méthode, appliquée pour 10 zones agro-écologiques du Tajikistan. Les résultats montrent que la vulnérabilité varie en fonction du développement socio-économique et institutionnel et ne suit pas directement une tendance directement liée à l'exposition ou à l'altitude: « le changement climatique et la géographie ne constituent pas une fatalité ». Les résultats indiquent que les zones urbaines sont de loin les moins vulnérables.

### Limites de l'Indice

A l'instar des indicateurs composites obtenus par agrégation d'indicateurs élémentaires l'EVI et la CVCC ont par nature une forte vertu pédagogique. Ils peuvent illustrer de façon claire les problématiques du CC mais au prix d'hypothèses souvent fortement simplificatrices. On peut notamment leur reprocher les méthodes de normalisation qui ramènent à une échelle commune des indicateurs avec des dimensions différentes. Ces méthodes reviennent à construire des indicateurs synthétiques, par construction bornés, c'est-à-dire compris entre des valeurs maximales et minimales. Les comparer à un indicateur non borné, comme le PIB par tête, peut donc conduire à des décrochages purement artificiels.

Une dernière critique d'ordre technique porte sur la disponibilité des données relatives à la capacité adaptative. Si ces données peuvent s'obtenir facilement à l'échelle du pays, ils sont souvent indisponibles au niveau régional. Dans le cas du CVCC, le calcul de la capacité adaptative se base sur le niveau de revenus; ii) et parfois l'indice de développement humain local (IDH). Ce type d'indicateurs n'est pas disponible pour toutes les régions du Maroc.

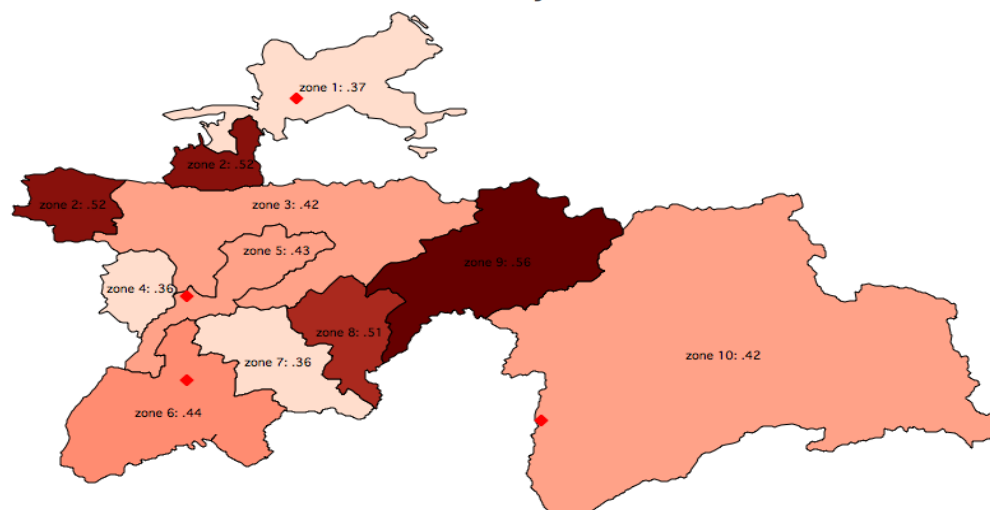
**Figure 8: Carte de vulnérabilité pour le Tajikistan**



Note: 10 zones agro-écologiques. Variation des sous indices Exposition, Sensibilité et Capacité d'Adaptation

**Figure 9: Carte de vulnérabilité globale (agrégation des sous-indices en un seul indice)**

## Vulnerability index



### C. Étude comparative des deux méthodes : EVI- CVCC

Les indices EVI et CVCC tentent de trouver des métriques appropriées pour la vulnérabilité pour :

1. Identifier les différences régionales en matière de vulnérabilité au CC.
2. Aider à comprendre si c'est l'exposition, la sensibilité, ou le manque de capacité d'adaptation qui est le moteur de vulnérabilité.
3. Classer des régions par leurs degrés de vulnérabilités au CC en vue de l'allocation des ressources.
4. Être utilisé comme un outil par le gouvernement national à allouer des ressources pour construire la résilience au climat.
5. Être utilisé comme un outil par les gouvernements locaux pour améliorer l'adaptation au niveau communautaire au CC.
6. Spécifier la nature des stratégies d'adaptation appropriées pour chaque région à l'égard des profils de vulnérabilité obtenus.

**Tableau 3 : Points communs et spécificités de chacun des deux indices**

	EVI	CVCC
Utilisation appropriée	Aider à identifier et cibler les régions vulnérables, les secteurs ou les populations sensibles, et peut contribuer à une stratégie de surveillance	
Portée	Globale, mais plus approprié au niveau local	Régional
Produit clé	Matrices des indices de vulnérabilité, des cartes de vulnérabilité Profils de vulnérabilité	
Intrant clé	Un mélange de données quantitatives et qualitatives	
Données climatiques	30 années	40 années
Données nécessaires pour générer un profil	Les profils sont valables à partir de 80 % des données	100 % des données est nécessaire pour générer un profil de vulnérabilité
Sous-indices	7	3
Risque	risque * exposition* sensibilité	risque * exposition * sensibilité * capacité

		adaptative
Facilité d'utilisation	Les profils sont générés automatiquement par le programme	Toutes les variables sont normalisées par une transformation linéaire dans l'intervalle 0-1
Les ressources humaines	Techniciens avertis	Techniciens confirmés
Formation requise	Pas de formation requise, mais une compréhension des données climatiques et statistiques descriptives est un atout.	Certaines formations sont utiles, mais l'expertise dans l'analyse politique est plus importante que les techniques d'analyse spécifiques.
Applications	Global et petites îles du pacifique	Régions du Tajikistan, Mexique
Durabilité	Calculs répétés toutes les cinq années	Non
Coût	Non	
Documentation	Pratt, C., Kaly, U., Mitchell, J., 2004a. How to use the environmental vulnerability index, UNEP/SOPAC South Pacific Applied Geo-science Commission, Technical Report 38	Mapping Vulnerability to Climate Change Rasmus Heltberg and Misha Bonch-Osmolovski Policy Research Working Paper 5554 The World Bank Sustainable Development Network Social Development Unit January 2011
Disponibilité des données à l'échelle des régions du Maroc	Oui	La capacité adaptative doit être calculée séparément pour chaque région (IDH, l'indice de Herfindahl de la diversification des revenus...)

### **Conclusion**

Le choix de l'indice, bien que déterminant, n'est pas la question cruciale: plusieurs modèles sont possibles comme exposé ci-dessus. Par contre, ce qui est central est la possibilité d'utiliser l'outil et de pouvoir l'appliquer à toutes les régions du Maroc.

Le tableau comparatif de l'EVI et de la CVCC permet de conclure que la CVCC ne peut être menée, du moins pour le moment, à une échelle régionale, et ce en raison de l'absence de données nécessaires pour calculer le sous-indice de la capacité adaptative.

Nous nous limiterons par la suite à l'application de l'EVI d'abord par une étude de cas sur deux sites, puis par son intégration et généralisation aux autres régions du Maroc.

## **IV. ETUDES DE CAS**

Ce chapitre présente un exemple de mise en application de l'indice de vulnérabilité environnementale. L'application portera sur deux régions du Royaume: les Oasis de Tafilalet et le Rehavya, un sous-bassin de Tensift, dans le versant nord du Haut Atlas de Marrakech.

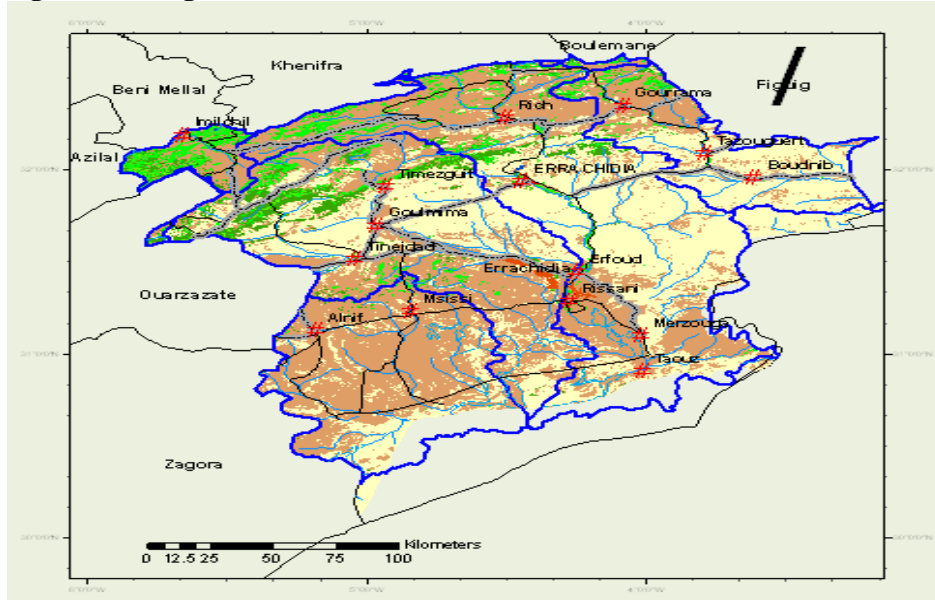
Une approche pratique de la vulnérabilité doit nécessairement prendre en considération l'échelon territorial. Des études de cadrage faisant appel à des contributions multidisciplinaires devraient permettre dans un premier temps d'évaluer les principales vulnérabilités sur quelques collectivités « pilotes », en vue de nourrir la réflexion sur la planification de l'adaptation. L'approche territoriale a l'avantage d'utiliser la connaissance locale du terrain et des événements climatiques passés, et de concentrer la réflexion sur des éléments concrets. Elle permet également de raisonner sur des projets précis et bien délimités.

## A. Choix et description des régions pilotes

Les exercices pilotes porteront sur deux régions ; le sous bassin de Rheraya dans le Haut Atlas de Marrakech et le bassin de Tafilalet dans la région d'Errachidia

### *La région d'Errachidia*

**Figure 10 : Région d'Errachidia**



La région de Tafilalet, partie de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain (ReBOSuM), se situe au sud-est du Maroc atlasique entre les latitudes sud-atlasiennes  $29^{\circ}30'$  et  $32^{\circ}30'$ . Elle occupe approximativement 8,44% de la surface du Maroc (environ 60 000 km<sup>2</sup> dont 60 000 ha est irriguée). Le Tafilalet qui se présente comme un chapelet d'oasis englobe trois bassins versants qui sont : le Ziz, le Rhéris et le Guir. La présence de la barrière atlasique culminant au Nord à des altitudes supérieures à 3 200 m et l'arrivée des vents chauds d'origine saharienne sont à l'origine de la rigueur du climat.

Le climat de la région est de type aride : les précipitations dépassent rarement 120 mm par an. L'évaporation et l'écart thermique journaliers et saisonniers sont très élevés. La région recèle des trésors de biodiversité et une civilisation millénaire de l'aride. Les principaux types d'écosystèmes et de paysages de la planète sont représentés.

L'une des caractéristiques majeures du climat de la région réside dans le caractère violent des pluies. Aussitôt après les pluies torrentielles, lesquelles surviennent généralement en automne, l'écoulement des eaux de ruissellement devient spectaculaire. Les oueds grossissent et prennent des dimensions inhabituelles, endommageant les différentes infrastructures existantes et contribuant à la dégradation d'un milieu déjà fragile: les voies de communication sont alors coupées, les routes, les pistes et les sentiers endommagés, les ouvrages d'irrigation démolis, les plantations déracinées et les minuscules parcelles agricoles emportées par le courant.

La pression démographique et les actions anthropiques sur l'écosystème oasien sont en train de modifier la trajectoire des services écosystémiques: la production de la terre ne supporte plus les besoins humains de plus en plus importants. Les changements globaux dont le CC se font de plus en plus sentir: la diminution des débits des cours, d'eau la chute du niveau piézométrique, le tarissement des Khetaras et l'avancée des dunes de sable constituent tout aussi bien des éléments naturels qu'induits par les activités humaines. En absence d'un réseau d'assainissement le long du Ziz, les latrines creusées ont largement

contribué à la contamination fécale des eaux souterraines et une pollution bactériologique généralisée.

Les oasis du Maroc connaissent une situation de dégradation, exacerbée par les effets additionnels du CC qui préfigurent une accélération considérable de la désertification avec comme corolaire l'abandon et la perte des écosystèmes productifs dont le rôle social, écologique et économique reste majeur pour les régions du Sud du Maroc. En réponse à ces menaces, le Gouvernement du Maroc a élaboré en 2004 la Stratégie Nationale d'Aménagement et de Développement des Oasis et a engagé un vaste chantier de réhabilitation, de sauvegarde et de mise en valeur durable de ces espaces à travers plusieurs initiatives phares dont le Programme de développement durable des Oasis du Sud (POS) et le Programme des Oasis du Tafilalet (POT). Afin de mieux appréhender les nouveaux défis posés par le CC sur ces espaces, le Royaume du Maroc, par l'intermédiaire de son Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau et de l'Environnement et avec l'appui de la Coopération Japonaise et du PNUD, mène actuellement le projet « Adaptation aux CC au Maroc: pour des Oasis résilientes » dont l'objectif principal est de gérer et de réduire les risques posés par le CC dans les systèmes productifs oasiens via notamment l'introduction d'approches innovantes et d'adaptation et le renforcement des capacités locales.

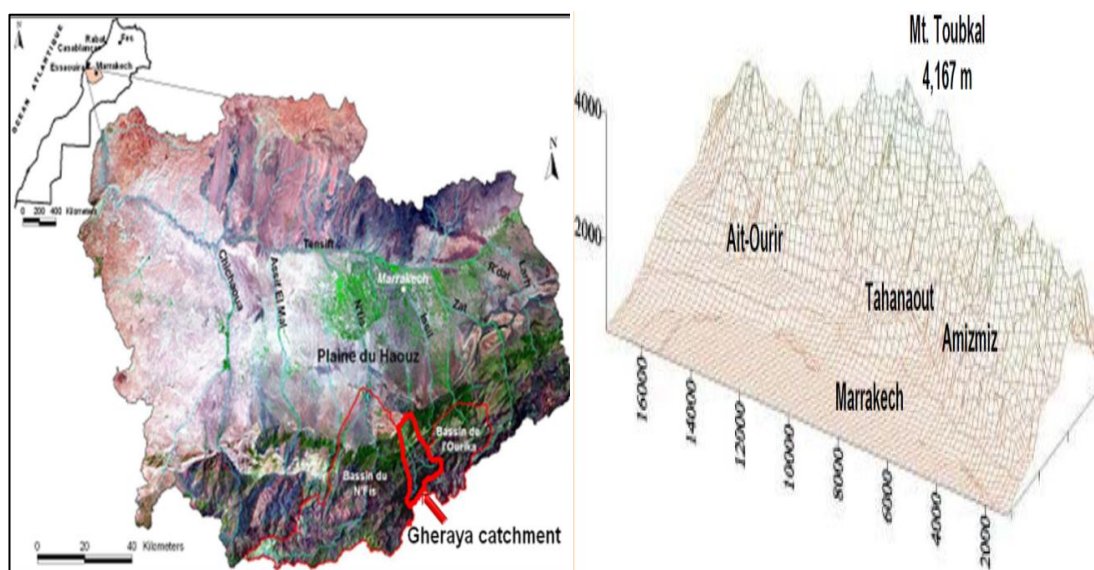
Les oasis marocaines présentent encore les meilleures conditions de développement durable des ressources naturelles. En effet, l'habitat dans les Ksour, ainsi que les systèmes d'irrigation par Séguias et Khetaras et une grande diversité des systèmes et modes d'élevage sont encore en vogue.

Aussi, l'agriculture dans la ReBOSuM se distingue par une grande diversité de systèmes de cultures basés sur la polyculture, avec ou sans association avec l'élevage. La pratique de plusieurs cultures sur les mêmes parcelles est très courante dans la région.

**Le choix** de cette région d'étude comme région pilote, pour appliquer le modèle d'Indice de Vulnérabilité Environnementale, réside d'une part dans le fait qu'elle appartienne au domaine de la ReBOSuM et d'autre part dans la problématique variée que connaît la région comme souligné si dessus : Sécheresse, désertification, pollution des eaux, maladies vectorielles, population marginalisée, manque de politique de gestion...

### *Le bassin de la Rheraya*

**Figure 11: Bassin de la Rheraya**



#### **Caractéristiques morphologiques du bassin versant du Rheraya**

Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>) 228, Périmètre du bassin versant (km) 78; Longueur du cours principal du Rheraya (km) 32; Longueur du rectangle équivalent (km) 32,1; Largeur du rectangle équivalent (km) 7; Pente moyenne (%)19; Altitude

moyenne (m) 2160; Altitude la plus fréquente (m) 2020; Indice d'allongement (m) 4,85; Indice de compacité (Kc) 1,46; Temps de concentration théorique (h) 4

Le bassin du Tensift est alimenté sur sa rive gauche par la chaîne du Haut Atlas occidental qui compte plusieurs sous-bassins hydrologiquement actifs. Le bassin de la Rheraya est l'un de ces sous-bassins, qui est limité au Nord par la plaine du Haouz, au Sud par le bassin de Tifnout (Haut Souss), à l'Est par le bassin de l'Ourika et à l'Ouest par le bassin du N'fis.

Le bassin versant de la Rheraya est localisé dans le Haut Atlas occidental du Maroc à une quarantaine de kilomètres au sud de Marrakech entre les latitudes 30°10' et 30°20', et les parallèles 7°40' et 8°. Il prend sa source au sommet du Toubkal (4167 m, point culminant de l'Afrique du Nord). La partie montagneuse que nous étudions ici se termine à la sortie de l'Atlas, à la station hydrométrique de Tahanaout (1060 m). Il est long d'environ 32 km pour une superficie de 228 km<sup>2</sup> et une altitude moyenne de 2168 m.

Le choix du Haut Atlas repose sur la Stratégie de développement des zones montagneuses. Les zones montagneuses abritent près du tiers de la population marocaine et disposent d'atouts naturels diversifiés avec plus de trois millions de terres pastorales et arables et 60% du patrimoine forestier. Toutefois, ces zones sont aussi des écosystèmes fragiles menacés par les phénomènes d'érosion et de désertification et très vulnérables aux effets néfastes des CC. En dépit des ajustements apportés depuis une quinzaine d'années, les conditions de vie continuent d'accuser un retard considérable aggravant les écarts de revenus et de niveau de vie entre les populations urbaines et rurales. Les attentes sont multiples : la nutrition, la santé, l'éducation, les infrastructures de base, l'eau, l'emploi, l'environnement... (SNC, 2010). Ce bassin versant au fonctionnement pluvio-nival avec un château d'eau de montagne, où l'apport principal provient de la neige, et une utilisation de l'eau par l'agriculture irriguée en plaine est typique de nombreux bassins versants du Sud de la Méditerranée (Viviroli, 2007). Par ailleurs, le bassin versant du Tensift constitue un exemple illustrant parfaitement la pression croissante sur la ressource en eau en Méditerranée du Sud avec l'intensification des pratiques agricoles et des activités touristiques.

Le milieu montagnard a été aussi choisi pour faire ressortir la nécessité urgente de stratégies d'adaptation au CC qui atténuent le risque de catastrophes en montagne. En effet les montagnes sont parmi les environnements les plus fragiles sur Terre (IPCC, 2007a). Les biomes de montagne marocains sont en voie de disparition en raison du CC qui affecte directement ou indirectement la couverture de neige, la biodiversité, le sol et la disponibilité de l'eau (Messouli et al. 2010a,b).

Les montagnes sont des sites dangereux. De nombreuses communautés de montagne vivent sous la menace des tremblements de terre et des éruptions volcaniques causées par le déplacement des plaques tectoniques. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, il est fort probable que les violentes précipitations deviendront plus fréquentes et que les orages gagneront en intensité, ce qui rendra les régions montagneuses encore plus périlleuses (IPCC, 2007a).

Pendant des siècles, les systèmes agricoles de montagne ont produit une profusion d'aliments nutritifs tout en protégeant le sol de l'érosion et en conservant les ressources en eau. Ces systèmes étaient expressément conçus pour réduire les risques de catastrophes naturelles. L'introduction de l'arboriculture (pommier, pêcher, cerisier, abricotier, prunier) dans les villages du Haut-Atlas est un des phénomènes les plus marquants de l'évolution des systèmes agraires de la montagne ces dernières années. Les montagnards recherchent de nouveaux équilibres en se convertissant à de nouvelles pratiques plus valorisantes de leurs modestes ressources naturelles (Mahdi, 1985).

