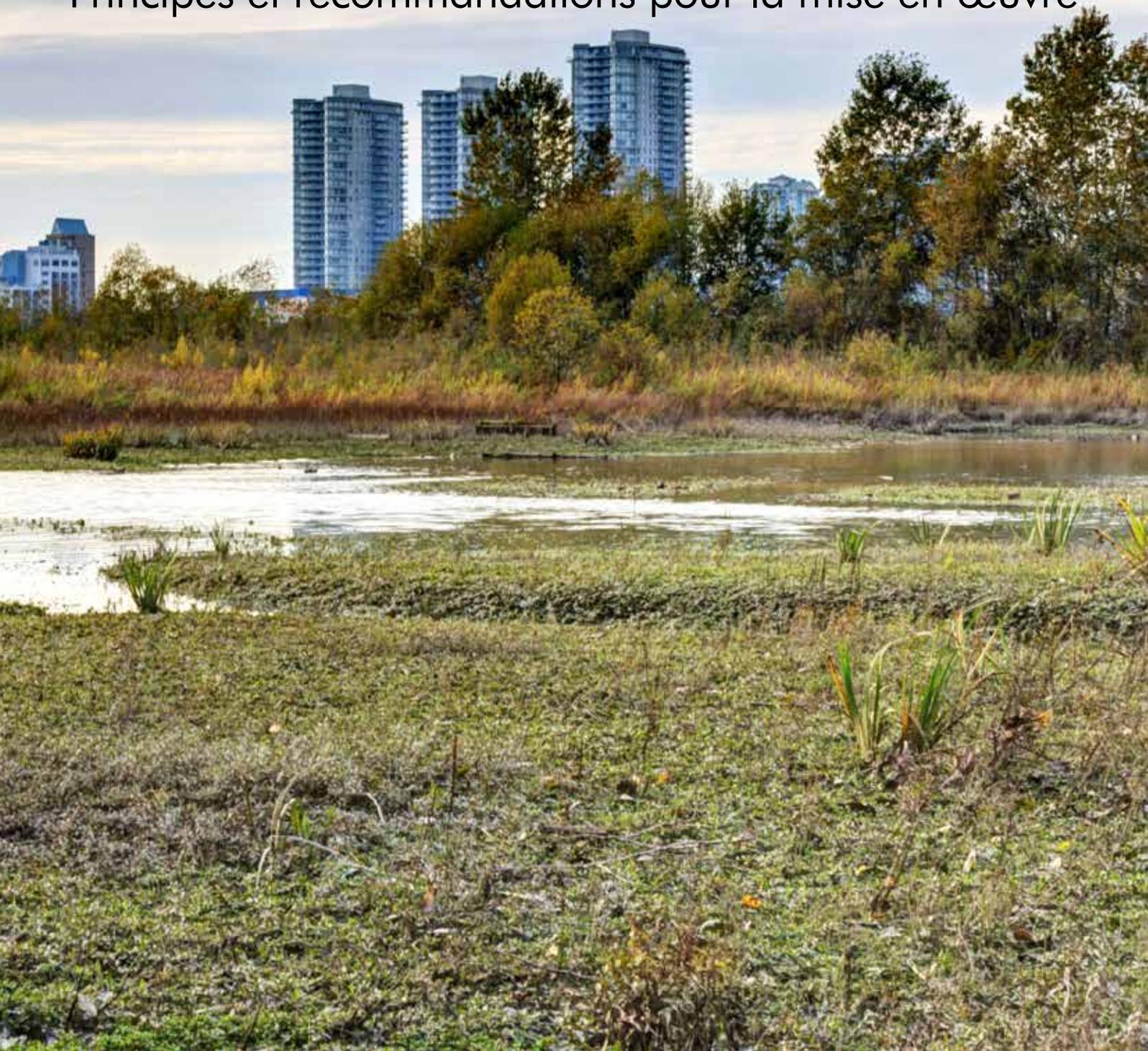


Dispositifs de protection contre les inondations fondés sur la nature

Principes et recommandations pour la mise en œuvre



©2017 Banque mondiale

Banque internationale pour la reconstruction et le développement

Groupe de la Banque mondiale

1818 H Street, NW

Washington, 20433, États-Unis d'Amérique

Site internet : www.worldbank.org

Le travail que nous avons réalisé, qui comprend le présent document et la plateforme en ligne sur les solutions fondées sur la nature, a été cofinancé par le Programme sur les forêts (PROFOR), la Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement (GFDRR) et Deltares.

La plateforme en ligne qui fournit des recommandations actualisées sur la mise en œuvre et une base de données de projets portant sur des solutions fondées sur la nature peut être consultée à l'adresse : naturebasedsolutions.org

Attribution (paternité)

L'ouvrage doit être cité de la manière suivante : Banque mondiale. 2017. *Dispositifs de protection contre les inondations fondés sur la nature : principes et recommandations pour la mise en œuvre*. Washington : Banque mondiale.

Avertissement

Ce document est le fruit du travail accompli par les services de la Banque mondiale et la GFDRR avec le concours de contributeurs externes. Les constatations, interprétations et conclusions exprimées dans cet ouvrage ne reflètent pas nécessairement les opinions des organisations partenaires de la Banque mondiale, de la GFDRR, des Administrateurs de la Banque mondiale ou des gouvernements qu'ils représentent.

La Banque mondiale ne garantit pas l'exactitude des données contenues dans cet ouvrage. Les frontières, les couleurs, les dénominations et toute autre information figurant sur les cartes du présent ouvrage n'impliquent de la part de la Banque mondiale aucun jugement quant au statut juridique d'un territoire quelconque et ne signifient nullement que l'institution reconnaît ou accepte ces frontières.

Le contenu de ce rapport est le résultat d'un travail de recherche (scientifique) et ne devrait être interprété que dans le cadre de cette recherche (scientifique). L'utilisateur assume la pleine responsabilité de l'exploitation de ces informations.

Droits et licences

Le contenu de cette publication fait l'objet d'un dépôt légal. Parce que la Banque mondiale encourage la diffusion de son savoir, le présent ouvrage peut être reproduit, en intégralité ou en partie, à des fins non commerciales, dès lors que sa paternité est pleinement reconnue.

Pour tous renseignements sur les droits et licences, y compris les droits subsidiaires, s'adresser à Office of the Publisher, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA ; télécopie : 202-522-2422 ; courriel : pubrights@worldbank.org.

Crédit photos

Building with Nature Indonesia est un programme des partenaires d'Ecoshape et du ministère indonésien des Affaires maritimes et des Ressources halieutiques (MMAF), ainsi que du ministère indonésien des Travaux publics et du Logement.

University & Research Centre, UNESCO-IHE, Blue Forests et Von Lieberman, avec le concours de la Diponegoro University et des communautés locales ; p.4, p.5, p.6, p.17, p.27 et p.30
Adobestock ; p.18 et p.31
Stefan Verschure ; p.6 et p.7
Thinkstock ; couverture et p.8, p.20, p.23 et p.28
Clipart Panda ; p.10
Guus Schooneville ; p.12
Van beek images.com ; p.14 et p.25

Liste des sigles et abréviations

AMCC+	Alliance mondiale contre le changement climatique+
CEDA	Central Dredging Association
DHI	Danish Hydraulic Institute
FEEM	Fondazione Eni Enrico Mattei
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FVC	Fonds verts pour le climat
GFDRR	la Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIZ	Gezellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agence allemande de coopération internationale)
GRI	Gestion des risques liés aux inondations
IFI	Institution financière internationale
SNV	Suivi, notification et vérification
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Agence d'observation océanique et atmosphérique des États-Unis)
ONG	Organisation non gouvernementale
PEDRR	Partenariat pour l'environnement et la réduction des risques de catastrophe
PEID	Petits États insulaires en développement
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
SDUD	Systèmes de drainage urbain durables
SNF	Solutions fondées sur la nature
S&E	Suivi et évaluation
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UNISDR	Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes
UNU	Université des Nations Unies
USACE	US Army Corps of Engineers (Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis)
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WRI	World Resources Institute
WRI	World Resources Institute

Dispositifs de protection contre les inondations fondés sur la nature

Principes et recommandations pour la mise en œuvre



Remerciements

Cet ouvrage est le fruit d'une collaboration entre Deltares, la Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement (GFDRR), le Programme sur les forêts (PROFOR) de la Banque mondiale, Ecoshape et le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). Sa réalisation n'aurait pas été possible sans la contribution de l'ensemble des participants à l'atelier sur l'application à une plus grande échelle des solutions fondées sur la nature pour réduire les risques liés aux inondations, qui s'est tenu les 11 et 12 avril 2017 dans les locaux de Deltares (Pays-Bas).