Des forces externes aux communautés de montagne, comme les intérêts d'exploitation commerciale et la production agricole dictée par le marché exercent également une pression dangereuse sur les écosystèmes de montagne, autant de facteurs susceptibles d'aboutir à la

déforestation permanente et à la dégradation irréversible de l'environnement. La perte de couvert forestier prive les communautés de montagne d'une barrière protectrice contre les glissements de terrain et les avalanches et contribue ultérieurement à accroître l'érosion du sol et le ruissellement des eaux.

## B. Méthodologie et démarche

Le travail de collecte des données et d'informations a suivi des voies différentes selon les contextes locaux. La présente étude documentaire est largement basée sur des sources d'information primaire à savoir les sites web concernés et l'information publique sur les projets et les programmes relatifs aux questions thématiques des stratégies d'adaptation au CC, les réponses à la gestion des risques de catastrophes naturelles et les mesures d'appui. Les principaux domaines couverts sont : eau (approvisionnement / gestion des inondations), bâtiment, utilisation des terres rurales (biodiversité et préservation / agriculture et foresterie), secteur urbain, y compris l'inondation des habitations et le secteur du transport.

### Source des données

L'EVI tente de résumer une grande variété de données sur la vulnérabilité environnementale pour une région. Les données nécessaires englobent un éventail de facteurs environnementaux à partir des:

- Données climatiques
- Température de surface de la mer,
- Informations géologiques et géographiques,
- Espèces biologiques et les données sur l'habitat, les réserves,
- Activités humaines, population,
- Législation, etc.

La nature diverse et variée de ces données signifie que les sources sont très dispersées et nécessitent souvent des efforts pour identifier, collecter et compiler des informations nécessaires pour les calculs de la vulnérabilité environnementale.

Afin de calculer les 50 indicateurs, une base de données a été établie pour les deux régions et plusieurs visites auprès des institutions ayant ce type de données ont été réalisées :

**Tableau 4 : Exemple de sources de données utilisées dans l'EVI de Tafilalet**

N°	Indicateur	Source des données de Tafilalet	Sources potentielles
1	Wind	<a href="http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm">http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm</a>	DMN
2	Dry	<a href="http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm">http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm</a>	DMN
3	Wet	<a href="http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm">http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm</a>	DMN
4	Hot	<a href="http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm">http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm</a>	DMN
5	Cold	<a href="http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm">http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm</a>	DMN
6	Sst	N'est pas applicable pour la région de Tafilalet	NA
7	Volcano	<a href="http://www.usgs.gov/">http://www.usgs.gov/</a> SERVIR VIZ ( <a href="http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx">http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx</a> )	Ministère de l'équipement
8	Earthquake	<a href="http://www.usgs.gov/">http://www.usgs.gov/</a> SERVIR VIZ ( <a href="http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx">http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx</a> ) EMDAT, USGS, NOAA base de données ONEM	Désastre Ministère de l'équipement
9	Tsunamis	N'est pas applicable pour la région de Tafilalet	NA
10	Slides	EMDAT ( <a href="http://www.emdat.be/">http://www.emdat.be/</a> ) Regina Below Centre For Research on the Epidemiology of Disasters – CRED 30.94, Clos Chapelle-aux-Champs - 1200 Brussels – Belgium Tel : 32-2-764-33-26 Fax: 32-2-764-34-41	Désastre Ministère de l'équipement
11	Land	Monographie de la région de Meknès-Tafilalet	Observatoire régionale
12	Dispersion	Base de données ONEM	Observatoire régionale
13	Isolation	Times Comprehensive World Atlas	Observatoire régionale
14	Relief	MNT (model numériques du terrain) Landsat	



15	Lowland	MNT (model numériques du terrain) Landsat	
16	Borders	Encarta	
17	Imbalance	ND	
18	Openness	ND	Chambre de commerce
19	Migratory	Plan cadre de gestion de la RBOSM 2008 IUCN ( <a href="http://www.iucn.org/">http://www.iucn.org/</a> )	Ministère de l'environnement Ministère Agriculture et pêche maritime
20	Endimics	Plan cadre de gestion de la RBOSM 2008 IUCN ( <a href="http://www.iucn.org/">http://www.iucn.org/</a> )	Stratégie nationale pour la conservation et l'utilisation durable de la Diversité Biologique
21	Introduction	Global Register of Migratory Species GROMS <a href="http://www.groms.de/">http://www.groms.de/</a>	
22	Endangered	IUCN, RBSOM	
23	Extinction	IUCN, RBSOM	
24	Vegetation	ORMVATF, HCEFLCD	Ministère de l'environnement Ministère Agriculture et pêche maritime
25	Cover	ND	Images Satellites
26	Fragmentation	Direction Régionale du Ministère de l'équipement Meknès, ONEM, site web	
27	Degradation	FAO / AGL PNABV, Eaux et Forêts	
28	Reserves	RBSOM Rapport	
29	Mpa	NA	NA
30	Farming	ND	
31	Fertilaser	ORMVATF	ORMVAT
32	Pesticides	ND	ORMVAT
33	Technologie		
34	Fishereis	NA	NA
35	Fishing effort	NA	NA
36	Water	DRHGRZ, ONEP	Agence de Bassin de G.R.Z, ONEP
37	Air	Monographie Meknès-Tafilalet 2004	Ministère de l'environnement
39	Treatment	Monographie MT	
40	Industry	ND	
41	Spills	ND	
42	Mining	Albayane (02/04/06)	ENERGIES ET MINES MEMEE
43	Sanitation	RGPH Census	Ministère de la Santé
44	Vehicles	RGPH Census	Ministère transport
45	Density	RGPH Census	HCP
46	Growth	HCP /RGPH Census	HCP
47	Touriste	Délégation du Tourisme Errachidia	Ministère de tourisme
49	Agreements	<a href="http://www.preventionweb.net/english/countries/statistics/?c_id=116">http://www.preventionweb.net/english/countries/statistics/?c_id=116</a> SEDAC / CIESIN	
50	Conflicts	-	Ministère de la Justice

### C. Principaux résultats des exercices pilotes et recommandations

Les scores des indicateurs pour les deux régions, Rheraya et Errachidia, sont compilés dans le tableau 5. La description détaillée des indicateurs est fournie en annexe 1.

**Tableau 5 : Comparaison des indices environnementaux pour Rheraya et Errachidia**

Indicateur	No. EVI	Sous-catégorie	Description (unité)	Score	
				R	E
Wind	1	Met Clim	Average annual excess wind over the last five years, summing speeds on days during which the maximum recorded. (Days/yr)	1	1



Dry	2	Met Clim	Average annual rainfall deficit (mm) over the past 5 years for all months with >20% lower rainfall than the 30 year (mm/station/Year)	3	2
Wet	3	Met & Clim	Average annual excess rainfall (mm) over the past 5 years for all months with >20% higher rainfall than the 30 year (mm/station/Year)	3	1
Hot	4	Met & Clim	Average annual excess heat (degrees Fahrenheit) over the past 5 years for all days more than 9F (5°C) hotter than the 30 year mean monthly maximum, averaged over all reference climate stations. (degrees/year)	3	4
Cold	5	Met & Clim	Average annual heat deficit (degrees) over the past 5 years for all days more than 5°C cooler than the 30 year mean monthly minimum averaged over all reference climate stations. (degrees / year)	5	3
SST	6	Met & Clim	Average annual deviation in Sea Surface Temperatures (SST) (degrees / yr)	NA	NA
Volcano	7	Met & Clim	Cumulative volcano risk as the weighted number of volcanoes with the potential for eruption greater than or equal to a Volcanic Explosively Index of 2 (VEI 2) within 100km of the country land boundary (divided by the area of land). (VEI Units / million sq km)	1	1
Earthquakes	8	G	Cumulative earthquake energy within 100km of country land boundaries measured as Local Magnitude (ML) $\geq 6.0$ and occurring at a depth of less than or equal to fifteen kilometres ( $\leq 15$ km depth) over 5 years (divided by land area) (Number ML $\geq 6$ , Depth $\leq 15$ km)	1	1
Tsunamis	9	G	Number of tsunamis or storms (Number since 1900 >2m run-up)	NA	NA
Slides	10	G	Number of slides recorded in the last 5 years (EMDAT definitions), divided by land area (Slides / million sq km land)	1	1
Land area	11	G	Total land area (km <sup>2</sup> ) (sq km)	2	5
Dispersion	12	G	Ratio of length of borders (land and maritime) to total land area (km / 1000 sq km)	1	2
Isolation	13	CC	Distance to nearest continent (km)	1	1
Relief	14	CC	Altitude range (highest point subtracted from the lowest point in country).( m)	3	3
Lowlands	15	CC	Percentage of land area less than or equal to 50m above sea level. (%)	1	1
Borders	16	CC	Number of land and sea borders (including EEZ) shared with other countries (number)	3	2
Imbalance	17	CC	Ecological Imbalance as weighted average change in trophic level since fisheries began (for trophic level slice $\leq 3.35$ ) (number)	1	ND
Openness	18	CC	Average annual USD freight imports over the past 5 years by any means per km <sup>2</sup> land area (USD Thousands / sq km land)	1	ND
Migratory	19	B	Number of known species that migrate outside the territorial area at any time during their life spans (including land and all aquatic species) / area of land (Spp / 1000 sq km land)	1	1
Endemics	20	B	endemic species per million square kilometer land area (Spp / 1,000,000 sq km land)	7	5
Introductions	21	B	introduced species per 1000 square kilometer of land area (Spp / 1,000 sq km land)	7	2
Endangered	22	B	Number of endangered and vulnerable species per 1000 sq km land area (IUCN definitions) (Spp / 1,000 sq km land)	ND	2
Extinctions	23	B	Number of species known to have become extinct since 1900 per 1000 sq km land area (IUCN definitions). (Spp / 1,000 sq km land)	7	3
vegetation	24	B	Percentage of natural and regrowth vegetation cover remaining (include forests, wetlands, prairies, tundra, desert and alpine associations). (% of original cover)	ND	6
Loss cover	25	B	change in natural vegetation cover over the last five years (% change)	ND	ND
Fragmentation	26	A	Total length of all roads in a country divided by land area (km / sq km)	4	1

Degradation	27	A	Percent of land area that is either severely or very severely degraded (FAO/AGL Terrastat definitions). (%)	7	1
Reserves	28	A	Percent of terrestrial land area legally set aside as no take reserves. (% of land area)	1	1
MPAs	29	A	Percentage of continental shelf legally designated as marine protected areas (MPAs). (%)	NA	NA
Farming	30	A	Annual tonnage of intensively farmed animal products (includes aquaculture, pigs, poultry) produced over the last five. ( t / sq km / year)	1	ND
fertilisers	31	A	Average annual intensity of fertiliser use over the total land area over the last 5 years. (kg / sq km / yr)	1	1
Pesticides	32	A	Average annual pesticides used as kg/km2/year over total land area over last 5 years. (kg / sq km / yr)	ND	ND
Biotechnology	33	A	Cumulative number of deliberate field trials of genetically modified organisms conducted in the country since 1986 (Total number trials)	1	1
Fisheries	34	A	Average ratio of productivity : fisheries catch over the last 5 years (tC / sq km / yr : t fish / sq km / yr)	NA	NA
Fish effort	35	A	Average annual number of fishers per kilometer of coastline over the last 5 years (fishers / yr / km coast)	NA	NA
Water	36	A	Average annual water usage as percentage of renewable water resources over the last 5 years (%)	5	5
Air	37	A	Average annual SO2 emissions over the last 5 years (t / sq km / yr)	1	1
Waste	38	A	Average annual net amount of generated and imported toxic, hazardous and municipal wastes per square kilometer land are (a t/km2/year over the last 5 years)	2	ND
Treatment	39	A	Mean annual percent of hazardous, toxic and municipal waste effectively managed and treated over the past 5 years. (%)	7	7
Industry	40	A	Average annual use of electricity for industry over the last 5 years per square kilometer of land. ( toe / km2)	ND	ND
Spills	41	A	Total number of spills of oil and hazardous substances greater than 1000 litres on land, in rivers or within territorial waters per million km coast during the last five years. (Number of spills / million km coasts)	ND	1
Mining	42	A	Average annual mining production (include all surface and subsurface mining and quarrying) per km2 of land area over the past 5 years. (t / km2 / yr)	1	2
Sanitation	43	A	population without access to safe sanitation (WHO definitions) (people / km2)	6	3
Vehicles	44	A	vehicles per square kilometer of land area (most recent data) (vehicles / km2)	3	1
Density	45	A	Total human population density (number per km2 land area) (people / km2)	5	5
Growth	46	A	Annual human population growth rate over the last 5 years (%)	7	7
Tourists	47	A	Average annual number of international tourists per km2 land over the past 5 years. (people/km2/yr)	4	2
Coastal	48	A	Density of people living in coastal settlements (i.e. with a city centre within 100km of any maritime or lake* coast). (people/km2)	NA	1
Agreements	49	A	Number of environmental treaties in force in a country (treaties)	1	1
Conflicts	50	A	Average number of conflict years per decade within the country over the past 50 years. (Average conflict years / decade)	1	1

Note : NA= Non Applicable, ND= pas de données

### ***Profil de vulnérabilité pour Errachidia***

Sur la base de l'analyse des données collectées, l'indice de vulnérabilité environnementale globale pour Errachidia a été établi à 234 = région à risque. Le score des différents sous-indices sont regroupés dans la figure 12. 76% des données a été assuré. Les facteurs qui contribuent le plus dans la valeur de l'EVI sont de l'ordre de l'interaction homme et nature :

Les sous-indices indiquent une vulnérabilité croissante dans l'ordre suivant : l'exposition, la désertification, le climat, l'agriculture, la santé humaine et enfin le secteur de l'eau, le plus vulnérable.

Le problème de la salinité des sols se pose avec acuité notamment dans les basses vallées et les plaines. Le phénomène est dû à l'importance des nappes chargées de sel voire même saumâtres dans les parties aval des palmeraies, comme c'est le cas dans la vallée du Ziz.

Pour ce qui est des caractéristiques biologiques, l'un des problèmes majeurs qu'il faut souligner est celui de l'infestation des sols par la fusariose mortelle du palmier appelée localement le « Bayoud ». D'après les travaux de recherche effectués par l'ORMVA d'Ouarzazate, cette maladie a causé la destruction des deux tiers de la palmeraie en un siècle.

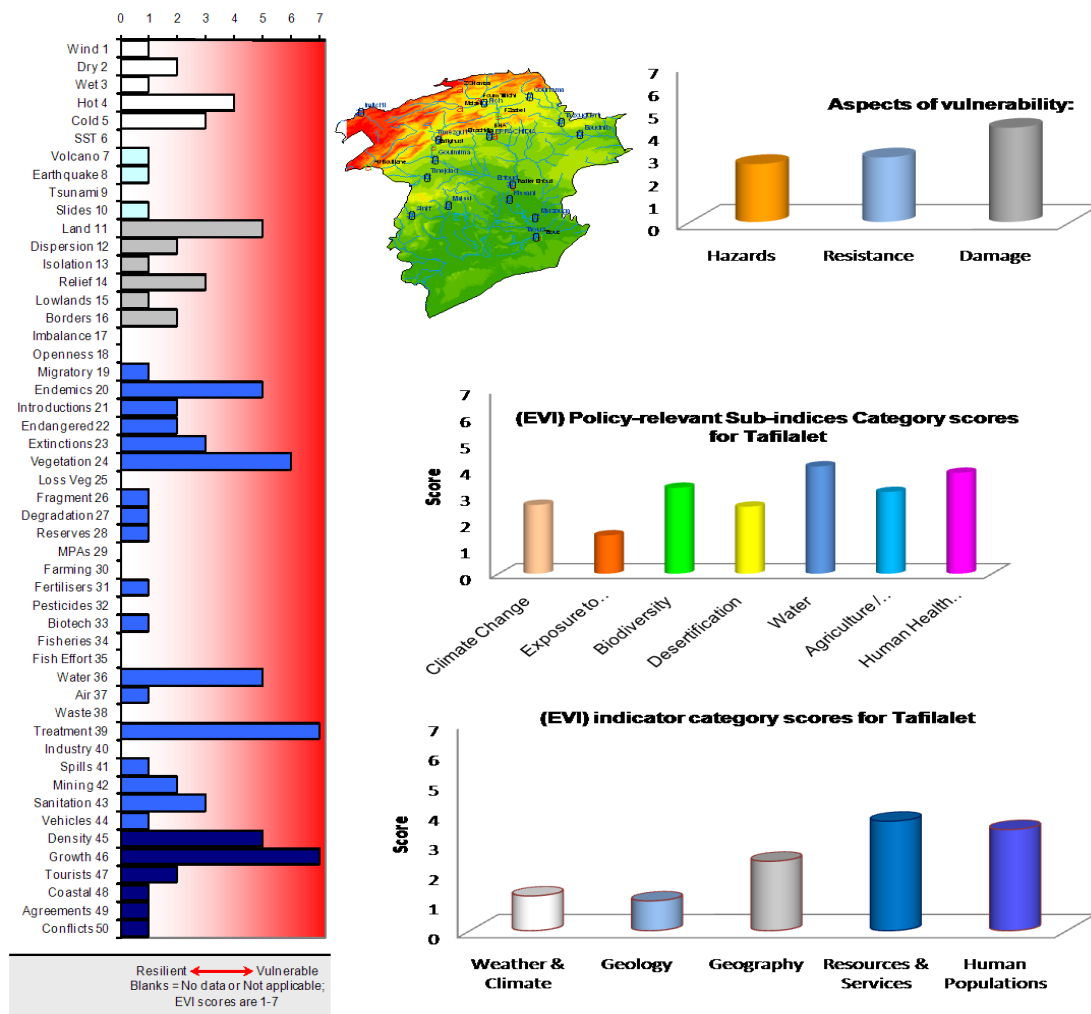
En plus du tourisme, l'agriculture en général, et l'élevage en particulier, constituent l'activité économique principale de la région. Mais son développement est handicapé par de nombreuses contraintes d'ordre technique, organisationnel et commercial. Par exemple, les contraintes à la commercialisation des produits de l'élevage sont liées aux faibles performances de ces produits, aux problèmes d'accès aux marchés et aux insuffisances en matière de valorisation des produits et sous-produits de l'élevage.

Les villes de la région oasienne posent beaucoup de défis de croissance, de surpeuplement, de structuration, d'organisation et de fonctionnement. Elles manquent de politique de développement ambitieuse, de stratégie et de modèle de développement oasien propre.

L'évolution de la population générale de la région cache bien des réalités démographiques différentes. En effet, l'évolution de la population de la région oasienne de la réserve de biosphère par milieu de résidence montre des disparités structurelles entre l'évolution des populations urbaine et rurale.

L'urbanisation prend ici une dimension phénoménale avec un taux moyen de croissance annuelle de 5,75% en 44 ans pour 3,06% pour le Maroc urbain au cours de la même période. Cette croissance urbaine s'est effectuée bien évidemment au détriment des effectifs de population rurale qui maintient une croissance plus au moins stable, soit en hémorragie, n'arrivant à enregistrer ainsi qu'une croissance insignifiante de 0.10% en 44 ans.

**Figure 12 : Profil et scores de l'EVI pour la région d'Errachidia**



En novembre 2000, la Province d'Errachidia située au sud du Maroc a été reconnue par l'UNESCO comme partie de «la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain ». Avec la reconnaissance du statut de réserve de biosphère, cette région est devenue une partie intégrante du Programme mondial de l'UNESCO de l'Homme et la Biosphère (MAB). Beaucoup de projets et initiatives ont été entrepris dans la zone de la RBOSM, de ce fait, plusieurs programmes et projets de développement de la région ont été mis en œuvre, chose qui a certainement réduit la vulnérabilité environnementale de la région.