Auteurs :

Deltares :	Bregje K. van Wesenbeeck et Stéphanie IJff
GFDRR :	Brenden Jongman, Simone Balog, Stefanie Kaupa et Lauren Bosche
Banque mondiale :	Glenn-Marie Lange et Niels Holm-Nielsen
Ecoshape :	Henk Nieboer
PNUD :	Yusuke Taishi et Pradeep Kurukulasuriya
Consultant indépendant :	Imen Meliane

Collaborateurs et membres du comité de lecture :

The Water Institute of the Gulf :	Denise Reed
HR Wallingford :	Jonathan Simm
Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis :	Todd S. Bridges
Deltares :	Stephanie Janssen et Karen Meijer
IH Cantabria :	Inigo Losada
The Nature Conservancy et Université de Californie à Santa Cruz :	Borja G. Reguero
Royal Haskoning-DHV :	Petra Dankers
The Nature Conservancy :	Adam Whelchel
Wetlands International :	Marie-Jose Vervest et Susanna Tol
Environmental Defense Fund :	Natalie Peyronnin et Shannon Cunniff
Université d'Australie-Occidentale :	Ryan Lowe
Université de technologie de Delft :	Stefan Aarninkhof
ONU Environnement/CGE de l'UICN :	Karen Sudmeier
ONU Environnement :	Marisol Estrella
Institut pour l'environnement et la sécurité humaine de l'ONU :	Fabrice Renaud

Conception et maquette :

Deltares :	Welmoed Jilderda
------------	------------------



Ce document a été élaboré sur la base des commentaires et remarques formulés par les personnes dont les noms suivent, qui ont participé à l'atelier :

Nom	Organisation
Abdi Yusuf	Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)
Ap van Dongeren	Deltares
Armando Guzman	Banque mondiale
Bastiaan Lammers	Boskalis
Bontje Zaengerling	Banque mondiale
Boris van Zanten	Wolfs Company
Carrie de Wilde	Ecoshape
Cees van de Guchte	Deltares
Christophe Briere	Deltares
Claire Jeuken	Deltares
Ellis Penning	Deltares
Els van Lavieren	Conservation International
Femke Schasfoort	Deltares
Fokko van der Goot	Ecoshape
Hans Pietersen	Rijkswaterstaat
Hessel Winsemius	Deltares
Jaap Kwadijk	Deltares
Jaap van Thiel de Vries	Boskalis
Luca Sittoni	Ecoshape
Madhuvi Kisoen	Ministère des Travaux publics du Suriname
Marcel Stive	Université de technologie de Delft
Mary Bryant	Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis
Mathias Bertram	Agence allemande de coopération internationale (GIZ)
Mathijs van Ledden	GFDRR
Melisa October	Ministère de l'Agriculture du Guyana
Mindert de Vries	Deltares
Minke van Rees	Fondation Turing
Monica Altamirano	Deltares
Natasja van den Berg	Tertium
Nicolas Desramaut	Banque mondiale
Nigel Pontee	CH2M
Dionisio Perez Blanco	Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM)
Peter Goodwin	Université d'Idaho
Pieter van Eijk	Wetlands International
Quirijn Lodder	Rijkswaterstaat
Remment ter Hofstede	Van Oord
Robert McCall	Deltares
Salah Dahir	Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)
Saskia Marijnissen	Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)
Stefan Aarninkhof	Université de technologie de Delft
Susanna Tol	Wetlands International
Vincent Vuik	Delft University of Technology
Wouter Gotje	Witteveen + Bos

Sédimentation derrière des grilles perméables au Danemark, vue drone

1 INTRODUCTION

Les inondations constituent les aléas naturels les plus fréquents et les plus dommageables dans le monde. Entre 1994 et 2013, elles ont représenté 43 % des catastrophes naturelles enregistrées, touchant près de 2,5 milliards de personnes¹. Au cours d'années exceptionnelles comme 1998 et 2010, les pertes totales qu'elles ont causées se sont chiffrées à plus de 40 milliards de dollars EU. Durant les prochaines décennies, avec le changement climatique, l'urbanisation et la croissance démographique, les inondations côtières, fluviales et pluviales devraient avoir un impact nettement plus important. Une gestion efficace des risques d'inondation est essentielle pour protéger les populations et leurs moyens de subsistance contre ces phénomènes et limiter les pertes futures. Les mesures fondées sur la nature et la possibilité qu'elles offrent de faire face au risque d'inondation retiennent de plus en plus l'attention.