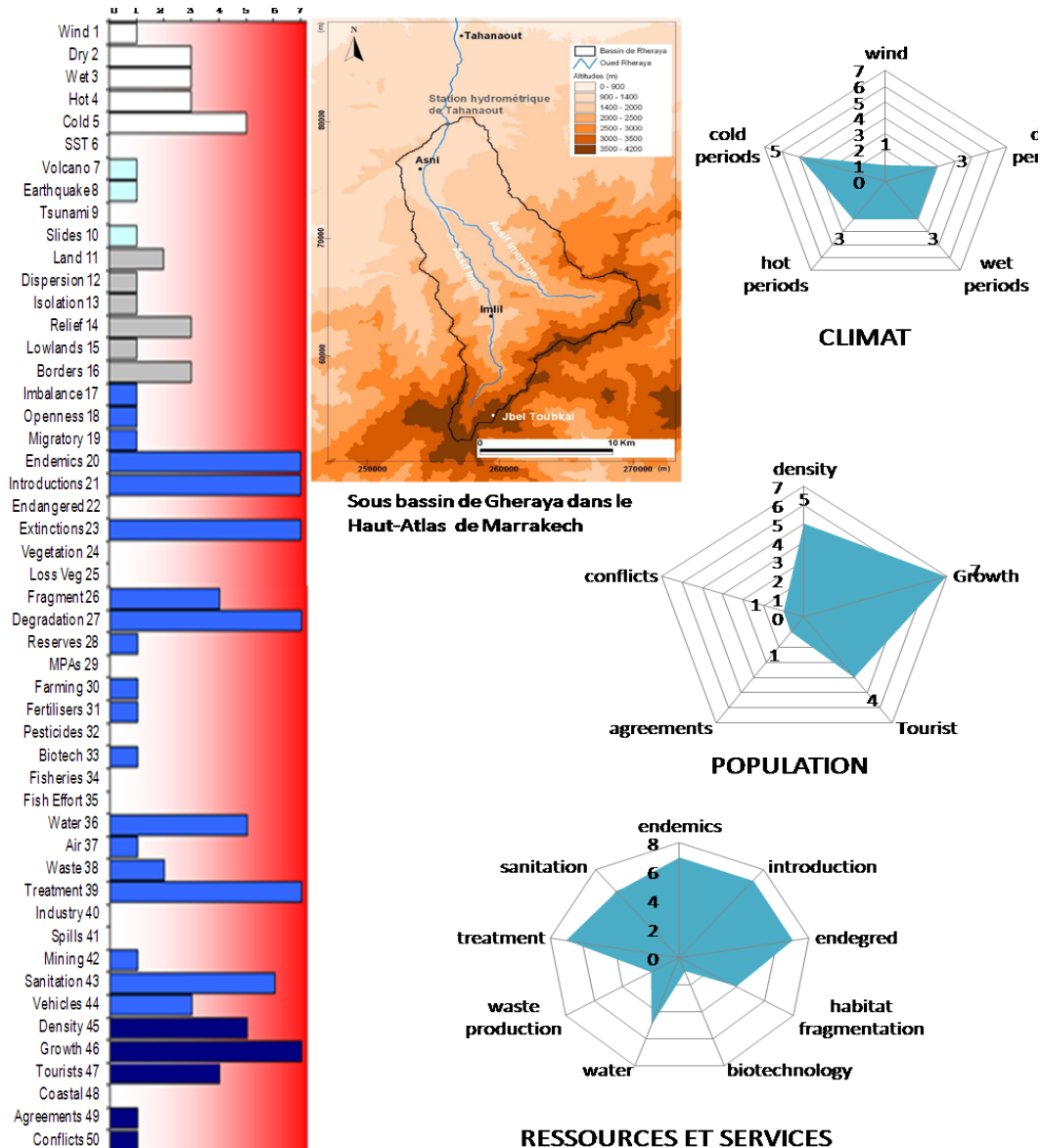
### Profil de vulnérabilité Rheraya

Les résultats de l'EVI montrent que le score total de la région est de 292 ce qui classe notre région comme une région vulnérable. 80% des données ont été fournies pour le calcul du profil de vulnérabilité (figure 13). On remarque que la biodiversité est extrêmement vulnérable avec un score allant de 5 à 7, et les systèmes hydriques ont un score de 5, ce qui est peut-être due aux activités anthropiques dans la région telles que la surexploitation et la fragmentation des habitats. Le taux d'accroissement de la population est très élevé ce qui exerce une pression de plus sur l'environnement.

Concernant le tourisme, le score est de 4. Le bassin versant Rheraya est connu pour ses atouts environnementaux et touristiques, présentant ainsi les traits d'un espace attractif pour les amateurs de la découverte de la nature et la pratique de différentes activités sportives et de loisirs.

En ce qui concerne les indicateurs météorologiques et climatiques, nous constatons que la vulnérabilité de la région varie entre 1 et 5 (wind : 1, dry periods : 3, wet periods : 3, hot periods : 3 and cold periods : 5), on remarque que le degré de vulnérabilité le plus faible est celui des vents mais cet indicateur présente une grande incertitude. En raison de l'absence de données, le calcul est basé sur une extrapolation des données de la ville de Marrakech.

**Figure 13: Profils de vulnérabilité de la vallée de Rheraya**



### *Etude comparative des deux régions*

D'après cette étude, la région de Tafilalet est une région à risque, avec un score EVI=234. Par contre la région de Marrakech est vulnérable avec un score EVI supérieur à 265.

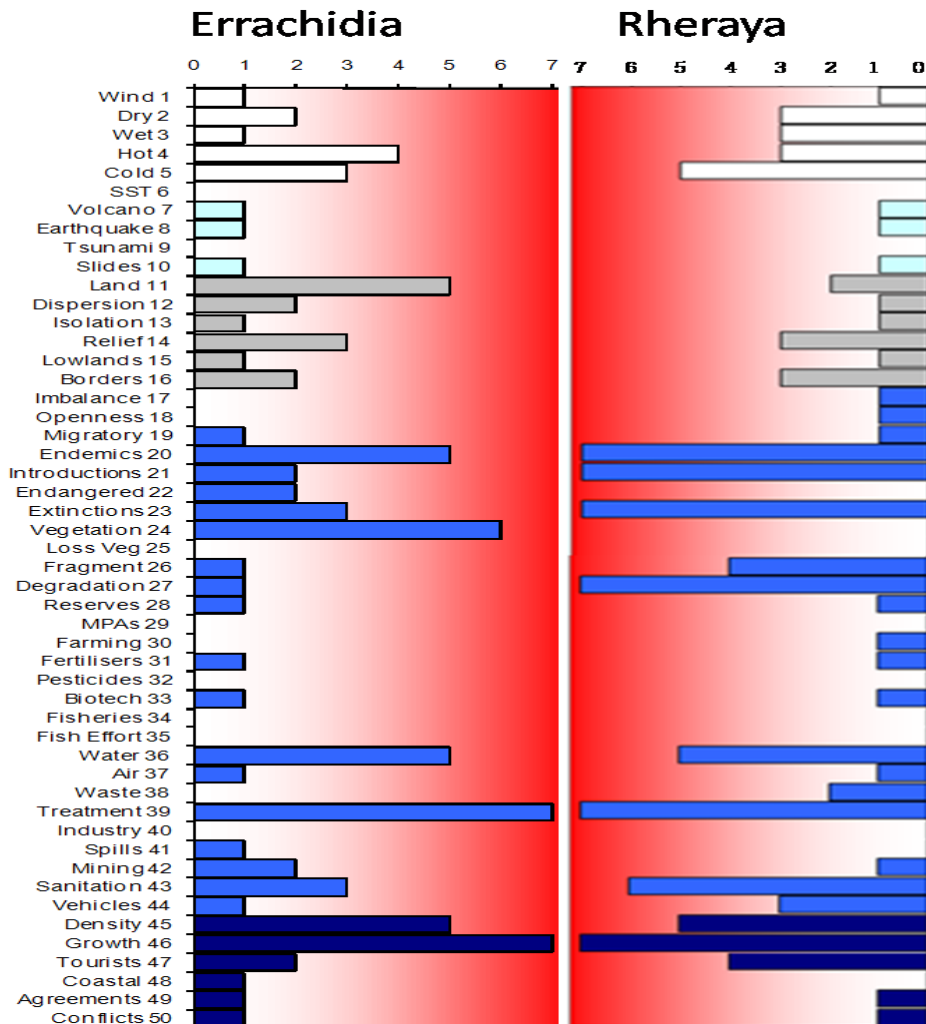
Les deux profils montrent un certain nombre de similarités :

L'action anthropique semble exercer une pression importante dans les deux régions. La biodiversité et les services écosystémiques sont profondément altérés en raison de la surexploitation des ressources et de l'introduction d'espèces invasives. La chasse et le braconnage représentent les menaces majeures sur la faune.

Quelles sont les principales vulnérabilités à l'égard des changements climatiques et au regard des dix objectifs de l'adaptation (T= Tafilalt, R = Rheraya)?

Comme indiqué sur la figure 14, dans les deux régions un CC a été noté, mais de façon différente. Le Haut Atlas a montré un changement des températures basses (froid) alors que dans les oasis ce sont les températures hautes qui ont subi un changement.

**Figure 14 : Comparaison des profils de Tafilalt et Rheraya**



La démographie constitue un facteur contribuant à la vulnérabilité des deux régions. Ces deux principaux moteurs sont responsables de l'érosion de la résilience des deux régions en augmentant leurs vulnérabilités à plusieurs niveaux :

Agriculture et sécurité alimentaire : Atteindre et préserver la sécurité alimentaire

- Raccourcissement de la saison de culture (phénologie T)
- Diminution des populations de poissons
- Perte de terres agricoles (érosion due aux inondations, désertification due à la sécheresse)
- Baisse de la fertilité des sols due aux inondations
- Salinisation des sols due à la surexploitation des eaux souterraines (T)
- Sécheresse et pluies soudaines + vagues de chaleur -> hausse de l'évapotranspiration
- Baisse du rendement des cultures

Ressources en eau : Atteindre et préserver la sécurité de l'approvisionnement et la salubrité de l'eau

- Assèchement des rivières et des sources (déviation des eaux, diminution enneigement)
- Augmentation du stress hydrique
- Pénurie d'eau potable
- Surexploitation des eaux souterraines (T)

Sécurité matérielle : Protéger les personnes et les biens des extrêmes et des catastrophes climatiques

- Augmentation des extrêmes et des phénomènes nouveaux (crues éclair, sécheresse, inondations)
- Glissements de terrain sous l'effet des crues
- Dégradation des écosystèmes oasien et montagnard

Protéger les moyens de subsistance et accroître la capacité d'adaptation

- Détérioration des ressources naturelles et des écosystèmes
- Préserver les grands pans de l'économie nationale et le développement durable (moteur de la croissance économique) des effets possibles de l'évolution du climat
- Exposition des agriculteurs à des risques incertains et de lourdes pertes dues aux CC
- Impossibilité pour les agriculteurs d'obtenir des prêts
- Augmentation de la fréquence et de l'ampleur des extrêmes climatiques

#### **Favoriser et améliorer la santé et la protection des personnes**

- a. Évolution de la transmission des vecteurs de maladies dans le temps et l'espace, dont Leishmaniose et Bilharziose, ainsi que diarrhée.

**Protéger et améliorer la structure et le fonctionnement des écosystèmes pour assurer la production viable des biens et des services fournis par ces derniers**

- a. Désertification
- b. Déboisement
- c. Dégradation des pâturages
- d. Remplacement des espèces indigènes et colonisation par des espèces exotiques
- e. Pollution par les sédiments lors des crues
- f. Diminution de la biodiversité et des services procurés par les écosystèmes due à l'érosion et la régulation des bassins hydrographiques

**Protéger et préserver les valeurs et les systèmes culturels**

- a. Liens étroits entre l'environnement, les règles et le patrimoine culturels (logement, habillement, médecine, autres traditions)
- b. Pressions exercées sur la culture par la modification du milieu naturel

#### **D. Analyse des processus**

##### ***Source d'information***

L'EVI tente de résumer une grande variété de données sur la vulnérabilité environnementale pour une région. Les données nécessaires englobe un éventail de facteurs environnementaux à partir des: données climatiques, températures de surface de la mer, informations géologiques et géographiques, espèces biologiques et les données de l'habitat, réserves, activités humaines, population, législation, etc.

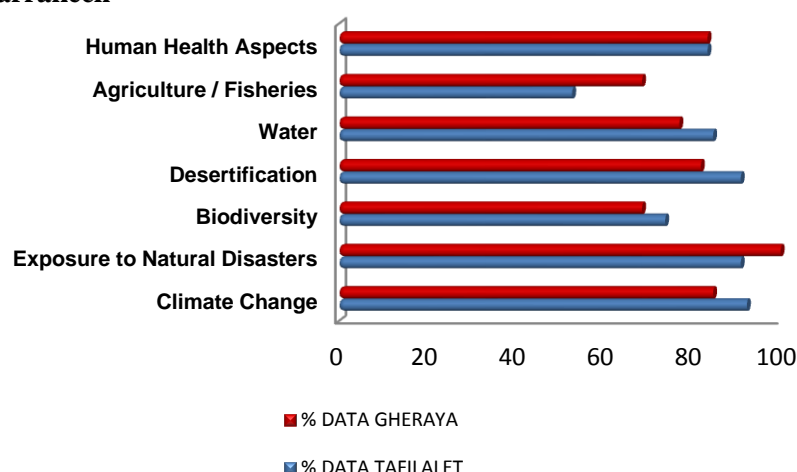
La nature diverse et variée de ces données signifie que les sources sont très dispersées et nécessitent souvent des efforts pour identifier, collecter et compiler des informations nécessaires pour les calculs de la vulnérabilité environnementale.

**Tableau 6 : Collecte des données, principales sources d'informations pour les deux régions**

Marrakech (Tensift El Haouz)	Errachidia (Tafilalet)
Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz. Direction Provinciale de l'Agriculture. Office National de l'Eau Potable, direction Régionale du Tensift Marrakech. Délégation Régionale de Tourisme. Agence du Bassin Hydraulique du Tensift. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Direction Régionale des Eaux et Forêts du Haut-Atlas. Enquêtes sur Terrain Internet	Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Tafilalet Office National de l'Eau Potable, Délégation régionale de la santé Errachidia Direction régionale de l'Hydraulique de Guir, Rhéris et Ziz Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Direction Régionale des Eaux et Forêts du Haut-Atlas. INRA Errachidia Délégation Régionale de Tourisme. ONGs Enquêtes sur Terrain Internet

*Disponibilité et fiabilité des données*

**Figure 15: Disponibilité des données brutes pour EVI dans les régions de Tafilalet et Marrakech**



Note : Données totales 76% pour Errachidia et 80% pour Rheraya

Des sérieux problèmes ont été rencontrés pour la collecte des données. Cela requérait notamment des procédures très compliquées et de solliciter des interventions intermédiaires pour acquérir certaines données. Les données obtenues dans certains cas étaient écartées car inutilisables. Il est cependant important de noter que certaines institutions se sont montrées hautement coopératives à ce niveau.

Des informations intéressantes ont été obtenues lors de plusieurs séries d'ateliers (Messouli, 2009 ; 2010 b, c) et de campagnes de terrain aussi bien dans le Tafilalet que dans la vallée d'Imlil (Rheraya).

**E. Enseignements tirés, conclusions et recommandations**

1. Les résultats de cette étude pilote montrent clairement que la collecte de données, l'évaluation des indices et sous-indices de vulnérabilité, la génération des profils et l'interprétation des résultats de l'indice de vulnérabilité sont possibles.



2. L'indice peut être utilisé pour la planification territoriale. Il contient une mine d'informations avec une manière simplifiée d'identifier les vulnérabilités de l'environnement.
3. L'utilisation d'un ensemble de données relativement simples et facilement accessibles permet l'utilisation de l'EVI pour formuler une représentation générale de la vulnérabilité au CC.
4. L'EVI montre que certaines vulnérabilités sont inhérentes, d'autres sont une conséquence des problèmes environnementaux du passé et peuvent être gérées localement. D'autres sont le résultat d'une mauvaise gestion de l'environnement mondial, nécessitant des solutions internationales.
5. Il est nécessaire de rationaliser la collecte et à améliorer la qualité des données sur l'environnement en général. Un mécanisme doit être mis en place pour accroître les capacités nationales, et de créer un processus permanent de collecte de données. Il est également nécessaire d'établir un dialogue bidirectionnel de données entre les régions et les ensembles de données nationales et internationales pour assurer le contrôle qualité, l'exactitude et la disponibilité des données. Ces données sont nécessaires pour une série de processus, y compris calcul EVI, la planification nationale et régionale, et des rapports pour les objectifs du millénaire. Un soutien particulier devrait être donné aux régions pour renforcer leur capacité à compiler les données.

**Tableau 7: Essai d'analyse comparative et de caractérisation des trajectoires territoriales face au CC, dans les régions étudiées**

Vulnérabilité	Errachidia	Rheraya
	234	292
	A RISQUE	VULNERABLE
Impacts associés au CC	canicule	Déficit d'enneigement érosion
La vulnérabilité - temporalité - enjeux	Long terme Humains (qualité de vie en ville)	court / moyen terme risques naturels/écologiques
Evènements « déclencheurs »	Tornade 2008 Inondation Guir	Hivers sans ou peu de neige Inondations 1994 et 2006
CEVulution des connaissances/ Arène de débats	Oasis résilientes INDH CBA	Parc naturel, associations Controverses projets d'aménagement
Réponses - temporalité - solutions adoptées - solutions envisagées	Court terme/Long terme POS POT INDH Végétalisation	Court terme/moyen terme Alerte précoce JICA ABHT Optimisation de l'équipement touristique
La politique locale d'adaptation	Réactive	Réactive
Mobilisation des impacts territoriaux du CC comme ressource argumentative dans les débats locaux	Moyenne	faible

## V. ANCRAGE INSTITUTIONNEL ET OPERATIONNALISATION DE L'EVI

Cette partie est consacrée aux mécanismes de l'opérationnalisation de l'EVI et propose une méthodologie commune permettant de prendre en main la notion de vulnérabilité d'un territoire face au CC. Elle vise à proposer un outil aux acteurs locaux, susceptible de leur permettre de disposer d'un instrument de veille « simplifié » et performant, adapté aux réalités locales.

L'opérationnalisation de l'EVI se fera par la mise en place d'une base de données des 50 indicateurs régionaux et d'un tableau de bord, soutenu par un manuel d'utilisation. Cette opérationnalisation est fondée sur trois piliers importants à savoir:

- i) Les données requises pour quantifier le niveau de vulnérabilité et l'importance des indicateurs et des indices pour guider la prise de décisions et prioriser les interventions;
- ii) Les institutions porteuses et partenaires et l'identification d'un système les impliquant pour le développement, la mise à jour et l'exploitation de l'EVI;
- iii) L'organisation des interactions entre acteurs/activités, tant dans l'espace (partage des ressources entre usages, ...) que dans le temps (transition d'une situation à une autre, intégration du long terme pour la planification,...), et des moyens d'ajustement correspondants (y compris via les systèmes de gouvernance).

## **A. Aperçu de la gouvernance du CC au Maroc**

Afin de bien étudier les possibilités d'ancrage de l'EVI et d'identifier les niveaux possibles de son intégration dans les actions menées par les institutions pour faire face aux impacts du CC, il serait utile de donner un aperçu de la gouvernance actuelle du CC au Maroc.

Le Maroc compte parmi les leaders des pays en développement en matière d'initiatives environnementales et climatiques. À ce titre, son plan d'action et ses stratégies sur les CC prévoient une panoplie d'actions et de programmes destinés à atténuer les émissions de gaz à effet de serre et à adapter la société marocaines aux CC. Ces plans n'atteignent toutefois pas le même niveau de transversalité que ceux observés dans certains pays développés où la gouvernance des CC intègre tous les niveaux de l'administration publique ainsi qu'une majorité des secteurs concernés par les enjeux climatiques. Pour être plus efficace dans sa lutte, le gouvernement du Maroc doit intégrer certains principes de la gouvernance multi-niveaux à ses plans, stratégies et programmes. Les régions et les municipalités doivent faire partie de la stratégie gouvernementale et être responsabilisées en fonction des enjeux qu'elles gouvernent. Les parties prenantes, la communauté scientifique et la population, doivent être mieux intégrées au processus d'élaboration de politiques publiques climatiques.

Les départements ministériels ont élaboré indépendamment une multitude de mesures transversales comprenant des activités fonctionnelles et opérationnelles de gouvernance qu'ils exercent au titre du pilotage de la lutte contre les CC. Il est très difficile, même de tenter, d'élaborer un organigramme de la gouvernance du CC au Maroc tant les visions restent encore éparpillées, chevauchantes et menées indépendamment les unes des autres. Néanmoins il est aisé d'affirmer que la société civile est loin d'être impliquée dans la lutte contre les CC. La stratégie nationale d'adaptation au CC, en chantier, viendra certainement unifier ces efforts et exprimer clairement le point de vue de l'Etat sur la manière d'aborder la question de l'adaptation au CC.

Nous relatons ici l'essentiel des actions menées dans le domaine de la lutte contre le CC. Elles sont de plusieurs catégories, avec d'importantes actions d'atténuation, non abordées ici, et des tentatives d'adaptation embryonnaires. Ces actions visent:

- La consolidation des stratégies sectorielles en matière d'adaptation aux CC et d'atténuation de leurs impacts ainsi que la résilience des écosystèmes à ces changements;
- La mise en œuvre d'une politique d'atténuation des CC par la réduction des émissions de gaz à effet de serre notamment par l'introduction de nouvelles technologies : la mise en œuvre des projets d'énergie solaire et éolienne permettront au Maroc, qui importe presque toute son énergie, d'économiser annuellement près d'un million de tonnes de pétrole;
- La mise en place d'une politique d'adaptation qui prépare l'ensemble des acteurs économiques à faire face aux vulnérabilités;

- L'élaboration d'un portefeuille de projets permettant de tirer profit des opportunités de financement, de transfert technologique et de renforcement des capacités offertes par la coopération internationale;
- Une priorité est également donnée aux énergies renouvelables qui devront constituer 10% à 12% de l'énergie primaire en 2020 et 15 à 20% en 2030;

Parallèlement, l'efficacité énergétique est érigée en priorité nationale. Elle concerne les secteurs de l'Administration, de l'Habitat, du Tourisme, de l'Education Nationale, de l'Industrie, du Transport et des infrastructures de base.

Dans ce cadre, le Plan National de lutte contre le Réchauffement Climatique (PNRC) recense le portefeuille des actions gouvernementales ainsi retenues pour lutter contre les CC. Ce Plan sera également utilisé pour lancer une dynamique territoriale de lutte contre les CC à l'aide de Plans Territoriaux contre le Réchauffement Climatique (PTRC).

Les Observatoires Régionaux de l'Environnement et du DD (OREDD), produiront annuellement le rapport de l'état de l'environnement au niveau de la région à travers :

- Le suivi d'une manière permanente de l'état de l'environnement ;
- La gestion de l'information environnementale ;
- Le renforcement de la prospective pour aider à la prise de décision en matière d'environnement et de développement durable.

Le Plan Maroc Vert prévoit des mesures d'adaptation visant la modification des pratiques agricoles (utilisation des semences sélectionnées et choix de variétés adaptées au climat et à la reconversion des cultures), ainsi que le renforcement de la capacité adaptative des populations rurales vulnérables aux CC à travers l'identification et le développement d'options techniques, institutionnelles et politiques appropriées.

## **B. Analyse des données requises pour l'EVI**

Les études de cas menées dans les régions de Marrakech et Errachidia (chapitre précédent) ont montré que le plus souvent, les informations à rassembler existent déjà chez de grands organismes opérationnels ou de recherche comme la DMN, les départements ministériels, les universités, les INRA... ou dans le cadre de programmes de recherches ou encore sur des sites internet. Toutefois, les informations disponibles se situent parfois en amont, c'est-à-dire qu'elles n'explorent pas en général les effets du réchauffement climatique sur l'homme. On obtiendra par exemple sans difficultés des relevés de la force des vents, mais les données relatives aux préjudices subis par les personnes, les sociétés d'assurances, l'économie, comme le nombre de toitures arrachées ou d'arbres déracinés devront être cherchées auprès de différents organismes, ou ne seront pas disponibles.

Les acteurs locaux restent bien entendu des interlocuteurs indispensables pour une collecte plus fine de données, notamment les ABH / ONE, les directions régionales de Tourisme, les observatoires régionaux, les agences d'urbanisme, etc.

Les sources de données obtenues pour les études de cas de Marrakech et Errachidia sont précisées au chapitre IV de ce travail.

La 1<sup>ère</sup> feuille de calcul de L'EVI est une base de données constituée de 50 indicateurs. Cette base de données une fois introduite dans le programme permettra de générer les premiers profils de vulnérabilité pour chacune des régions étudiées. Par la suite, la base de données sera régulièrement mise à jour, chaque année par exemple. Chaque mise à jour génère instantanément un nouveau profil de la région et permettra donc de révéler l'évolution de la vulnérabilité.

Les données sont regroupées en 5 groupes d'indicateurs : des indicateurs sur les conditions météorologiques et climatiques (6 indicateurs), de la géologie (4), la géographie (6), des ressources de l'écosystème et les services (28) et les populations humaines (6). Des listes

indicatives de ces données sont présentées ci-après, avec des liens, si possible, vers les sources proposées. La liste proposée reste évolutive et ne se prétend pas exhaustive, étant donné la multiplication actuelle des travaux dans ce domaine; elle reste notamment à compléter avec les bases de données locales.

CLIMAT	
Indicateurs	Sources potentielles de données
1. Moyenne annuelle des excès des vents au cours des cinq dernières années	Direction de la Météorologie Nationale (DMN) <a href="http://www.marocmeteo.ma/">http://www.marocmeteo.ma/</a>  <a href="http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm">http://www.tutiempo.net/en/Climate/Errachidia/602100.htm</a>
2. Déficit moyen des précipitations annuelles (mm) au cours des 5 dernières années	
3. Excès de la pluviométrie moyenne annuelle (mm) au cours des 5 dernières années	
4. Excédent de chaleur annuel (degrés Fahrenheit) au cours des 5 dernières années	
5. Déficit de chaleur au cours des 5 dernières années	
6. Ecart moyen annuel dans les températures de surface la mer dans les 5 dernières années par rapport aux moyennes mensuelles des 30 années (1961-1990)	

La DMN fournit des données climatologiques sous forme de tableaux quotidiens, mensuels, annuels ou décennaux. Elles concernent tous les paramètres météorologiques mesurés dans les différentes stations météorologiques du réseau national tels que les précipitations, les températures, les vents, l'humidité ainsi que les phénomènes météorologiques comme les orages, les vents forts, les brouillards.

GEOLOGIE ET GEORAPHIE	
Indicateurs	Sources potentielles de données
7. Risque cumulé des volcans avec un potentiel d'éruption  L'indice d'explosivité volcanique, ou échelle VEI de l'anglais <i>Volcanic Explosivity Index</i> pour établir une mesure relative de l'explosivité des éruptions volcaniques.	NOAA National Geophysical Data Center (NGDC) <a href="http://www.ngdc.noaa.gov/">http://www.ngdc.noaa.gov/</a>  <a href="http://www.usgs.gov/">http://www.usgs.gov/</a> SERVIR VIZ ( <a href="http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx">http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx</a> )
8. Tremblement de terre	EMDAT, USGS, NOAA base de données ONEM <a href="http://www.usgs.gov/">http://www.usgs.gov/</a> SERVIR VIZ ( <a href="http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx">http://www.iagt.org/focusareas/envmon/servir_viz.aspx</a> ) Institut National de Géophysique <a href="http://sismo-lag.cnrst.ma/">http://sismo-lag.cnrst.ma/</a>
9. Tsunamis	Le global Assessment report 6 considère que le Maroc n'est pas sous l'effet du Tsunami. Une étude récente sur l'évaluation des risques en situation actuelle et à l'horizon 2030 pour la ville de Casablanca et la vallée de Bouregreg (SEEE, 2010) n'a pas relevé de vulnérabilité des côtes atlantiques au Tsunami.
10. Glissement : Nombre de glissements enregistrés au cours des 5 dernières années (définitions EMDAT), divisée par la superficie des terres	EMDAT ( <a href="http://www.emdat.be/">http://www.emdat.be/</a> )  Ministère de l'équipement
11. La superficie totale (km <sup>2</sup> )	Haut Commissariat au Plan
12. Dispersion	Base de données ONEM Observatoire régional
13. Isolation	Times Comprehensive World Atlas Observatoire régional
14. Plage d'altitude (point culminant soustrait du point le plus bas dans le pays)	Service d'accès à l'information géo-spatiale MNT (model numériques du terrain) Landsat
15. Pourcentage de la superficie des terres de moins ou égale à 50m au-dessus du niveau des mers	MNT (model numériques du terrain) Landsat
16. Frontières	Encarta

<sup>6</sup><http://www.preventionweb.net/english/maps/index.php?cid=116>

Il existe un ensemble de services gratuits sur internet répondant aux besoins sur les données géologiques et géographiques.

<b>RESSOURCES ET SERVICES</b>	
<b>Indicateur</b>	<b>Source de données</b>
17. Imbalance : Déséquilibre écologique (pour la tranche de niveau trophique $\leq 3,35$ )	<a href="http://www.ubcwheel.eu">http://www.ubcwheel.eu</a>
18. Openness : Annuel moyen des importations de marchandises USD au cours des 5 dernières années par tous les moyens par km <sup>2</sup> la superficie des terres	ND Chambre de commerce
19. Nombre d'espèces connues ayant migrées en dehors de la zone territoriale à tout moment au cours de leur durée de vie	IUCN <a href="http://www.iucn.org/">http://www.iucn.org/</a>
20. Nombre d'espèces endémiques connues	Ministère de l'environnement
21. Nombre d'espèces introduites par 1000 km <sup>2</sup> de la superficie des terres	Ministère Agriculture et pêche maritime
22. Nombre d'espèces menacées et vulnérables pour 1000 km <sup>2</sup> (définitions de l'IUCN)	Stratégie nationale (biodiversité)
23. Extinction : Nombre d'espèces disparues depuis 1900 par 1000 km <sup>2</sup> (définitions de l'IUCN).	Global Register of Migratory Species GROMS <a href="http://www.groms.de/">http://www.groms.de/</a>
24. Pourcentage de la couverture végétale naturelle et repoussée restante (y compris les forêts, zones humides, prairies, la toundra, le désert et les associations alpines).	ORMVATF, HCEFLCD Ministère de l'environnement Ministère Agriculture et pêche maritime INRA Images satellites
25. Variation en pourcentage net du couvert végétal naturel au cours des cinq dernières années	Images Satellites
26. Fragmentation : La longueur totale des routes dans une région divisée par la superficie des terres	Directions Régionales du Ministère de l'équipement
27. Dégradation : Pourcentage du territoire qui est fortement ou très fortement dégradées (FAO / AGL définitions TERRASTAT)	FAO / AGL PNABV, HCEFLCD <a href="http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat/">http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat/</a>
28. Réserves : Pourcentage de la superficie terrestre sans réserve	WCMC, WRI SEEE
29. Mpa : Pourcentage du plateau continental légalement désigné comme aires marines protégées (MPAs)	WCMC (MPAs), WRI (Shelf) <a href="http://www.unep.org/regionalseas/publications/other_pubs/pdfs/MPA_Network_report.pdf">http://www.unep.org/regionalseas/publications/other_pubs/pdfs/MPA_Network_report.pdf</a>
30. Tonnage annuel de culture intensive de produits animaux (y compris aquaculture, bovins, volailles) produites au cours des cinq dernières années par km <sup>2</sup>	FAO
31. Moyenne annuelle de l'intensité de l'utilisation des engrais dans la région au cours des 5 dernières années.	WRI, OECD
32. Moyenne annuelle des pesticides utilisés kg/km <sup>2</sup> /année sur la superficie totale lors des 5 dernières années.	ORMVA
33. Technologie : Nombre cumulatif de champs volontaires pour des essais d'organismes génétiquement modifiés menées dans la région depuis 1986	ISAAA, BINAS, OECD
34. la pêche : Le taux moyen de la productivité au cours des 5 dernières années	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime FAO, UBC
35. Le nombre annuel moyen des pêcheurs par kilomètre de côtes au cours des 5 dernières années	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime WRI
36. Water : La consommation moyenne annuelle d'eau en pourcentage des ressources en eau renouvelables au cours des 5 dernières années	ABH, DRH, ONEP WRI
37. Air: pourcentage annuel des émissions de SO <sub>2</sub> au cours des cinq dernières années	SEEE
38. Traitement : Montant moyen annuel net de déchets municipaux toxiques dangereux produits ou importés, par km <sup>2</sup> au cours des 5 dernières années	Monographies
39. Pourcentage moyen par an de déchets dangereux, toxiques et municipaux efficacement gérés et traités au	

cours des 5 dernières années.	
40. Industrie : Utilisation moyenne annuelle d'électricité pour l'industrie au cours des 5 dernières années par km <sup>2</sup>	ONE
41. Déversements: Nombre total de déversements de substances dangereuses de plus de 1000 litres sur les terres, dans les rivières ou dans les eaux territoriales	SEEE ITOPF
42. Mines: La production moyenne annuelle de l'exploitation minière (y compris toute la surface, et minières souterraines et des carrières) par km <sup>2</sup> de superficie au cours des 5 dernières années.	ENERGIES ET MINES MEMEE
43. Assainissement: Densité de la population sans accès à l'assainissement (définitions de l'OMS)	SEEE RGPH Census
44. Véhicules : Nombre de véhicules par kilomètre carré de superficie (données les plus récentes)	Haut Commissariat au Plan RGPH Census

Les données relatives à l'exploitation, aux flux et à la commercialisation des ressources issues de l'environnement existent mais sont parfois difficiles à obtenir. Les systèmes d'information sur la production (enquête permanente agricole, enquête maraîchère, enquête nationale des statistiques agricoles, système d'alerte précoce, système de coordination de l'information, système d'information sur les ressources halieutiques, l'enquête nationale sur les effectifs du cheptel, le réseau de surveillance épidémiologique, le suivi de la campagne agropastorale...) produisent les données relatives à l'occupation, les sources de revenus monétaires, la vulgarisation et la pratique de techniques agricoles, l'élevage des ménages agricoles, les équipements et les intrants des ménages agricoles, les prix, la filière maraîchère, les aspects démographiques, les équipements agricoles, la terre et son mode d'exploitation, les données de superficie, de production et de rendement des principales cultures, les pêcheries, les groupements de pêcheurs, l'organisation et la formation des pêcheurs, la production de la pêche, le nombre de permis délivrés, le nombre d'acteurs (commerçants de poissons, d'engins de pêche, transformateurs), le nombre de pêcheries ainsi que la valeur des permis de pêche (régionaux), les forêts en aménagement, la situation des actions de lutte contre la désertification sur le terrain, la quantité de semences diffusées, les plants produits, le bilan de la campagne de reboisement (Nombre de plants mis en terres, superficies reboisées, longueur de haies-vives et brise-vent plantés, longueur de protection des berges, superficies et quantités de semences pour les semis directs, superficie et nombre de mise en défense, superficie et nombre de forêts villageoises, superficie et nombre de forêts départementales créées), le bilan de la campagne de lutte contre les feux de forêts nombre de feux déclenchés, les superficies brûlées...

Les systèmes d'information sur les marchés collectent et diffusent les données sur les prix au producteur, les prix au consommateur, les prix de gros et demi-gros, l'état d'approvisionnement du marché, les acteurs en présence, les périodes de forte demande et de forte offre, les produits en provenance de pays voisins, les données sur la production et la commercialisation des matières premières, la commercialisation des produits de pêche, les taxes et impôts sur l'importation et la commercialisation des produits et matériels de pêche, les statistiques sur l'exploitation forestière...

<b>POPULATION</b>	
<b>Indicateur</b>	<b>Source des données</b>
45. Densité totale de population humaine (km <sup>2</sup> )	Le Haut Commissariat au Plan RGPH Census
46. Taux annuel de croissance humaine de la population au cours des 5 dernières années.	HCP /RGPH Census
47. Le nombre annuel moyen de touristes internationaux par km <sup>2</sup> au cours des 5 dernières années.	Les délégations du Tourisme
48. Densité de la population vivant dans des agglomérations côtières,	HCP WRI
49. Nombre de traités sur l'environnement en vigueur dans la région	<a href="http://www.preventionweb.net/english/countries/statistics/?cid=116">http://www.preventionweb.net/english/countries/statistics/?cid=116</a> SEDAC / CIESIN

50. Nombre moyen d'années de conflit par décennie dans la région au cours des 50 dernières années.	Ministère de la Justice
--	-------------------------

Les données relatives à la catégorie population sont disponibles et faciles d'accès. La connaissance des données socio-économiques particulièrement démographiques à plusieurs dizaines d'années nécessite un vrai travail de prospective, notamment dans les zones rurales. La caractérisation de la vulnérabilité doit ainsi être comprise comme une démarche itérative, qui peut s'affiner en fonction de l'amélioration des connaissances des aléas, des impacts, et d'un travail plus précis de prospective territoriale socio-économique. Mais pour débiter, il vaut mieux avoir une vision floue que pas de vision du tout. Le fait de s'interroger sur la vulnérabilité de son territoire est déjà une première appropriation des enjeux.

### **C. Cadre institutionnel : utilisateurs et producteurs de l'EVI**

#### ***Des ressources humaines***

La mise en œuvre de l'EVI ne requiert pas une grande connaissance des modèles informatiques. Elle s'appuie plutôt sur une évaluation sérieuse et sur un processus de partenariat solide. Même s'il représente un coût certain en termes de temps et de lourdes exigences en matière de données, l'EVI est facile à gérer s'il est appliqué convenablement.

Néanmoins les services les OREDD doivent mettre à disposition les ressources personnelles nécessaires à la mise en œuvre des évaluations répétées de l'EVI afin d'assurer l'évaluation de la vulnérabilité et la dissémination des résultats.

#### ***Des ressources matérielles***

L'EVI est programmé sous Microsoft Excel et devrait être compatible avec toutes les versions de Microsoft Office. Il est soutenu par un Manuel d'utilisation et d'un document technique sur la description des indicateurs dont la version électronique est disponible à <http://www.sopac.org/evi>.

#### ***Des ressources financières***

Dans le cas d'une simple intégration de l'approche EVI (mainstreaming), seuls des moyens supplémentaires limités sont nécessaires;. Ils pourront le plus souvent être couverts par les sources de financement existantes.

#### ***Des ressources temporelles***

Comme les évaluations de la vulnérabilité se feront régulièrement, il est difficile d'évaluer le temps nécessaire pour la mise en application de la démarche proposée, sachant que ce temps dépendra de l'état initial des ressources personnelles pour couvrir la totalité des régions du royaume. De manière très approximative, on peut considérer que 8 mois sont nécessaires pour aboutir à une application bien avancée de la démarche et obtenir les premiers profils de vulnérabilité pour les différentes régions du Maroc.

#### ***Les acteurs à impliquer dans la démarche***

Etant donné la transversalité du champ d'analyse, un grand nombre d'acteurs sont susceptibles d'être intégrés à la démarche, avec des rôles potentiels différents : fourniture de données, articulation avec la planification territoriale, définition d'orientations et d'objectifs politiques, ...etc.

Il est à rappeler que le cadre institutionnel suggéré implique que l'expertise technique nécessaire au développement et à l'interprétation de l'indice serait basée au niveau central, c'est-à-dire au sein de l'Observatoire National pour l'Environnement. Ce dernier devrait coopérer avec des experts externes, y compris des universitaires, pour les tâches techniques les plus complexes. Les observatoires régionaux seraient associés aux différentes phases du processus, en particulier la collecte des données, l'interprétation et la validation des résultats, et surtout la dissémination.

Le tableau 8 donne une synthèse des possibilités d'ancrage de l'outil EVI aux actions du gouvernement pour lutter contre le CC et assurer le développement durable.