Digue défailante



Récemment encore, la plupart des mesures de gestion des risques d'inondation faisaient appel à des interventions d'ingénierie conventionnelles. On parle souvent de ces mesures en termes d'ingénierie « lourde » ou d'infrastructure « grise ». Parmi les exemples, on citera la construction de digues, de barrages et de canaux destinés à maîtriser les inondations. Récemment, les concepts de « solutions fondées sur la nature », d'« adaptation basée sur les écosystèmes », d'« éco-RRC » (réduction des risques de catastrophes par des mesures écologiques) ou d'« infrastructure verte » ont vu le jour, représentant une bonne solution de rechange ou complémentaire aux approches traditionnelles grises. Les solutions fondées sur la nature ont recours à des processus naturels et à des services écosystémiques à des fins fonctionnelles, telles que la réduction des risques d'inondation ou l'amélioration de la qualité de l'eau. Ces interventions peuvent être complètement « vertes » (c'est-à-dire constituées exclusivement d'éléments de l'écosystème) ou « hybrides » (c'est-à-dire combinant des éléments de l'écosystème et des mécanismes relevant de l'ingénierie lourde).

Les solutions fondées sur la nature peuvent aider à atténuer les effets des inondations (objet du présent guide), la sécheresse, l'érosion et les glissements de terrain. En outre, elles peuvent aider à réduire la vulnérabilité au changement climatique tout en ayant de multiples effets positifs pour l'environnement et les populations locales. Ces effets positifs incluent notamment la préservation des moyens de subsistance, l'amélioration de la sécurité alimentaire et la séquestration du carbone. Les solutions en question peuvent être appliquées aux bassins fluviaux (par exemple le reboisement et les endiguements verts), aux zones côtières (par exemple les mangroves et les zones humides) et aux villes (par exemple les parcs urbains).

On note une volonté croissante de recourir aux solutions fondées sur la nature dans le cadre des stratégies de renforcement de la résilience, de l'adaptation durable et des portefeuilles de projets de gestion des risques liés aux

Ce document se veut une étape vers des lignes directrices normalisées applicables à toutes les solutions fondées sur la nature.

catastrophes. Les populations, les bailleurs de fonds et les décideurs sont de plus en plus sensibilisés à ces solutions. De plus, les investisseurs et les acteurs du secteur des assurances s'y intéressent de plus en plus eux aussi. Du point de vue du changement climatique, l'adaptation basée sur les écosystèmes est considérée comme un domaine d'investissement prioritaire pour des fonds mondiaux tels que le Fonds pour l'environnement mondial ou le Fonds vert pour le climat.

Ainsi qu'il en est des solutions d'ingénierie conventionnelles, l'application efficace de solutions fondées sur la nature

nécessite un processus complet d'évaluation et de mise en œuvre. Toutefois, ces solutions sont souvent mises en œuvre de façon ponctuelle. Bien que les protocoles de conception et d'essai pour les écosystèmes et leur rôle dans l'atténuation des risques aient sensiblement évolué, ces solutions doivent encore être évaluées et normalisées de façon exhaustive. En conséquence, certains projets d'adaptation au changement climatique et de réduction des risques liés aux catastrophes qui se fondent sur la nature ne sont pas bien conçus, d'où des résultats inefficaces et peu durables. Comme dans le cas des solutions d'ingénierie, il n'existe pas d'approche universelle, puisque les caractéristiques climatiques et écologiques ainsi que celles des aléas sont variables et souvent peu connues. Cependant, le secteur des infrastructures traditionnelles a une longue histoire au cours de laquelle des protocoles et des normes ont été élaborés, alors que les solutions fondées sur la nature représentent des approches nouvelles qui requièrent le même niveau d'examen des enseignements tirés de l'expérience et d'élaboration de normes. Il y a donc lieu de formuler des recommandations et de définir des normes concernant les solutions fondées sur la nature, qui peuvent être d'une aide pour les concepteurs de projets, ceux qui les mettent en œuvre, les bailleurs de fonds, les évaluateurs et d'autres acteurs impliqués dans l'élaboration de projets. Les recommandations facilitent également la compréhension commune de l'efficacité probable et des résultats en matière de réduction des risques. Ce document se veut une étape vers des lignes directrices normalisées applicables à toutes les solutions fondées sur la nature.

L'objectif de ce document est de présenter cinq principes et des orientations pour la mise en œuvre de la planification des solutions fondées sur la nature pour gérer les risques d'inondation comme solution de rechange ou complémentaire aux mesures d'ingénierie conventionnelles. Cette planification couvre notamment l'évaluation, la conception et la mise en œuvre. Les utilisateurs potentiels de ces principes et étapes de mise en œuvre sont les professionnels de la gestion des risques et de l'adaptation climatique, les ONG, les donateurs et les organisations internationales. La présente note d'orientation a été élaborée en collaboration avec un large groupe diversifié composé d'organismes de financement internationaux, d'instituts de recherche, d'ONG, d'organisations gouvernementales et d'entreprises d'ingénierie.

Ce document comporte deux parties :

1. **Les principes**, qui décrivent les principaux aspects à prendre en considération lors de la planification des solutions fondées sur la nature.
2. **Les recommandations pour la mise en œuvre**, qui décrivent le calendrier et les activités nécessaires pour mettre en œuvre les solutions fondées sur la nature.

1. UNISDR, C. (2015). *The human cost of natural disasters 2015: A global perspective*.

LES PRINCIPES

An aerial photograph showing a cityscape in the background with a large green area and a river in the foreground. The text is overlaid on a dark blue rectangular background.

Un certain nombre de projets pilotes et de rapports techniques ont récemment été rendus publics qui portaient sur la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature pour la gestion des risques d'inondation. Cinq principes de base régissant l'élaboration de projets futurs faisant appel à la nature ont émergé de ces initiatives pilotes – durant la conception, la mise en œuvre et la maintenance – et des rapports établis sur ce sujet. Ces principes visent principalement à promouvoir les meilleures pratiques et à éviter les pièges courants de l'application des solutions fondées sur la nature. Ils se veulent donc un guide pour l'élaboration et la mise en route des projets et non un manuel de conception spécifique. Les directives techniques existantes (notamment de l'Agence d'observation océanique et atmosphérique des États-Unis (NOAA)², du Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis (USACE)³ et d'Ecoshape⁴) et celles en cours d'élaboration (USACE) peuvent être consultées pour de plus amples informations.



Principe 1 : Perspective à échelle systémique

La mise en place de solutions fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique et la réduction des risques liés aux catastrophes devrait commencer par une analyse systémique des conditions socioéconomiques, environnementales et institutionnelles locales.

Échelle spatiale

Le paysage physique des systèmes côtiers, des fleuves et des deltas a été dessiné par l'interaction entre les sédiments, l'hydrodynamisme et l'écologie. Souvent, ces systèmes subissent une forte influence des processus fluviaux et côtiers, mais leur utilisation par les hommes et les infrastructures existantes y jouent également un rôle. Les flux de sédiments, d'éléments nutritifs et d'eau douce et salée présents à différentes échelles ont une incidence sur l'intégrité des systèmes. Toute variation de ces flux déclenche d'autres processus qui induisent une modification de la morphologie et de l'écologie du paysage. Une variation des flux pourrait entraîner la réduction des apports en sédiments ou l'altération des courants. À titre d'exemple, l'altération des charges sédimentaires en amont peut influencer la stabilité du littoral en aval et déterminer ainsi le succès et la faisabilité des interventions menées en aval ou sur la côte. La planification des mesures faisant appel à la nature devrait prendre en compte ces processus à différentes échelles spatiales, en commençant par la plus grande échelle à laquelle ils jouent un rôle ou peuvent subir des influences. En principe, la planification d'un ouvrage d'ingénierie conventionnelle obéirait à la même approche. Cela dit, si ces considérations de grande échelle optimisent la fonctionnalité et permettent d'éviter des effets imprévus pour les ouvrages d'ingénierie, elles sont indispensables pour le succès des solutions fondées sur la nature.