**Tableau 8: Performances politiques et ancrage de l'outil EVI dans les stratégies et plans nationaux luttant contre les impacts du CC**

Institution(s)	Eléments clés en relations avec le CC	EVI : ancrage et pertinences politiques rôle des institutions dans l'opérationnalisation de l'EVI
<b>PNRC/PTRC</b>  Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement	Elaborer et mettre en œuvre une politique territoriale de lutte contre les CC dans le cadre d'une gouvernance locale;	EVI est un outil d'accompagnement des deux plans dans les évaluations de la vulnérabilité territoriales et élaboration et mise en œuvre d'une politique territoriale de lutte contre les CC dans le cadre d'une gouvernance locale.  <b>Sous indices pertinents :CC, D, HH, AF, CBD, W</b>
<b>OREDD</b>  Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement	Produire annuellement le rapport de l'état de l'environnement au niveau de la région à travers le suivi permanent de l'état de l'environnement;	Amélioration de l'état de connaissance de l'environnement au niveau régional; Identification et suivi des indicateurs de développement durable au niveau de la région; Mise en place d'un système d'information régional de l'environnement; Développement d'outils d'aide à la décision en matière de protection de l'environnement et de développement durable  <b>Sous-indices pertinents :CC, D, HH, AF, CCD, CBD, W</b>
Communications Nationales  SEEE  DMN	Application du Protocole de Kyoto 2005	Toutes les activités menées dans le cadre de l'EVI constitueront un champ fertile pour alimenter les rapports des prochaines communications nationales.  <b>Sous-indices pertinents :CC, D, HH, AF, CCD, CBD, W</b>
<b>HYOGO</b>  Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement	Cadre d'action de Hyōgo pour 2005-2015: Pour des nations et des collectivités résilientes face aux catastrophes  Promouvoir une approche stratégique et systématique de la réduction de la vulnérabilité et de l'exposition aux aléas	Le sous-indice Désastre (D-EVI) du modèle EVI peut être utilisé pour quantifier la vulnérabilité de l'environnement naturel aux dommages causés par les catastrophes naturelles et anthropiques  D-EVI est un moyen d'évaluation des efforts, répondant aux priorités d'action de Hyōgo. pour la réduction des risques de catastrophe  <b>Sous-indices pertinents :CC, D</b>
Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD)  Haut-commissariat au Plan	Les principales activités générant des ressources aux populations (agriculture, élevage, pêche...etc.) Ces activités dépendent essentiellement du climat.	EVI peut aussi aider dans les rapports nationaux aux processus internationaux, tels que les Objectifs du Millénaire par: l'identification des obstacles pour atteindre les objectifs du Millénaire pour le développement, l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire et le suivi de l'évolution des services écosystémiques  <b>Sous indices pertinents :CC, HH, AF, CBD, W</b>
INDH ILDH  Ministère de l'Intérieur	Approche d'intégration des CC dans des projets INDH : Climate Proofing for Development (CP4Dev)-GIZ	Appui aux organes de gouvernance au niveau central et régional  - reporting au niveau central des indicateurs de suivi des réalisations, et de l'évolution des indicateurs de



		développement humain - (localement) possibilité d'appui et d'assistance technique  <b>Sous indices pertinents : HH, AF, CBD, W</b>
Charte nationale  UNDAF 2012-2016  Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD)	La protection de l'environnement, prévention des catastrophes, et gestion des risques et du CC  Mises en œuvre en assurant la cohérence avec les stratégies sectorielles et les priorités en matière d'environnement, de CC, et de gestion des risques.	EVI est un outil de suivi du développement durable  Appuyer la SNDD, qui vise à la sauvegarde des espaces, des réserves et des ressources naturelles.  Intégrer la dimension vulnérabilité et impact des CC dans les PCD et doter les autorités municipales en particulier et les autres acteurs en général, d'un instrument opérationnel prenant en considération l'aspect impact et vulnérabilité au CC dans la planification  <b>Sous indices pertinents : CC, D, HH, AF, CCD, CBD, W</b>
CBD Centre d'Echange d'Information sur la Biodiversité du Maroc	Impact des CC sur la biodiversité, les ressources naturelles et la sécurité alimentaire.	Evaluer les changements occasionnés aux écosystèmes; Catalyser les connaissances : entreprendre régulièrement des évaluations intégrées indépendantes sur les changements affectant la biodiversité et les services écosystémiques Remplir les futurs engagements vis-à-vis de l'IPBES  <b>Sous-indices pertinents : CBD, AF</b>
PMV PICCPMV  Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime	Enjeu majeur lié à une utilisation de l'eau, secteur fortement dépendant de la variabilité du CC et de concurrence accrue entre les différents usages. 80-90% de la consommation nationale en eau est liée à l'agriculture	L'EVI et plus précisément le sous-indice AF (agriculture et pêche) permettra d'évaluer les actions menées, d'ici à 2020, dans le cadre du PMV  L'EVI sera renforcé par un indice de vulnérabilité de la production agricole au CC  <b>Sous-indices pertinents : AF, CC, CBD, W</b>
PAN-LCD  Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification	Actions préconisées - Appui et accompagnement du processus de LCD; - Actions de LCD et d'atténuation des effets de la sécheresse; - Renforcement des connaissances et des systèmes d'observations.	Fournir des profils environnementaux qui peuvent être utilisés pour l'établissement des priorités et pour identifier les domaines d'actions urgentes. Saisir les tendances à court terme, des changements et des améliorations (sur une échelle de 5 années) et donc fournir un avertissement précoce des risques majeurs et le soutien de la gestion adaptative.  <b>Sous-indices pertinents : CCD AF CBD</b>
PCD la DGCL du Ministère de l'Intérieur	Développer une culture de planification avec vision exécutable et disposer d'une administration locale performante à disposition des élus	Sur la base de l'état des lieux réalisé, des calculs des indices et sous-indices de l'EVI, et tenant compte des orientations stratégiques de développement au niveau régional et national, notamment l'INDH, l'autorité procèdera à la formulation d'une vision future du développement de chaque commune dans un horizon de moyen terme.  <b>Sous-indices pertinents : CC, D, HH, AF, CBD, W</b>
Future stratégie Nationale CC SNCC	Point de vue de l'Etat sur la manière d'aborder la question de l'adaptation au CC.	L'EVI contient suffisamment d'indicateurs et sous-indices pour appuyer les approches et axes de la stratégie à savoir les approches transversales (eaux, prévention des risques santé et biodiversité) et les axes stratégiques qui visent à développer la connaissance, consolider le dispositif d'observation, informer, former, sensibiliser tous les acteurs, promouvoir une approche adaptée aux territoires.  <b>Sous-indices pertinents : CC, D, HH, AF, CCD, CBD, W</b>

*Note* : Les sous-indices pertinents sont donnés pour chaque action, sachant qu'une valeur globale de l'EVI est calculée tenant compte de la totalité des 7 sous-indices. CC, Changement Climatique ; D, dommages ; HH, santé humaine ; AF, agriculture et pêche ; CCD, désertification, et exposition aux catastrophes naturelles; CBD, biodiversité; W, eau

### ***Niveau territorial d'application de l'EVI***

L'EVI est suffisamment souple pour être appliqué à n'importe quelle échelle (Pratt, et al., 2004). Le premier calcul fait pour le Maroc<sup>7</sup> a attribué au pays une valeur de l'EVI égale 315, le classant ainsi comme vulnérable. Une étude comparative avec les valeurs enregistrées pour les deux régions pilotes de cette présente étude (Tableau 9) montre que, la région de Tafilalet est une région à risque, avec un score EVI=234. Par contre la région de Marrakech est vulnérable avec un score EVI de 295. Il en sort que l'EVI est sensible à l'échelle d'application, et que les régions du Maroc ne doivent pas être placées sous les mêmes niveaux et degrés de vulnérabilité. L'application de l'EVI à une échelle globale dissimule les valeurs extrêmes enregistrées pour un pays aussi contrasté que le Maroc.

**Tableau 9 : Comparaison des valeurs de l'EVI et sous-indices risques, résilience et dommages à l'échelle nationale (Maroc) et pour les régions pilotes de Rheraya et Tafilalet**

	EVI	statut	Hazards	Resistance	Damage	Source
Maroc	315 (96)	vulnérable	3.13 (94)	2.63 (100)	3.60 (100)	<a href="http://www.vulnerabilityindex.net">www.vulnerabilityindex.net</a>
Rheraya	295 (72)	vulnérable	2.61 (72)	2.38 (100)	4.57 (70)	Ce rapport
Tafilalet	234 (76)	à risque	2.24 (66)	2.5 (100)	2.4 (100)	Ce rapport

*Note* : Les valeurs entre parenthèses correspondent au pourcentage de données disponibles

Si l'échelon central peut informer, apporter des outils d'analyse, inciter et réglementer, les niveaux régionaux et locaux seront le plus souvent appelés à tenir le rôle principal dans les décisions relatives à l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation au réchauffement climatique. Selon l'agenda 21 et les principes du développement durable, les autorités locales sont les mieux placées pour planifier les effets spécifiques du CC à la région et pour aider à mettre en œuvre l'adaptation des communautés aux CC, alors que le gouvernement central s'attaque aux causes du CC dans un contexte international.

De manière générale, les collectivités locales et régionales connaissent bien les aléas qui les concernent actuellement et savent en déduire les risques auxquels elles sont soumises. C'est le cas tout du moins pour les événements qu'elles ont pu subir au cours des dernières générations. Elles sont également les mieux à même d'évaluer leurs principales vulnérabilités.

#### ***Production de l'EVI et rôle des acteurs***

La mission de production pourrait être déléguée aux OREDD sous la tutelle du SEEE. Les observatoires auront comme mission de calculer l'indice et d'informer les décideurs sur le degré de vulnérabilité de leurs régions et les effets du réchauffement climatique. Afin de mener convenablement des études de vulnérabilité régionales, interrégionales et nationales, l'attention doit se porter sur la politique d'échange de données pour permettre la libre évaluation des informations. Beaucoup de besoins en information sont partagés entre les différentes thématiques. Les informations existantes doivent être collectées et être harmonisées avant d'être améliorées et complétées. D'autres actions sont également nécessaires :

- Le développement d'une stratégie pour la collecte de données de très haute résolution au niveau local pour les applications ad hoc;
- Le renforcement de l'acquisition des données de terrain et le réseau d'acquisition;

<sup>7</sup><http://www.vulnerabilityindex.net/EVI%20Country%20Profiles/MA.pdf>

- Assurer une infrastructure robuste de données, permettant des capacités d'archivage sécurisées ;
- Définition des meilleures pratiques menant aux méthodes standards de traitement des données et aux produits standards permettant la comparaison des approches régionales et une intégration continentale facile;
- Identification et mise en œuvre d'une politique de diffusion de données ouverte et d'une stratégie prenant en considération le coût des données et les problèmes multiutilisateurs;
- Dans la construction de cette infrastructure de données, le mandat officiel de chaque institution responsable de chaque donnée devra être respecté afin de garantir la valeur officielle et non discutable des informations fournies. En outre, la politique de données devra encourager un libre accès à ces données.

Un groupe de réflexion, comme décrit ci-dessus, doit jouer un rôle important et viser l'implication de tous les acteurs concernés à travers leurs domaines respectifs, les objectifs généraux d'un tel groupe sont:

- Obtenir des apports techniques constructifs pour améliorer l'EVI, l'indice de vulnérabilité, pour le rendre acceptable et / ou plus opérationnel et mieux adapté aux besoins des régions du Maroc;
- Fournir les références des experts vers la création et la justification des seuils durables des indicateurs EVI;
- Donner aux utilisateurs les moyens de mettre en commun leurs informations sur l'outil et les méthodes, y compris des renseignements détaillés sur son application, ses limitations et son intérêt pour différents types de tâches et d'utilisateurs;
- Faciliter un dialogue entre utilisateurs et concepteurs de l'outil afin d'encourager la mise au point et l'application en fonction des besoins de la demande et des parties prenantes;
- Donner aux utilisateurs les moyens de s'informer mutuellement des bonnes pratiques et des enseignements tirés pour ce qui concerne l'accès aux données et leur application;
- Promouvoir un dialogue entre les fournisseurs et les utilisateurs de données afin que les premiers puissent mieux répondre aux besoins des seconds;
- Faire connaître les bonnes pratiques et les enseignements qui se sont dégagés de la mise au point et de l'application des méthodes et de l'EVI;
- Mettre en place un réel dispositif d'incitation pour la participation de scientifiques et d'experts marocains impliqués dans les travaux du GIEC, pour contribuer à la l'amélioration de cet outil et assurer une meilleure prise en compte de l'EVI Il importe que les scientifiques et les experts marocains s'impliquent directement dans le processus d'élaboration et d'expertise, de sa validation et sa mise en œuvre;
- Impliquer les opérateurs publics, semi-publics et privés œuvrant dans des secteurs en relation avec les CC et particulièrement ceux chargés de la promotion de projets MDP;
- Impliquer les universités et écoles d'ingénieurs nationales par le biais de : i) la formation, en introduisant des modules sur les différents aspects liés à la problématique des CC; ii) de la recherche en développant des programmes dans des domaines tels que l'analyse et la modélisation des impacts des CC sur les milieux naturels et les activités économiques.

### ***Comment assurer le "upscaling"?***

La forme de gouvernance la plus connue, et surtout la plus reconnaissable est verticale. Il s'agit de la forme *top-down* (i.e. gouvernance allant du haut vers le bas), une approche centralisée dans laquelle le gouvernement central (mandant) prescrit les politiques à suivre par les gouvernements des paliers inférieurs (mandataires). Ainsi, le gouvernement central peut adopter un cadre de mesures pour assister les régions dans la priorisation de leurs

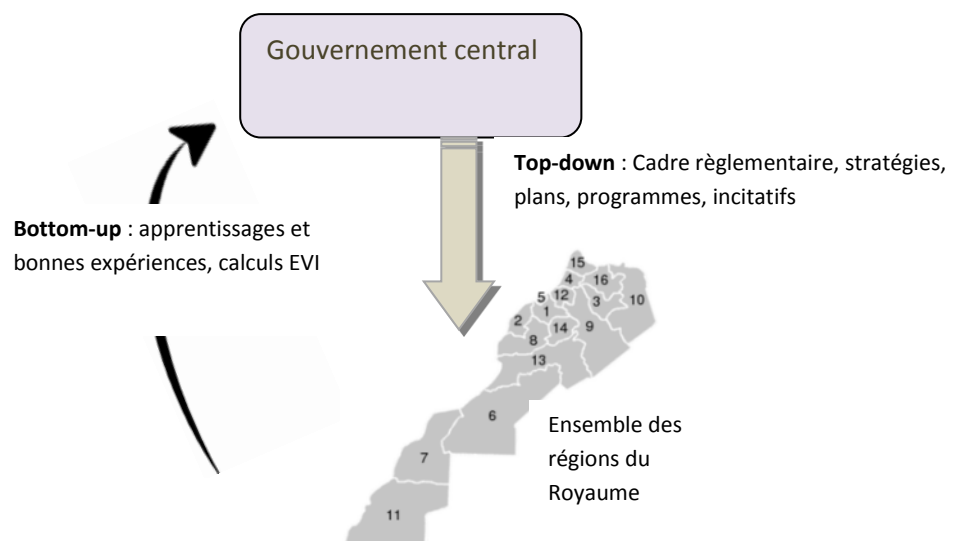
actions climatiques et dans la conception de leurs politiques publiques. Le gouvernement central peut également autoriser une plus grande autonomie aux régions en leur laissant l'initiative d'agir dans différents secteurs. Les critiques mentionnent également que ce modèle peut entraîner des bureaucraties capables de contourner, réorienter et même déformer les programmes initiaux.

Le Maroc pose très certainement des gestes concrets en vue de faire participer un maximum d'acteurs à la lutte aux CC. Par contre, lorsque comparée aux stratégies climatiques des pays développés, il est possible de relever plusieurs faiblesses dans l'approche de gouvernance utilisée par le gouvernement du Maroc pour lutter contre les CC. La responsabilisation des communautés locales et régionales et la participation des parties prenantes et de la population ne font toujours pas partie intégrale des actions et des programmes découlant du plan d'action sur les CC. En fait, à l'exception de quelques exemples intéressants, les décisions sur les CC sont majoritairement prises par le gouvernement central. Loin d'avoir des impacts néfastes sur la lutte aux CC, cette approche pourrait tout de même se voir bonifiée de structures institutionnelles favorisant la participation des acteurs concernés. .

Le plan d'action sur les CC pourrait être bonifié de plusieurs façons. Le manque de transversalité dans la gestion des CC au Maroc traduit un écart certain entre les objectifs proposés dans le plan et les outils mis à la disposition des décideurs. Couplée aux recommandations proposées dans cet essai, la réalisation des actions et des programmes proposés dans le plan pourrait véritablement inscrire le Maroc parmi les leaders de la lutte contre les CC.

La gouvernance allant du bas vers le haut est surtout une approche sectorielle permettant l'élaboration des politiques publiques selon les enjeux et les problématiques. En effet, bien que les régions aient la capacité d'élaborer des politiques dans les pouvoirs qui leur sont conférés, elles n'ont pas le pouvoir de les imposer à l'ensemble. Conséquemment, tel que l'indique la figure 16, elle doit coexister avec l'approche *top-down*, dans une forme de gouvernance hybride, pour être en mesure d'influencer les politiques publiques à l'échelle nationale. Cette forme doit amener toutes les organisations gouvernementales et non gouvernementales et tous les acteurs à développer une vision et une capacité de travail communes propices à la création de réseaux pouvant gérer l'opérationnalisation de l'EVI de façon autonome.

**Figure 16: Complémentarité des modèles *top-down* et *bottom-up* dans l'élaboration de politiques climatiques**



## ***Risques et limites***

Un certain nombre d'obstacles se posent à l'atteinte des objectifs et résultats ci-dessus. Ce projet visera donc à fournir aux acteurs pertinents les moyens de surmonter ces obstacles, tout en capitalisant sur un certain nombre d'acquis et d'efforts en cours. La réalisation des études de vulnérabilité s'est essentiellement heurtée à la difficulté de trouver et d'accéder à des informations suffisamment fiables. Deux facteurs expliquent cette difficulté:

- Absence de publications officielles spécialisées et détaillées et la réticence des décideurs publics (Météo, Hydraulique et Agriculture, etc.); et contradiction entre certaines sources d'information officielles, provenant de divers départements ministériels concernés.
- La fiabilité des données, l'intégration des impacts, l'évaluation socio-économique de ces impacts et la formulation inappropriée des mesures d'adaptation sont les principales lacunes qu'il s'agira de corriger lors de la réalisation de la base de données EVI, en adoptant des degrés d'analyse plus poussés.

Les risques et limites pour une généralisation de l'EVI peuvent aussi être liés au retard dans la promulgation de la Charte et de l'installation des OREDD, au risque de ne pas assurer les ressources nécessaires pour le renforcement des capacités, au retard dans l'élaboration de la Stratégie de l'Environnement et de la Stratégie de Développement Durable, à la non-assimilation/appropriation des acteurs locaux (élus, services extérieurs société civile...) des principes de l'EVI.

## **D. Programme de renforcement des capacités des institutions**

A l'échelle du projet, 3 ateliers seront programmés : un atelier de formation et planification, un atelier de suivi et coordination et un dernier atelier pour l'exposition des résultats.

### ***Description des ateliers et planning de réalisation des activités***

#### **Agenda de l'atelier 1: formation et planification**

##### **Première partie (2 jours)**

1. **Introduction** (plénière) 1 heure

Qu'est-ce que la vulnérabilité et la résilience ?

2. **Mécanique de l'EVI** (plénière) 1 heure

Les données, mise à l'échelle, la cartographie et seuils. Les indicateurs, les sous-indices.

Évaluations répétées et leurs significations.

3. **Utilisation du calculateur EVI** (plénière) 1 heure

Une session sur la façon de l'utiliser

4. **Application Nationale de l'EVI** (groupes de travail) 1 journée

travailler avec le calculateur EVI et identifier les utilisations internes pour hiérarchiser les actions et le respect des obligations de déclaration nationales.

5. **Applications et lacunes** (plénière) 4 heures

présentation des rapports de la session 4 et discussion sur la façon dont l'indice s'inscrit dans la lutte territoriale contre les CC (liens avec PTCR/PNCR, PMV, HYOGO, RDH50, 2025, etc.)

Existe-il d'autres mécanismes disponibles et comment elles se complètent les uns les autres ?

Y a-t-il des lacunes qui doivent encore être traitées? Est-ce que l'EVI peut fournir d'autres produits de données qui pourraient aider dans ces processus?

**Deuxième partie** (4 heures) Cadre des Programmes Territoriaux

Feuille de travail d'accompagnement de l'EVI. Cette session sera consacrée uniquement à la discussion et la validation de la feuille de travail.

#### **Description des sessions de l'atelier 1 (A1):**

L'atelier doit réunir un groupe de réflexion, pour validation et mise en route du programme EVI, établir le programme et un échéancier définitif pour le démarrage du projet, formation des formateurs décideurs et représentants des régions. Le but de cette réunion est de rassembler un groupe de scientifiques de renommée internationale pour examiner l'EVI et ses indicateurs afin d'obtenir des critiques sur sa conception et sa fonction et de chercher des recommandations pour des améliorations visant à amender l'indice de vulnérabilité et sa robustesse.

Cet atelier comportera une partie technique sur l'utilisation de l'outil EVI et une deuxième partie sera consacrée à la formulation d'une position commune sur l'élaboration d'une feuille de travail (proposition donnée en annexe 5) en vue de la construction d'un cadre des programmes relatifs aux CC au Maroc.

### **1<sup>ère</sup> partie : comment utiliser l'EVI ?**

L'atelier abordera la définition de la vulnérabilité et la résilience, l'importance de cette question dans le développement durable, l'approche adoptée par l'EVI pour mesurer la vulnérabilité avec des détails sur chaque indicateur de vulnérabilité. Des indications seront également données sur la façon de calculer l'EVI et évaluer les résultats. L'accent sera mis sur la façon d'interpréter les résultats et les utiliser pour résoudre les problèmes de vulnérabilité, ou à protéger et à renforcer la résilience, nécessaires pour le développement durable. Les participants travailleront sur les données d'une région du Royaume.