Les écosystèmes sont largement tributaires des processus environnementaux favorables plus importants. Souvent, les écosystèmes ne peuvent pas être entretenus en gérant de manière isolée chaque site pris individuellement. L'intégrité et la santé des écosystèmes à l'échelle paysagère déterminent les possibilités qu'offrent les solutions fondées sur la nature de réduire les risques d'inondation. Si ces solutions sont évaluées à de petites échelles spatiales, leur impact sur la réduction des risques peut sembler insignifiant, alors qu'à des échelles plus grandes, la présence et l'intégrité des écosystèmes peuvent énormément influencer sur l'impact global des inondations. Par conséquent, pour apprécier à sa juste valeur et exploiter pleinement le potentiel que présentent les solutions fondées sur la nature

pour la réduction des risques d'inondation, ces solutions doivent être considérées dès le départ du point de vue de leur potentiel sur de grandes échelles spatiales.

Échelle temporelle

Outre la prise en compte des échelles spatiales appropriées, il y a lieu d'adopter un horizon temporel de long terme pour exploiter tout le potentiel des solutions fondées sur la nature. En principe, un horizon de 20 à 50 ans, voire plus, devrait être appliqué. Pour les populations riveraines touchées par les inondations, la menace s'accroît en raison des modifications des affectations des terres, de l'intensification des précipitations, de l'élévation du niveau de la mer, de l'envasement des embouchures des fleuves, de la multiplication des tempêtes et des défaillances possibles des ouvrages conventionnels de réduction des risques. Les stratégies de réduction des risques doivent également prendre en compte l'éventail des conditions qui peuvent se produire et l'évolution des systèmes au fil du temps. La prise en considération de l'ampleur du problème et de son évolution dans le temps est essentielle⁵. Les écosystèmes évoluent durant des décennies voire des siècles, ce qui signifie que les avantages qu'ils procurent évoluent aussi avec le temps. L'un de ces avantages tient au fait qu'ils peuvent s'adapter à la modification des conditions environnementales et des risques⁶, et peuvent ainsi perdurer éventuellement au-delà de la durée de vie nominale des ouvrages d'ingénierie. Il est crucial de sensibiliser les résidents des zones côtières et autres parties prenantes à l'évolution de leur système, à l'élévation du niveau de la mer et aux différences entre les tempêtes ce qui concerne la trajectoire, l'ampleur et l'intensité⁷.

Contexte socioéconomique et institutionnel local

Outre l'évaluation de sa faisabilité et de ses effets sur le système environnemental, chaque solution d'infrastructure devrait être ancrée dans le contexte socioéconomique et institutionnel local. Parce que les solutions fondées sur la nature pour maîtriser les risques d'inondation sont moins courantes que les mesures traditionnelles, leur mise en œuvre dans le contexte socioéconomique et institutionnel local peut présenter des difficultés. Par exemple, il existe relativement peu de documents sur leur efficacité, leurs coûts et leurs avantages. Par conséquent, ces solutions peuvent appeler une perspective plus intégrale pour s'assurer que tous les acteurs concernés ont une même compréhension de leur rôle, ce qui inclut la prise en compte des opinions et objectifs des parties prenantes. Un plus

2. NOAA (2015). A Guide to Assessing Green Infrastructure Costs and Benefits for Flood Reduction. <https://coast.noaa.gov/data/docs/digitalcoast/gi-cost-benefit.pdf>

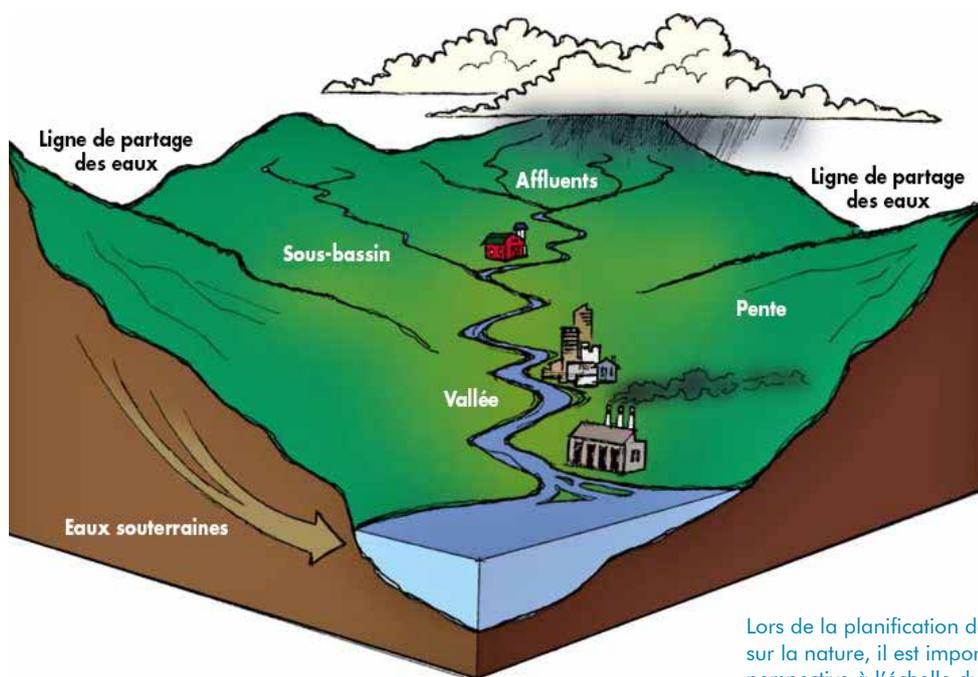
3. Bridges, T.S., Wagner, P.W., Burks-Copes, K.A. et al. (2015). Use of Natural and Nature-Based Features (NNBF) for Coastal Resilience. ERDC SR-15-1. Vicksburg, MS. U.S. Army Engineer Research and Development Center.