#### **Activités à réaliser :**

- Collecter et analyser les nouvelles décisions gouvernementales au Maroc en matière de CC sous les aspects suivants: (i) adaptation, (ii) atténuation, et (iii) mesures de mise en œuvre;
- Évaluation de l'état de lieux par les contacts si nécessaires avec les organisations et institutions leaders ou influençant la formulation des processus et/ou la mise en œuvre des initiatives, programmes et projets;
- Développer un schéma conceptuel amélioré pour servir de base pour identifier et combler les lacunes, et soulever les priorités futures pour un cadre national compréhensif du programme à développer sur les CC;
- Identifier les lacunes dans la couverture des décisions existantes et les nouvelles initiatives, et fournir une liste de recommandations indicatives pour combler ces lacunes;
- Élaborer un cadre conceptuel des programmes du CC de la région en tenant compte des résultats des activités ci-dessus;
- Préparer un rapport national contenant les décisions gouvernementales existantes et nouvelles ainsi que les initiatives politiques, la mise en œuvre des programmes sur le CC dans la sous-région et un ensemble de recommandations pour la prise de décision.

**Tableau 10: Plan de mise en œuvre**

DESCRIPTION	OUTPUTS
Collecter et analyser les nouvelles décisions gouvernementales au Maroc en matière de CC sous les aspects suivants: (i) adaptation, (ii) atténuation, et (iii) mesures de mise en œuvre;	Les informations pertinentes recueillies et compilées.
Evaluation de l'état des lieux, contacts si nécessaire avec les organisations et institutions leaders ou influençant la formulation des processus et/ou la mise en œuvre des initiatives, programmes et projets,	Les informations pertinentes validées.
Développer un schéma conceptuel amélioré pour servir de base pour identifier et combler les lacunes, et soulever les priorités futures pour un cadre national compréhensif du programme à développer sur CC;	Développement d'un schéma conceptuel d'un cadre régional compréhensif des CC est mis en place.
Identifier les lacunes et formuler des recommandations indicatives pour combler ces lacunes.	Identification des lacunes et recommandations indicatives réalisées

## **Atelier 2 : Suivi et coordination : 1 jour**

Il doit permettre d'évaluer l'état d'avancement du projet et permettre la programmation de la seconde phase du projet, relative à l'évaluation de l'impact des pratiques sur les ressources naturelles et établir le cadre de la formulation des critères de durabilité.

L'objectif général de l'évaluation est de déterminer la pertinence et la valeur ajoutée de l'EVI pour l'évaluation de la vulnérabilité afin de fournir des informations au SEEE et ses partenaires pour décider de la suite de cette initiative. De façon spécifique, l'évaluation appréciera et formulera des recommandations concrètes en ce qui concerne :

- La pertinence de l'EVI dans l'évaluation de la vulnérabilité;
- La qualité de résultats atteints en relation aux besoins des utilisateurs;
- Les changements concrets apportés en matière de l'analyse du contexte et de la recherche de solutions techniques et stratégiques;
- La satisfaction des utilisateurs ainsi que l'utilisation qu'ils ont faite des produits de l'EVI;
- Le montage institutionnel avec lequel fonctionne l'EVI ;
- L'interaction avec les mécanismes de coordination existants ou à développer.

## **Atelier de clôture du projet : 1 jour**

Il réunira l'ensemble des participants pour la présentation des résultats et élaboration d'un rapport finale sur la vulnérabilité EVI 2011. EVI 2011 constituera l'état zéro (référence) pour les futurs EVIs (2016, 2021, 2026, 2031...).

## **E. Publication et dissémination**

Les OREDD se chargeront de rédiger les rapports régionaux. Le gouvernement central établira le rapport de synthèse et se chargera d'assurer la dissémination des résultats. La formulation du rapport pour chaque région, constitue un véritable processus et ne doit pas rester un document isolé. C'est un moyen pour toutes les institutions de diffuser les programmes d'action répondant à leurs besoins les plus urgents et immédiats.

L'objectif du rapport est de contribuer à réduire les effets néfastes des CC sur les moyens de subsistance des populations et les zones les plus vulnérables et d'accroître ainsi leur capacité de résistance aux modifications et à la variabilité climatiques.

### ***Elaborer des bases de données régionales***

Ces bases de données serviront aux calculs des EVIs passés (selon la disponibilité des données), mais surtout pour dresser le profil de vulnérabilité actuelle. La base de données une fois saisie sera régulièrement mise à jour par la suite, les OREDD sont les mieux placés pour assurer cette fonction. Les cartographies des EVIs futurs (toutes les 5 années, conformément à la durée de vie de l'EVI) seront régulièrement publiées. Cela garantira que les changements au fil du temps puissent toujours être examinés, indépendamment de l'amélioration de la vulnérabilité économique grâce aux progrès scientifiques. Cela permettra en outre de visualiser et analyser l'évolution de l'état de la vulnérabilité et évaluer la robustesse des stratégies d'adaptation et d'atténuation qui auront été prises telles que les actions entreprises dans le cadre de la Charte Communale qui stipule que le « Plan Communal de Développement » est décrit pour six années, dans une perspective de développement durable

### ***Document technique***

Il s'agit plus spécifiquement d'élaborer un document technique basé principalement sur les profils de l'EVI. Ce document doit permettre à chacune des régions de décider des actions à mener pour les 5 années à venir. L'EVI doit permettre d'identifier les potentialités de la région, ses forces et faiblesses, les opportunités qui s'offrent et les menaces et risques à prévenir. Le but de cet outil de gestion est d'aider chaque région à mieux jouer son rôle d'acteur principal de développement sur son territoire, en tenant compte des impacts du CCs jusqu'ici largement ignorés : réaliser les objectifs élaborés - en concertation avec l'ensemble des intervenants, en particulier, la population - tout en ayant la faculté de les adapter aux différents changements. Le rapport doit également identifier:

- Les risques climatiques liés à des moyens de subsistance spécifiques qui auront été sélectionnés lors du groupe de travail précédent.
- Les stratégies existantes pour faire face aux vulnérabilités sélectionnées. Celles-ci incluent des stratégies de moyens de subsistance, locales, nationales ou des plans sectoriels.
- Les parties prenantes les plus importantes qui jouent un rôle actif en matière d'appui aux stratégies pour faire face aux impacts du CC, dans la mesure du possible les lister en trois tableaux : un pour les acteurs nationaux, un pour les acteurs locaux et un pour ceux qui établissent le lien entre les deux.

### ***L'EVI est conçu comme une feuille de route***

Les résultats de l'EVI vont servir à l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies d'adaptation aux CC basées sur la vulnérabilité, appuyer de nouvelles études de V&A, ainsi qu'une série d'autres recherches en rapport avec l'adaptation. Il va aussi servir pour appuyer les pouvoirs publics dans leurs décisions d'investissement. Ce faisant, il souligne l'importance d'une approche plus axée sur les acteurs. Les acteurs sont fondamentaux dans le processus d'adaptation, car ce sont eux qui composeront la «communauté adaptation» nécessaire pour soutenir le processus. Le but de cette tâche est de soutenir le processus d'adaptation, y compris la sélection de mécanismes d'adaptation appropriés pour chaque région. L'EVI devient alors une plateforme qui vise l'agrégation des acteurs publics et privés dans une logique d'adaptation. Le modèle EVI peut être utilisée pour quantifier la vulnérabilité de l'environnement naturel aux dommages causés par les catastrophes naturelles et anthropiques à l'échelle nationale. L'EVI va aider les décideurs en fournissant une approche pragmatique qui leur permettra de «voir» le problème, ainsi que d'identifier les actions qui pourraient être prises pour gérer la vulnérabilité et protéger l'environnement ou renforcer la résilience d'une région.

## **F. Outputs et produits**

Les mécanismes de coordination et de convergence sont mis en place pour que les stratégies nationales liées à l'environnement et au développement durable, y compris le Plan Territorial de Lutte contre le Réchauffement Climatique, soient traduites en plans d'action opérationnels et sectoriels concertés définissant les responsabilités de chaque intervenant et intégrant les principes de la charte.

Les acteurs territoriaux dans les zones ciblées disposent des compétences, moyens et outils de mesure pour la mise en cohérence et la réalisation de plans de développement (régionaux, provinciaux, communaux) tenant compte de l'approche genre et intégrant les prescriptions de la Charte Nationale de l'environnement pour le développement durable.

Les capacités des acteurs nationaux et locaux en matière de gestion des risques naturels et industriels et d'adaptation aux CC sont renforcées.

L'observatoire national, les observatoires régionaux de l'environnement ainsi que les institutions concernées sont mis en réseau et disposent des capacités et des moyens de coordination pour jouer leurs rôles d'aide à la prise de décision, à la planification et au



suivi-évaluation des stratégies et plans opérationnels pour l'environnement et le développement durable.

Un plan d'action concerté de communication et de sensibilisation est développé et mis en œuvre pour accompagner et faciliter l'opérationnalisation de la Charte Nationale de l'environnement et du développement durable et la mise en œuvre des programmes d'actions prioritaires.

Les expériences et les bonnes pratiques, y compris celles liées aux savoirs et aux savoir-faires traditionnels, sont évaluées, capitalisées et partagées au niveau national, régional et international, notamment à travers la coopération décentralisée et la coopération sud-sud.

## Annexe 1. Expériences internationales d'indices de vulnérabilité au CC

Probablement l'indice global le plus connu au niveau national concernant le bien-être de l'homme est l'indice de développement humain (IDH) élaboré par le PNUD. L'IDH est basé sur le *Physical Quality of Life Index* et lié à l'Indice de Pauvreté Humaine. L'IDH est une mesure globale de bien-être basée sur l'éducation et l'état de santé, ainsi que les revenus et les inégalités (Morris, 1979; Downing et al., 2001). Downing et al. (2001) proposent l'IDH comme une mesure raisonnable de « criticité présente », ce qui équivaut à la vulnérabilité actuelle.

Un autre indice de bien-être humain est l'indice de l'insécurité humaine (IHI). S'appuyant sur les travaux antérieurs sur les indicateurs de développement durable en intégrant la recherche sur le bien-être humain et les indicateurs sociaux Le projet *Global Environmental Change and Human Security* (GECHS, 2000) a construit l'IHI abordant explicitement la question de savoir comment la dégradation de l'environnement est liée à la sécurité humaine.

Une évaluation plus complète de la vulnérabilité humaine et environnementale est l'indice de durabilité environnementale *Environmental Sustainability Index* (ESI). Développé par *the Global Leaders of Tomorrow Environment task Force* et les universités de Yale et de Columbia, l'ESI "mesure l'ensemble des progrès vers la durabilité de l'environnement pour 142 pays" en utilisant 20 indicateurs chacun comprenant 2 à 8 variables, représentant un total de 68 données. Les indicateurs pris en compte sont notamment la qualité de l'air et de l'eau, la biodiversité, l'artificialisation du territoire, les contraintes sur les écosystèmes, les déchets, la gestion des ressources naturelles, la politique de l'environnement, etc. (World Forum économique, 2002a). L'ESI comprend des mesures relatives pour chaque pays pour cinq composantes: les systèmes environnementaux, réduction des contraintes, la réduction de la vulnérabilité humaine, les capacités sociales et institutionnelles, et l'intendance globale.

Les indices ci-dessus sont tous pertinents pour l'étude de la vulnérabilité et la capacité d'adaptation, mais aucun de ces indices ne traite explicitement la question de la vulnérabilité et de la capacité de s'adapter à la variabilité ou au CC, même si la composante vulnérabilité de l'homme de l'ESI « vise à mesurer l'interaction entre l'homme et l'environnement, en mettant l'accent sur la façon dont les moyens de subsistance de l'homme sont touchés par le changement de l'environnement. »

Notre intérêt ici est d'examiner la littérature actuelle sur les concepts et les approches à l'analyse de la vulnérabilité au CC, afin de justifier le cadre conceptuel et la démarche méthodologique adoptée pour cette étude. Une attention particulière est accordée aux indices de vulnérabilité.

Les communications nationales, les PANA et les observations en vertu de la prévision numérique du temps par les Parties et les organisations mettent en évidence un éventail de méthodes et outils utilisés pour l'impact, la vulnérabilité et de l'adaptation. Certains pays et organisations ont également développé leurs propres méthodes et outils d'évaluation (CCNUCC 2007c, 2007d, 2007e). Par exemple, les États membres de l'Union européenne (UE) ont fourni une liste détaillée de méthodologies existantes et émergentes d'évaluation et des outils utilisés (CCNUCC 2007c).

Le chapitre 2 du rapport du Groupe de travail II de l'AR4 (IPCC, 2007) fournit plus de détails sur les développements importants dans les méthodes et approches de l'impact du CC, l'adaptation et l'évaluation de la vulnérabilité (CCIAV).

Le programme de travail de Nairobi (NWP), établi en 2005, qui s'est étendu sur cinq ans, s'est adressé en particulier aux pays en développement, Parties de la CCNUCC, afin de les

aider à améliorer leur compréhension et leur évaluation de l'impact, vulnérabilité et adaptation au CC. Le programme a visé, entre autres, à améliorer la capacité nécessaire aux niveaux international, régional, national, et local pour identifier, évaluer et comprendre les impacts, la vulnérabilité et les réponses d'adaptation, afin de sélectionner et développer des actions d'adaptation pratiques, efficaces et prioritaires. Un certain nombre d'activités, de résultats et d'informations ont été soumis au SBSTA sur les méthodes existantes et émergentes et outils d'évaluation et de vues sur les leçons tirées de leur application, les possibilités, les lacunes, les besoins, les contraintes et les obstacles, les moyens envisageables pour développer et mieux diffuser les méthodes et les outils et les possibilités de formation (<http://unfccc.int/3633.php>).

L'analyse de ces programmes, projets et actions (communications nationales, NWP, PANA, projets...) permet de relever quelque exemples et expériences sur les indices de vulnérabilité.

### ***Flood Vulnerability Index (FVI)***

Connor et Hiroki, 2005, ont présenté une méthode pour calculer un indice de vulnérabilité des inondations (FVI) pour les bassins hydrographiques, en utilisant onze indicateurs répartis en quatre composantes. L'indice utilise deux sous-indices pour son calcul, l'indice humain *the human index*, qui correspond à l'impact social des inondations, et le matériel qui couvre les effets économiques des inondations. L'objectif de FVI est de servir comme un outil d'évaluation des risques d'inondation dus au CC par rapport aux conditions socio-économiques et politiques sous-jacente de gestion.

En utilisant les données du Japon, les chercheurs ont utilisé une analyse de régression multilinéaire pour calculer les pondérations de chaque indicateur de ressources humaines et matérielles FVI. En fonction du nombre de pertes humaines et matérielles des inondations passées, les indicateurs reflètent la vulnérabilité aux inondations de chaque bassin hydrographique. Les poids des indicateurs ont été présentés à l'équation suivante:

$$FVI = C + H + S - M$$

$$FVI = (3 * I1) + (3 * I2 + I3) + (-I4 - I5 + I6 - I7 + I8 + I9) - (I10 + I11),$$

Les valeurs du FVI oscillent entre 0 et 1, où 0 représente la plus faible vulnérabilité aux inondations.

La méthodologie a été également testée dans 18 bassins hydrographiques aux Philippines, où certains indicateurs ont été ajoutés ou modifiés à cause du manque d'informations.

### ***The Composite Vulnerability Index for Small Island States (CVISIS)***

L'indice Composite de Vulnérabilité des petits Etats insulaires (CVISIS) est conçu par un groupe dirigé par Briguglio (2003, 2004). L'objectif de l'indice est de souligner la vulnérabilité intrinsèque de ces États par rapport aux grands pays qui possèdent plusieurs avantages associés à leur grande échelle.

L'indice est représenté mathématiquement par l'équation suivante:

$$CVISIS = 1.4142 + 0.0096 \text{ Vul} \times D + 0.0322 \text{ Ex-Dep} + 3.3442 \text{ Div}$$

Dans cette équation:

**Vul** représente la sensibilité du pays aux catastrophes naturelles

**D** est un indicateur à deux niveaux pour le pays respectif en ce qui concerne son statut de petit État;

**Ex-Dep** représente l'exposition économique du pays;

**Div** représente le manque de diversification dans un pays donné.

Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit:

La méthode proposée affiche que les petits États sont en général plus vulnérables que les grands États, mais cela pourrait être une conséquence directe de cette méthode.

Le degré de vulnérabilité est indépendant du PIB par habitant. De nombreux pays ayant un PIB élevé par habitant sont indexés avec une plus grande vulnérabilité que les pays à faible PIB par habitant.

### ***Water Poverty Index (WPI)***

Le Water Poverty Index (WPI) a été créé comme un indicateur interdisciplinaire pour évaluer le stress hydrique et la rareté, reliant les estimations physiques de disponibilité de l'eau avec les facteurs socio-économiques de la pauvreté. Cet indice a trouvé une grande importance dans l'élaboration des politiques comme un outil de gestion efficace de l'eau, en particulier dans l'allocation des ressources et des processus de hiérarchisation.

Le WPI a été largement utilisé et testé dans différentes régions aussi bien à l'échelle de la communauté qu'à l'échelle nationale (Sullivan 2000, 2002 ; Sullivan et al. 2003, 2005, 2006 ; Sullivan, C. and J. Meigh 2003; Heidecke, Claudia 2006).

Cet indice est calculé à l'aide de 5 autres sous-indices qui servent à évaluer 5 « composants clefs » : **R**essource, **A**ccès, **C**apacité, **U**tilisation et **E**nvironnement. Chaque composant est construit à partir de différents sous-composants qui sont calculables dans la plupart des cas à partir de données existantes. On passe des 5 indices au WPI par la formule de moyenne pondérée suivante:

$$WPI = \frac{wrR + waA + wcC + wuU + weE}{wr + wa + wc + wu + we}$$

Chacun des coefficients *w* est choisi en fonction de la situation étudiée. La valeur finale du WPI est comprise entre 0 (pire situation) et 100 (meilleure), afin d'avoir des résultats standards. Pour donner une idée des paramètres pris en compte dans chaque catégorie, Sullivan et Meigh proposent l'exemple suivant (Sullivan et Meigh, 2005).

### ***Indice de Vulnérabilité Climatique***

L'Indice de Vulnérabilité Climatique *Climate Vulnerability Index (CVI)* est une extension du WPI. Il apporte un support pour déterminer si notre climat change ou non. Certains indicateurs sont basés sur les caractéristiques du climat, comme la température et les précipitations. D'autres indiquent si oui ou non un CC affecte l'environnement et la vie des populations.

Le CVI est basé sur un cadre qui intègre un large éventail de questions. Il s'agit d'une méthode globale pour l'évaluation des ressources en eau dans le respect de l'approche des moyens de subsistance durables utilisée par de nombreuses organisations donatrices pour évaluer les progrès du développement. Les scores de la plage d'indice sont sur une échelle de 0 à 100, le total étant généré en une moyenne pondérée des six composantes principales. Chacun des composants est aussi marqué de 0 à 100.

La méthodologie utilisée pour CVI est basée sur la méthodologie *Water Poverty Index* élaborée par Sullivan, 2002:

$$CVI = \frac{wrR + waA + wcC + wuU + weE + wgG}{wr + wa + wc + wu + we + wg}$$

Où: R – Ressources; E – Environnement; A- Accès;U- Utilisation;  
C – Capacité; G – Géospatial, et *wr, wa, wu, wc, we, wg* – les poids des indicateurs.

Le CVI fournit une technique puissante pour exprimer systématiquement la vulnérabilité des communautés humaines en ce qui concerne les ressources en eau. Il s'agit d'une approche holistique qui intègre les aspects physiques, sociaux, économiques et

environnementaux. Les résultats sont simples à comprendre car un seul nombre peut représenter l'indice pour un lieu donné. En même temps, les données sous-jacentes peuvent être examinées, et l'ensemble du processus doit être ouvert et transparent (Sullivan & Meigh, 2003).

### *Vulnérabilité à l'impact des CC sur les eaux souterraines*

La vulnérabilité humaine au CC causant une diminution des ressources renouvelables en eaux souterraines est exprimée par l'indice de vulnérabilité VI, défini comme suit (Petra Döll 2009).

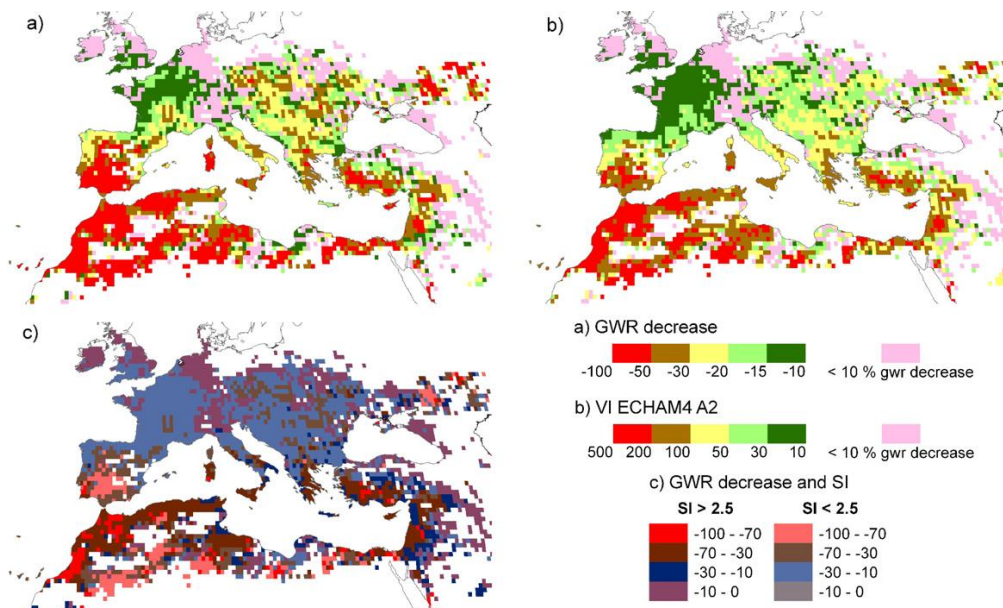
$$VI = \% \text{ change GWR} \times SI$$

si % changement GWR  $\in [100;010]$   
avec SI = moyenne (SIWS, SID, SIG)

où GWR désigne la recharge moyenne à long terme des eaux souterraines en mm par an, l'IS est l'indice de sensibilité, SIWS est un indicateur de rareté de l'eau, SID est un indicateur de la dépendance de l'approvisionnement en eaux souterraines, et SG est un indicateur représentant les génériques, pas de sensibilité liée à l'eau ou à la capacité d'adaptation du système humain (à la macro-échelle). Dans cette étude, l'indice de vulnérabilité VI est défini seulement lorsque GWR diminue fortement par au moins 10% dans le scénario respectif. La quantification des variables de l'équation est décrite dans Döll, 2009.

La définition de l'indice de vulnérabilité VI (équation ci-dessus), incluant la définition de l'indice de sensibilité avec sa gamme de valeurs comprises entre 1 et 5, n'est fondée sur aucune base empirique ou théorique. Il représente plutôt la tentative d'exprimer, de façon combinée, à la fois l'impact du CC sur le système physique (ici: GWR) et la sensibilité du système humain, car ces deux aspects constituent la vulnérabilité (Döll, 2009). La figure 5 cherche à savoir si une cartographie de VI (figure 5(b)) prévoit une meilleure information sur la vulnérabilité qu'une cartographie d'une diminution de la recharge des eaux souterraines (GWR) considérée seule (figure 5 (a)) ou qu'une cartographie qui montre les deux parties de la VI, l'impact (diminution GWR) et la sensibilité (SI), considérés en même temps pour chaque cellule de la grille représentée par des couleurs différentes (diminution GWR) et des intensités (SI) (figure 5(c)). Une comparaison des VI (figure 5 (b)) et GWR baisse (figure 5 (a)) montre que les couleurs en Europe l'«impact élevé / vulnérabilité» sont beaucoup moins fréquents dans la carte VI que dans la carte de diminution du GWR, ce qui n'est pas le cas pour l'Afrique. Cela reflète le SI élevé pour la majorité des grilles de l'Afrique du nord. Par conséquent, en combinant des mesures d'impact et de sensibilité dans un index comme VI, il semble être nécessaire de démontrer la vulnérabilité spatiale très-résolue.

**Figure 5 : Différentes représentations graphiques de la vulnérabilité pour l'exemple de la région méditerranéenne et le scénario A2 ECHAM4 pour les années 2050**



Note : Diminution de la GWR (a), indice de vulnérabilité VI (b), présentation simultanée de l'impact (diminution GWR) et la sensibilité (SI), où l'intensité des couleurs augmente avec l'augmentation de l'indice de sensibilité SI (c).

### ***Indice de vulnérabilité sociale (SoVI)***

L'Indice de vulnérabilité sociale (*The Social Vulnerability Index*, SoVI) examine les effets potentiels des risques naturels et des populations qui sont les plus susceptibles d'être affectées négativement. Le SOVI examine statistiquement les caractéristiques sous-jacentes sociales et démographiques de la population et comment elles impactent certains segments de la population en désactivant les moyens quand il s'agit de risques liés au CC.

Cette recherche, commandée par Oxfam America, comprend une série de couches de cartes qui illustrent la vulnérabilité sociale et risques liés au CC. Les cartes permettent d'identifier les points « hotspots » dans le Sud-Est des États-Unis, qui sont à risque significatif vis à vis de quatre aléas climatiques notamment liées au changement: la sécheresse, les inondations, les ouragans, et l'élévation du niveau des mers. ([oxfamamerica.org/adapt](http://oxfamamerica.org/adapt))

### ***Gestion des risques de catastrophe dans les zones urbaines***

Avec l'augmentation du pourcentage de la population mondiale concentrée dans les zones urbaines, l'adaptation des villes pour résister aux impacts du CC sera un défi majeur dans les années à venir. Des outils tels que l'indice de résilience aux désastres climatiques (*Climate Disaster Resilience Index*, CDRI, <http://www.iedm.ges.kyoto-u.ac.jp>) peut aider à sensibiliser les gestionnaires de la ville et des praticiens sur ce défi.

### ***Vulnérabilité de l'agriculture en Ethiopie***

La vulnérabilité des agriculteurs éthiopiens au CC a été analysée par Deressa et al. (2008). L'analyse est basée sur l'approche intégrée d'évaluation des vulnérabilités en utilisant des indicateurs de vulnérabilité. Ces indicateurs comprennent les différents attributs socioéconomiques et biophysiques de l'Ethiopie, basée sur l'agriculture des sept États régionaux. Les différents indicateurs socio-économiques et biophysiques de chaque région recueillis ont été classés en trois catégories, selon la définition de la vulnérabilité le GIEC (IPCC 2001), qui consiste en la capacité d'adaptation, la sensibilité et l'exposition.

## ***Vulnérabilité de l'agriculture en Afrique du Sud***

La vulnérabilité des agriculteurs sud-africains à la variabilité et aux CC a été analysée par l'élaboration d'un indice de vulnérabilité et par comparaison des indicateurs de vulnérabilité à travers les neuf provinces de ce pays (Gbetibouo et Ringler. 2009). Dix-neuf indicateurs environnementaux et socio-économiques sont identifiés pour tenir compte des trois composantes de la vulnérabilité: l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation. Les résultats de l'étude montrent que la vulnérabilité au CC est intrinsèquement liée au développement social et économique.

## ***L'indice de vulnérabilité des moyens d'existence (The Livelihood Vulnerability Index LVI)***

Une approche pragmatique de l'évaluation des risques de la variabilité du CC a été menée dans les districts du Mozambique (Hahn et al. 2009). 200 ménages dans chaque district ont été interrogés pour recueillir des données sur le développement sociodémographique, les moyens de subsistance, les réseaux sociaux, la santé, la sécurité alimentaire et de l'eau, les catastrophes naturelles et la variabilité du climat. Les données ont été agrégées à l'aide d'un indice composite. Les auteurs concluent que cette approche pragmatique peut être utilisée pour surveiller la vulnérabilité, les ressources du programme d'assistance, et / ou évaluer le potentiel du programme / l'efficacité des politiques dans les régions où les données sont limitées par des scénarios introduisant dans le modèle de référence pour LVI comparaison.

## ***ATEAM***

Certaines méthodes et outils ont été développés pour évaluer la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques, en tenant compte de la vulnérabilité des écosystèmes, des personnes et de leurs relations. Par exemple, le projet "the Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling" (ATEAM, <http://www.pik-potsdam.de/ateam>) a mis au point une boîte à outils pour évaluer les zones où les populations ou des secteurs peuvent être vulnérables à la perte des services écosystémiques comme une conséquence des CC et de l'utilisation des terres. Cette approche met en évidence que la vulnérabilité de la société au changement global résulte également des impacts sur les écosystèmes et les services qu'ils fournissent (Metzger et al 2006). Le cadre général est basé sur les définitions du GIEC de la vulnérabilité, l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

## ***Cadre des Politiques d'Adaptation (CPA)***

Le Programme des Nations Unies pour le Développement –Fond pour l'Environnement Mondial (PNUD-FEM), avec le soutien des gouvernements suisse, canadien et hollandais, a préparé le CPA sous forme d'un ensemble innovant de conseils et d'appuis pour l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies d'adaptation. Le but du CPA est d'aider les pays à intégrer les questions d'adaptation dans les objectifs plus généraux du développement national. Finalement, l'objectif du CPA est de soutenir les processus d'adaptation afin de protéger et, si possible, améliorer le bien-être des populations humaines confrontées au CC, y compris la variabilité.

Le CPA comprend cinq composantes: la composante 2 correspond à « L'évaluation de la vulnérabilité actuelle », elle consiste à répondre à plusieurs questions, telles que : Où se positionne une société aujourd'hui par rapport à la vulnérabilité aux risques climatiques ? Quels sont les facteurs qui déterminent la vulnérabilité actuelle d'une société ? Quel est le degré de réussite des efforts d'adaptation aux risques climatiques actuels ?

## ***Climate Change Vulnerability Index (CCVI)***

L'indice de vulnérabilité au CC (CCVI), publié par le cabinet de conseil Maplecroft évalue 42 facteurs sociaux, économiques et environnementaux pour évaluer les vulnérabilités nationales dans trois domaines essentiels: l'exposition au climat des catastrophes naturelles et l'élévation du niveau de la mer, ainsi que la sensibilité de l'homme, en termes de répartition de la population, développement, ressources naturelles, la dépendance agricole et des conflits. En troisième lieu, l'indice évalue la vulnérabilité future en tenant compte de la capacité d'adaptation d'un pays et des infrastructures publiques pour lutter contre le CC. ([www.maplecroft.com/about/news/ccvi.html](http://www.maplecroft.com/about/news/ccvi.html)).

Le Maroc se trouve dans la catégorie à haut risque. Selon Maplecroft, les pays ayant le plus de risques sont caractérisés par des niveaux élevés de pauvreté, des populations denses, l'exposition à des événements liés au climat, et leur dépendance à l'égard des inondations ainsi que la sécheresse des terres agricoles exposées.

### ***Indice de risque de catastrophe (IRC)***

Le PNUD a entrepris l'élaboration d'un **Indice de risque de catastrophe (IRC)** afin d'améliorer la compréhension de la relation entre le développement et le risque de catastrophe.

Les résultats du projet de l'IRC, présenté dans un rapport<sup>8</sup>, permet de mesurer et de comparer les niveaux relatifs d'exposition physique aux aléas, la vulnérabilité et le risque entre pays, ainsi que l'identification des indicateurs de vulnérabilité.

Quatre aléas naturels types (tremblements de terre, cyclones tropicaux, inondations et sécheresse), responsables de près de 94% des décès provoqués par les catastrophes naturelles ont été examinés, et pour chacun d'eux un calcul des populations exposées et de la vulnérabilité relative des pays est proposé.

### ***Les indices de vulnérabilité au CC au Maroc***

Malgré son importance, l'évaluation de la vulnérabilité dans les deux communications nationales (CNI et SCN) n'a fait l'objet d'aucune analyse spécifique. La vulnérabilité, lorsqu'elle est citée, est formulée en des termes plutôt qualitatifs et génériques sans indication ni sur la manière dont elle est liée à la capacité d'adaptation à la sensibilité et à l'exposition, ni comment il sera possible d'intégrer la vulnérabilité dans les programmes et plan d'action pour l'adaptation.

Cependant quelques études en cours sont prometteuses à ce sujet.

### ***Normalized Difference Vegetation Index, NDVI***

De nouvelles approches ont été adoptées, particulièrement celles impliquant l'utilisation de la télédétection spatiale et, particulièrement, l'indice de la végétation normalisé (Normalized Difference Végétation Index, NDVI). Le NDVI est particulièrement adapté aux zones arides et semi-arides dans lesquelles la variation de végétation est très bien capturée par le NDVI. Les données de NDVI peuvent être disponibles à une résolution spatiale de 1 km<sup>2</sup>, et même inférieure, sur l'ensemble du territoire national. Cet indice a été utilisé pour étudier le risque de sécheresse en agriculture pluviale au Maroc. L'analyse est focalisée sur les principales zones agricoles de production au Maroc et qui peuvent être considérées comme représentatives de la gamme de variation climatique au Maroc. (Narciso G. et Balaghi R. 2009).

### ***Vulnérabilité des terres***

---

<sup>8</sup><http://www.undp.org/cpr/disred/francais/publications/rdr.htm>



La vulnérabilité des terres vis-à-vis de la sécheresse pour la production céréalière est une notion qui commence juste à être prise en compte au Maroc. Or, l'ampleur du risque de sécheresse sur les rendements à l'échelle d'une grande région dépend de la vulnérabilité de ces terres. Si le risque de sécheresse au niveau des provinces est mesurable par l'effet sur la production ou sur le rendement de la province, il n'en est pas de même pour la vulnérabilité. Aussi, une méthode a été développée à l'INRA et utilise le rapport NDVI/pluviométrie pour mesurer la vulnérabilité des terres. Ce rapport reste stable quelle que soit la campagne, exprimant des caractéristiques intrinsèques des terres, indépendamment des fluctuations climatiques.

Les risques de sécheresse sur le rendement national du blé tendre ont pu être évalués, sur la base de la pluviométrie et de la vulnérabilité (Jbilen et Balaghi, 2009), selon l'équation:

$$\text{Rendement} = 0,213 \times \text{Vulnérabilité}^2 \times \text{Pluviométrie}^2$$

où vulnérabilité = NDVI/Pluviométrie.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adger, W. N. and K., Vincent, 2005. Uncertainty in adaptive capacity, C.R. Geo-science 337, pp. 399-41
- Adger, W.N, and P.M. Kelly. 1999. Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4: 253–266.
- Adger, W.N. 1996. Approaches to vulnerability to climate change. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment Working Paper GEC 96–05. Norwich, U.K.: University of East Anglia.
- Alliance of Small Island States. 1994. Program of Action for the Sustainable Development of Small Island Developing States. United Nations, New York, New York, USA.
- Balica Stefania Florina 2007. Development and Application of Flood Vulnerability Indices for Various Spatial Scales. MSc Thesis (WSE – HERBD – 07.01)- UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands
- Barg, L. Nygaard and J. West. 2004b. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* 14: 303–313.
- Bohle, H.G. 2001. Vulnerability and Criticality: Perspectives from social geography. *IHDP Update, Newsletter of the International Human Dimension Programme on Global Environmental Change* (IHDP) 2:1–4.
- Bohle, H.G., T.E. Downing and M.J. Watts. 1994. Climate change and social vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change* 4(1):37–48.
- Boudhar A. et al. 2007. Analyse de la dynamique des surfaces enneigées du Haut-Atlas Marocain à partir des données SPOT-VEGETATION. *Sécheresse* 2007, 18, (4) :1-11.
- Boudhar. 2009. Télédétection du manteau neigeux et modélisation de la contribution des eaux de fonte des neiges aux débits des Oueds du Haut Atlas de Marrakech.
- Briguglio, L & Kaly, UL. 1999. Extending SOPAC's Environmental Vulnerability Index to the IMA and Caribbean Regions. Background Paper for UNEP Meeting of Experts on the Environmental Vulnerability Index, Malta, 1999.
- Briguglio, L, Kaly, U.L. & Pratt, C. (eds). 2000. Report of the meeting of experts on the environmental vulnerability index, Valletta, Malta 1999. UNEP Report.
- Briguglio, L., 2003, Methodological and Practical Considerations for Constructing Socio-Economic Indicators to Evaluate Disaster Risk, Institute of Environmental Studies, University of Colombia, Manizales, Colombia, Programme on Information and Indicators for Risk Management, IADB-ECLAC-IDEA
- Briguglio, L., 2004, Economic Vulnerability and Resilience: Concepts and Measurements, [home.um.edu.mt/islands/brigugliopaper\\_version3.doc](http://home.um.edu.mt/islands/brigugliopaper_version3.doc)
- Briguglio, L., Kaly, UL, & Pratt, C. 1999. Report of the Meeting of Experts on the Environmental Vulnerability Index, Valletta, Malta, 29 November - 3 December 1999. UNEP. Islands and Small States Institute in collaboration with South Pacific Applied Geoscience Commission.
- Brooks, N., 2003. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Working paper 38. Norwich, U.K.: Tydall Centre for Climate change Research, University of East Anglia.
- Brooks, N., Adger, W.N., Mick Kelly, P., 2005, The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation, *Global Environmental Change* 15, pp. 151-163
- Burgess, Neil, Jennifer D'Amico Hales, Emma Underwood 2004. Terrestrial Ecoregions of Africa and Madagascar: A Conservation Assessment. Island Press, Washington DC.
- Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., Schipper, E.L., 2002, 'From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy', *Climate Policy* 2, 145–159.
- CCSP, 2009: Thresholds of Climate Change in Ecosystems. A report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research [Fagre, D.B., C.W. Charles, C.D. Allen, C. Birkeland, F.S. Chapin III, P.M. Groffman, G.R. Guntenspergen, A.K. Knapp, A.D. McGuire, P.J. Mulholland, D.P.C. Peters, D.D. Roby, and George Sugihara]. U.S. Geological Survey, Reston, VA, 156 pp.
- Chaponnière A., G. Boulet G., A. Chehbouni A. et Aresmouk M 2008. Understanding hydrological processes with scarce data in a mountain environment. *Hydrological Processes*, DOI: 10.1002/hyp.6775.
- Chaponniere. 2005. Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride cas du bassin versant du Rehraya (Haut Atlas marocain)

- Connor R.F., & Hiroki K., 2005, Development of a method for assessing flood vulnerability, Coulson, D., Joyce, L., 2006, Indexing variability: A case study with climate change impacts on ecosystems, *Ecological Indicators* 6, pp. 749-769
- Cutter, S. 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20 (4), 529–539.
- Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley. 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84 (2): 242–261.
- Cutter, S.L., J.T. Mitchell and M.S. Scott. 2000. Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90 (4):713–737.
- Deressa Temesgen, Rashid M. Hassan and Claudia Ringler. 2008: Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States. IFPRI Discussion Paper 00806, October 2008
- Downing, T. E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona, Y. and Stephen, L. 2001. *Vulnerability Indices: Climate Change Impacts and Adaptation*. UNEP Policy Series, UNEP, Nairobi.
- Downing, T.E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona, Y. and L. Stephen. 2001. Vulnerability indices: Climate change impacts and adaptation. United Nations Environment Programme, Policy Series 3. New York: United Nations.
- Eriksen, S., Kelly, P.M., 2007, 'Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment status', *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12, 495–524, doi:10.1007/s11027-006-3460-6.
- FAO 2007a. Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries: Perspective, Framework and Priorities. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available from:
- Fermann, G. 1997. Political Context of Climate Change, in Fermann, G., ed. *International Politics of Climate Change: Key Issues and Critical Actors*. Scandinavian University Press, Oslo, pp. 11-52.
- Fischer et al. 2002, G. Fischer, H. van Velthuizen, M. Shah, and F. Nachtergaele. Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. Research Report RR-02 02, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, 2002.
- Füssel, H.M. 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change* 17: 155–167.
- Füssel, H.M. and R.J.T. Klein. 2006. Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change* 75 (3): 301–329.
- Gbetibouo G.A. and Ringler C. 2009. Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability A Subnational Assessment. IFPRI Discussion Paper 00885
- Gechs, 2000. The Index of Human Insecurity, *AVISO* Issue No. 6. Glantz, M.H. 1994. Drought, Desertification and Food Production. In: Glantz, M.H. (Ed.) *Drought Follows the Plough*, pp 7-30. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gestion intégrée du risque de catastrophe. Rapport Phase 1 ». Royaume du Maroc, Banque Mondiale, 26 mars 2009. Version provisoire. Volume 1 : Rapport principal, 58 p, Volume 2 : compte rendu de la Journée de Travail pour le Lancement de la Première Phase de l'Approche Globale pour la Gestion des Risques au Maroc, 129p.
- GIEC, 2007: Résumé à l'intention des décideurs. In: Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- Giorgi F. Giorgi. 2006. Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, 33:L08707, 2006. doi: doi:10.1029/2006GL025734.
- Hahn M, A Reiderer, and S Foster (2009). "The Livelihood Vulnerability Index: A Pragmatic Approach to Assessing Risks from Climate Variability and Change." *Global Environmental Change*. 19 (74-88).
- Heal G., 1998. Valuing the Future: Economic Theory and Sustainability, Columbia University Press, New York.
- Hebb, A. and L. Mortsch. 2007. *Floods: Mapping vulnerability in the Upper Thames watershed under a changing climate*. Final Report of the Canadian Foundation for Climate and Atmospheric Sciences (CFCAS) Project: Assessment of Water Resources Risk and Vulnerability to Changing Climatic Conditions.

- Heidecke, Claudia. 2006 Development and evaluation of a regional water poverty index for Benin International Food Policy Research Institute (IFPRI)
- Hinkel 2008 J. Hinkel. The global cost of sea-level rise under the SRES A2 scenario. FAVAIA Working Paper 8, Potsdam Institute for Climate Impact Research, July 2008.
- Holling C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems », *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol.4, pp.1-24.
- Huq, S. 2002. Adaptation and sustainable development. *Tiempo*, Issue 46, December 2002, 23-25.
- Institut français de l'environnement (Ifen), 2001. *Développement durable et capital naturel critique. Concepts et consultation d'experts*, Orléans, Ifen, coll. Études et travaux n°32, 115p.
- IPCC 1995, Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations, Genève, 1995.
- IPCC 2001 a. *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*, J. J. McCarthy, et al., eds. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC 2001b *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC 2007a. *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, eds. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC 2007b *Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers*. Available from: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf)
- IPCC 2007c. *Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Available from: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>
- IPCC, 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policy makers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IRIN humanitarian news and analysis. How to measure vulnerability to climate change? (date de consultation novembre 2010) <http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=84794>
- Ivar Holand, Päivi Lujala, and Jan Ketil Rød Department of Geography and Department of Economics, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway <http://www.svt.ntnu.no/geo/research/vulclim>
- Jallow, B.P., Barrow, M.K.A. and Leatherman, S.P. 1996. Vulnerability of the coastal zone of The Gambia to sea level rise and development of response strategies and adaptation options. *Climate Research* 6, 165 177.
- Jbilen M. et Balaghi, R. 2009 le risqué de sécheresse en agriculture pluviale cas des céréales MAPEM /DEFR bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA n0 181 octobre 2009
- Kabuta, S. H. and Laane, R. W. P. M., 2003. Ecological performance indicators in the North Sea: development and application, *Ocean and Coastal Management* 46, 277-297.
- Kaly U., Pratt C., Khaka E., Dahl L., Briguglio L. and Sale-Mario E. 2001. Globalising the Environmental Vulnerability Index (EVI): Proceedings of the EVI Globalisation Meeting, 27 – 29 August 2001, Geneva, Switzerland. SOPAC Technical Report 345.
- Kaly, U., Briguglio, L., McLeod, H., Schmall, S., Pratt, C. and Pal, R., 1999, Proceedings of the Environmental Vulnerability Index (EVI) Think Tank 7-10 September 1999. SOPAC Technical Report
- Kaly, U.K., Pratt, C.R. and Howorth, R. 2002. A framework for managing environmental vulnerability in Small Island Developing States. *Development Bulletin* 58:33-38.
- Kaly, U.L., Briguglio, L., McLeod, H., Schmall, S., Pratt, C. and Pal, R. 1999. Environmental Vulnerability Index (EVI) to summarise national environmental vulnerability profiles. SOPAC Technical Report 275. Report to NZODA.
- Kaly, U.L., Pratt, C.R., Mitchell, J. and Howorth, R. 2003. The Demonstration EVI: Results for 235 countries. SOPAC Technical Report 356.
- Kaly, U.L., Pratt, C.R., Sale-Mario, E, White, O. and Seddon, J.K. 2002. Environmental Vulnerability Index (EVI) Project: Initial Testing of the Global EVI. Progress April 2001-March 2002. SOPAC Technical Report 453.
- Kaly, UL, Briguglio, L., McLeod, H, Pratt, C., Schmall, S. & Pal, R. 1999. Report on the Environmental Vulnerability Index (EVI) Think Tank, 7 – 10 September 1999, Pacific Harbour, Fiji. SOPAC Technical Report 299.

- Kaly, UL. 2000. Lessons from the EVI and Smart Indicators for Coral Reefs. Proceedings of a Workshop on Information Management and Decision Support for Marine Biodiversity Protection and Human Welfare: Coral Reefs. UNEP AIMS Publication.
- Kaly, UL. & Pratt C. 2000. Environmental Vulnerability Index: Development and provisional indices and profiles for Fiji, Samoa, Tuvalu and Vanuatu. SOPAC Technical Report 306.
- Kamau, C.M., Anyango, G.J., Gitahi, M., Wainaina, M. and Downing, T.E. 1989. Case Studies of Drought Impacts and Responses in Central and Eastern Kenya. In: Downing, T.E., Gitu, K.W. and Kamau, C.M. (Eds.) *Coping with Drought in Kenya: National and Local Strategies*, pp. 211-230. Boulder and London: Lynne Rienner Publishers.
- Kasperson, R. E., Kasperson, J. X. and Dow, K., 2001. Vulnerability, equity, and global environmental change, in Kasperson, J. X. and Kasperson, R. E. (eds.), *Global Environmental Risk*, United Nations University Press and Earthscan, 247-272.
- Kelly, P. M., 2000. Towards a sustainable response to climate change. In: *Science and Environmental Decision Making*, ed. M. Huxham and D. Sumner, 118-141. Pearson Education, Harlow, 268pp.
- Kelly, P.M. and W.N. Adger. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change* 47 (4), 325-352.
- Klein and Hinkel 2009. Global Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Experience from DINAS-COAST. In A. G. Patt, D. Schröter, R. J. T. Klein, and A. C. de la Vega-Leinert, editors, *Assessing Vulnerability to Global Environmental Change: Making Research Useful for Adaptive Decision Making and Policy*, pages 79–96. Earthscan, 2009.
- Klepper, G. and K. Springer, 2003. Climate protection strategies: International allocation and distribution effects. *Climatic Change* 56(1), 211-226.
- Knippertz, P; Fink, A. Et Speth, P. 2003. Three late summer/early autumn cases of tropical-extratropical interactions causing precipitation in northwestern Africa. *Mon. Wea. Rev.*, 131 (1), 116-135.
- Lal, M., Singh, K.K., Rathore, L.S., Srinivasan, G., Saseendran, S.A., 1998, 'Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate', *Agricultural and Forest Meteorology* 89, 101–114.
- Leichenko, R. M. and K. L. O'Brien, 2002. The Dynamics of Rural Vulnerability to Global Change: The Case of southern Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(1): 1-18.
- Lind, J., Eriksen, S., 2006, 'The impacts of conflict on household coping strategies: evidence from Turkana and Kitui Districts in Kenya', *Die Erde* 137(3).
- Liverman, D.M., 1990. Vulnerability to global environmental change. In *Understanding global environmental change: The contributions of risk analysis and management*, R.E. Kasperson, K. Dow, D. Golding, and J.X. Kasperson, eds. Worcester, MA: Clark University.
- MacArthur RH et Wilson EO 1967 *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Mahdi Mohamed Innovation et système social Ecole Nationale d'Agriculture (ENA), Meknès (Maroc) CIHEAM - Options Méditerranéennes
- Mbithi, P.M., and Wisner, B., 1973. Drought and famine in Kenya: magnitude and attempted solutions. *Journal of Eastern African Research and Development* 3, 113-143.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S., eds. 2001. *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (eds). 2001.
- Mercier, J. 2002. *L'administration publique: de l'école classique au nouveau management public*, Les Presses de l'Université Laval, St-Nicolas, QC, 518 pages.
- Messouli 2009. Atelier de formation identification des risques au niveau communautaire – Adaptation et moyens d'existence. Utilisation de l'outil CRISTAL (Community-based Risk Screening – Adaptation and Livelihoods). Errachidia Boutalamine, juin 2009. In Rapport final Climate Change Fellowship Program START. CDRT-Université de Marrakech.
- Messouli et al 2009. Complex interactions among ecosystem services under climate change, changing land use and water demand in Morocco, paper prepared for Bonn IHDP Open meeting 2009: 7<sup>th</sup> International Science Conference on Human Dimension of Global Environmental Change 26-30 April 2009; Bonn. 15p.
- Messouli 2010. Mobilisation pour la charte nationale de l'environnement et du développement durable. Lancement d'une trousse à outils de gestion des services écosystémiques et de développement durable. Application au Bassin Hydraulique Rhris, Ziz et Guir 10-11 avril 2010 CDRT Université de Marrakech-Rapport final African Climate Change Fellowship Program START.

- Messouli M. L. Bounoua, A. Babqiqi, N. Wahid, S. Rochdane, A. Ben Salem, LB Ghallabi and FZ Hammadi, 2010 a Effects of changes in climate, land use and land cover in the High Atlas, Morocco, *in* Spehn EM, Rudmann-Maurer K, Körner C, Maselli D (eds.) 2010 Mountain Biodiversity and Global Change. GMBA-DIVERSITAS, Basel - ISBN 978 3 605835 23 6.
- Messouli M. L. Bounoua, A. Babqiqi, N. Wahid, S. Rochdane, A. Ben Salem, LB Ghallabi and FZ Hammadi, 2010 b. Vulnerability assessment and risk level of ecosystem services for climate change impacts and adaptation in Moroccan oases. University Cadi Ayyad, Marrakech-CDRT. START Grants for Global Environmental Change Research in Africa. Final report.
- Messouli Mohammed, Lahouari Bounoua, Abdelaziz Babqiqi, Abdelkrim Ben Salem, and Mohammed Yacoubi-Khebiza 2010,c.Vulnerability assessment and risk level of ecosystem services for climate change impacts and adaptation in the High-Atlas mountain of Morocco Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-292-2, 2010. EGU General Assembly 2010, © Author(s) 2009.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schroter, D., 2006, The vulnerability of ecosystem services to land use change, *Agriculture, Ecosystems and Environment Journal* 114 pp. 69–85.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, 137p.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2003. *Ecosystem and Human Well-Being. A Framework for Assessment*, Island Press, 212p.
- Ministère chargé des eaux et forêts, Direction régionale des eaux et forêts du Haut-Atlas, Service provincial des eaux et forêts de Marrakech. 1999. Etude d'aménagement de la forêt de Rheraya.
- Ministère de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes, Direction du développement et de la gestion de l'irrigation. Novembre 2008. Etude et contrôle de l'impact de l'irrigation sur les ressources naturelles dans les périmètres de grande hydraulique : Périmètres du Haouz.
- Ministère de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes, Direction du développement et de la gestion de l'irrigation. 2010. Etude et contrôle de l'impact de l'irrigation sur les ressources naturelles dans les périmètres de grande hydraulique (Périmètres du Haouz) : caractérisation de l'état des lieux de la qualité des eaux et des sols des périmètres irrigués.
- Ministère de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes. Juin 2009. Etudes de faisabilité, la conception, l'évaluation environnementale et sociale et appui à l'exécution et à la supervision du projet dans les secteurs irrigués : étude de faisabilité du périmètre Tahanaout.
- Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement, Secrétariat général, Direction de la surveillance et de la prévention des risques. 2005. Inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.
- Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement, Secrétariat général, Direction de la surveillance et de la prévention des risques. 2005. Collecte des données et inventaire des sources de pollution.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'environnement, 2001 : « Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations Unies.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'environnement, 2009 : « Seconde Communication Nationale à la Convention Cadre des Nations Unies.
- Mokssit A., 2009. Le changement climatique : enjeux et perspectives d'adaptation pour le Maroc. Rencontre Internationale Rabat, 16 octobre 2009.
- Narciso G. et Balaghi R. 2009. Maroc Rapport Spécial rapport dans le cadre de la collaboration entre le Joint Research Centre de l'Union Européenne et l'Institut National de la Recherche Agronomique du Maroc Février 12, 2009.
- Nygaard, S., L., West, J., 2004b, 'Mapping multiple stressors: climate change and economic globalization in India', *Global Environmental Change* 14, 303–313.
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, .
- O'Brien, K.L., S. Eriksen, A. Schjolden and L. Nygaard. 2004a. *What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research*. CICERO Working Paper 2004:04. Oslo, Norway: Centre for International Climate and Environmental Research.
- Ouhammou. 2005. Flore et végétation du Parc National de Toubkal (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc) : typologie, écologie et conservation.

- Parry Martin Parry, Cynthia Rosenzweig, and Matthew Livermore, 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 360:2125–2138, 2005. doi: doi:10.1098/rstb.2005.1751.
- Parry, M. L. E. ed., 2000. Assessment of the Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe. Norwich, Jackson Environment Institute, University of EastAnglia, UK.
- Parry, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G. and Livermore, M. 1999. Climate change and world food security: a new assessment. *Global Environmental Change*, 9, S51-S67.
- Petra Döll 2009. Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment <http://stacks.iop.org/ERL/4/035006> (Novembre 2010).
- Pratt, C., Kaly, U., Mitchell, J., 2004a. How to use the environmental vulnerability index, UNEP/SOPAC South Pacific Applied Geo-science Commission, Technical Report 38
- Pratt, C.R., Kaly, U.L., and Mitchell, J. 2004b. Pacific Training Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI). SOPAC Technical Report 375.
- Pratt, C.R., Kaly, U.L., Mitchell, J. and Howorth, R. 2004c. The Environmental Vulnerability Index (EVI): Update & Final Steps to Completion. SOPAC Technical Report 369.
- Rapport national sur la prévention des désastres. Conférence de Kobe-Hyogo ». Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Environnement, Janvier 2005, 98 p.
- Reardon, T. and Matlon, P. 1989. Seasonal Food Insecurity and Vulnerability in Drought- Affected Regions of Burkina Faso. In: Sahn, D.E. (Ed.) *Seasonal Variability in ThirdWorld Agriculture: The Consequences for Food Security*, pp. 118-136. Baltimore: International Food Policy Research Institute/Johns Hopkins University Press.
- Rosegrant M.M. (2009) Changement climatique et sécurité alimentaire au Maroc. Rencontre internationale « Le changement climatique : enjeux et perspectives d'adaptation pour le Maroc », Institut Royal des Etudes Stratégiques (IRES), 16 octobre 2009, Rabat, Maroc.
- Rosenzweig, C., and D. Hillel, 2008: Climate Variability and the Global Harvest: Impacts of El Niño and Other Oscillations on Agro-Ecosystems. Oxford University Press, 280 pp.
- Schiller, A., de Sherbinin, A., Hsieh, W-H. and Pulsipher, A. 2001. The Vulnerability of Global Cities to Climate Hazards. IHDP Open Meeting 2001, Rio de Janeiro.
- Schulz O. and Jong C (2004). Snowmelt and sublimation: field experiments and modelling in the High Atlas Mountain of Morocco. *Hydrology and Earth System Scie* 1089.
- Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Environnement, Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques. Genève, du 16 au 19 juin 2009, 5 p.
- Sousounis, P.J. and Bisanz, J.M. (eds). 2000. Preparing for a changing climate: The Potential Consequences of Climate Variability and Change. Great Lakes, a Summary by the Great Lakes Regional Assessment Group. University of Michigan, U.S. Global Change Research Programme [www.gcrio.org/NationalAssessment/greatlakes/greatlakes.pdf](http://www.gcrio.org/NationalAssessment/greatlakes/greatlakes.pdf)
- Spalding, Mark D., Helen E. Fox, Gerald R. Allen, Nick Davidson *et al.* "Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas". *Bioscience* Vol. 57 No. 7, July/August 2007, pp. 573-583.
- Stour L. and A. Agoumi, 2008 : Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies *Hydroécol. Appl.* (2008) Tome 16, pp. 215–232 © EDP Siences, 2009 DOI: 10.1051/hydro/2009003.
- Stratégie d'Adaptation du Maroc aux Changements Climatiques ». Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Environnement, HYDRAUMET, 2009, 64 p.
- Sullivan C., Meigh J. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. *Water Resources Management* n°21, 2007.p.111-128.
- Sullivan C.A., Meigh J.R and Lawrence, P. 2005 Application of the water poverty index at different scales: A cautionary tale. *Agriculture, Ecosystems and the Environment*. Special issue.
- Sullivan et al., 2006. Mapping the Links between Water, Poverty and Food Security. Report on the Water Indicators workshop held at the Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK, 16 to 19 May, 2005. GWSP Issues in GWS Research, No.1. GWSP IPO, Bonn. Available at: [www.gwsp.org](http://www.gwsp.org).
- Sullivan, C.A, Meigh, J., 2003, Using the Climate Vulnerability Index to assess vulnerability to climate variations, Water Policy and Management, CEH Wallingford as seen on: <http://www.ceh.ac.uk/sections/ph/ClimateVulnerabilityIndex.html> on 12th of December, 2006.

- Sullivan, C.A. (ed.) 2000. Constructing a water poverty index: A feasibility study. Wallingford, Oxfordshire, UK: Centre for Ecology and Hydrology and DFID (Department for International Development).
- Sullivan, C.A. 2002. Calculating a water poverty index, *World Development* 30: 1195 - 1210.
- Sullivan, C.A., J.R. Meigh, A.M. Giacomello, T. Fediw, P. Lawrence, M. Samad, S. Mlotte, C. Hutton, J.A. Allan, R.E. Schulze, D.J.M. Dlamini, W. Cosgrove, J. Delli Priscoli, P. Gleick, J. Smout, J. Cobbing, R. Calow, C. Hunt, R. Hussain, M.C. Acreman, J. King, S. Malomo, E.L. Tate, D. O'Regan, S. Milner, and I. Steyl. 2003. The Water Poverty Index- Development and application at the community scale. *Natural Resource Forum* 27: 189-199.
- Thieme, Michelle L. 2005. *Freshwater Ecoregions of Africa and Madagascar: A Conservation Assessment*. Island Press, Washington DC.
- UNDP, 2005, United Nations Development Programme : Adaptation Policy Framework for Climate Change, Cambridge University Press, 2005.
- UNDP, 2005, United Nations Development Programme : Adaptation Policy Framework for Climate Change, Cambridge University Press, 2005.
- UNEP, 1998, Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies (Version 2.0). J. Feenstra, I. Burton, J. Smith, and R. Tol (eds). United Nations Environment Programme, Nairobi, and Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- UNEP, 2004, Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI), as see on [http://www.vulnerabilityindex.net/EVI\\_Calculator.htm](http://www.vulnerabilityindex.net/EVI_Calculator.htm) , 1st of October, 2006
- UNFCCC.2007c. *Information on methods and tools for impact, vulnerability and adaptation assessments*. Submissions from Parties. FCCC/SBSTA/2007/MISC.12. UNFCCC Secretariat. <http://unfccc.int/resource/docs/2007/sbsta/eng/misc12.pdf> .
- UNFCCC.2007d. *Information on methods and tools for impact, vulnerability and adaptation assessments*. Submissions from Parties. Addendum. FCCC/SBSTA/2007/MISC.12 Add.1. UNFCCC Secretariat.
- UNFCCC.2007e. *Information on methods and tools for impact, vulnerability and adaptation assessments*. Submissions from relevant organizations. FCCC/SBSTA/2007/MISC.13. UNFCCC Secretariat. <http://unfccc.int/resource/docs/2007/sbsta/eng/misc13.pdf>
- United Nations Environmental Programme. 2001. Report on Environmental and Sustainability Indicators for Latin America and the Caribbean. Sixth Meeting of the Inter-Sessional Committee Forum of Ministers of the Environment of Latin America and the Caribbean. UNEP/LACIG.XIII/Inf.4. UNEP, Nairobi, Kenya. Acosta-Michlik, L., Rounsevell, M., 2005, 'From generic indices to adaptive agents: shifting foci in assessing vulnerability to the combined impacts of climate change and globalization', *IHDP Update* 01/2005, 14-16.
- Wilkie, D., Morelli, G., Rotberg, F. and Shaw, E. 1999. Wetter isn't better: global warming and food security in the Congo Basin. *Global Environmental Change* 9: 323-328.
- World Economic Forum, 2002a. Environmental Sustainability Index, An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Task Force, World Economic Forum Annual Meeting 2002, WEF, Yale Center for Environmental Law and Policy (Yale University) and Center for International Earth Science Information Network (Columbia University).
- World Economic Forum, 2002b. Pilot Environmental Performance Index, An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Task Force, World Economic Forum Annual Meeting.