4. <https://www.ecoshape.org/en/design-guidelines/>

5. Groves, D. G., Panis, T. et Sanchez, R. (2017). 2017 Coastal Master Plan: Appendix D: Planning Tool. Version finale. Baton Rouge, Louisiane : Coastal Protection and Restoration Authority.

6. Van Wesenbeeck, B. K., de Boer, W., Narayan, S., van der Star, W. R. et de Vries, M. B. (2016). Coastal and riverine ecosystems as adaptive flood defenses under a changing climate. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1-8

7. Clipp, A., Gentile, B., Green, M., Galinski, A., Harlan, R., Rosen, Z. et Saucier, M. (2017). 2017 Coastal Master Plan: Appendix B: People and the Landscape. Version finale. Baton Rouge, Louisiane : Coastal Protection and Restoration Authority.



Lors de la planification de solutions fondées sur la nature, il est important d'adopter une perspective à l'échelle du système.

grand nombre de parties prenantes doit être régulièrement impliqué afin de donner plus de légitimité aux mesures prises. L'obtention de l'acceptation par un grand nombre de parties prenantes d'une solution fondée sur la nature peut être une tâche complexe qui requiert beaucoup de temps. Cette tâche s'avérera payante aux stades ultérieurs du projet. En principe, cette acceptation devrait également être obtenue pour les projets d'ingénierie conventionnels.

Principe 2 : Évaluation des risques et des avantages de toute la gamme de solutions

Une évaluation approfondie des risques et des avantages de toute la gamme des mesures possibles devrait être réalisée, qui couvrirait les avantages de la réduction des risques ainsi que les effets sociaux et environnementaux.

Les projets de gestion des risques d'inondation commencent généralement par l'identification des trois éléments du risque : l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité^{8,9}. L'évaluation des risques poursuit deux objectifs. Premièrement, elle permet d'avoir une compréhension de base des enjeux. Elle permet au décideur de définir un objectif de réduction des risques qui aboutit à un niveau acceptable de risque

résiduel. Deuxièmement, elle constitue une base importante d'analyse de l'efficacité des différentes mesures pouvant être prises pour réduire les risques.

Les évaluations des risques ne sont pas toujours menées dans des projets axés sur la nature, malgré leur importance pour la mise en œuvre satisfaisante d'une mesure de réduction des risques d'inondation. L'absence d'une évaluation des risques appropriée peut entraîner un défaut de compréhension des capacités du projet à réduire les risques. De plus, le large éventail de mesures pouvant être prises pour réduire les risques d'inondation n'est pas toujours pris en compte, ce qui peut conduire à une mise en œuvre de solutions sous-optimales dans des zones cruciales ou à des stratégies de gestion des risques mal adaptées qui peuvent avoir des impacts négatifs à long terme sur les risques, les écosystèmes ou d'autres intérêts des communautés.

Certes, les méthodes traditionnelles d'évaluation des risques peuvent être appliquées à des solutions fondées sur la nature, mais elles n'intègrent pas l'ensemble des avantages générés par les projets basés sur la nature. Pour apprécier pleinement le potentiel des mesures faisant appel à la nature, les évaluations des risques devraient être élargies en y intégrant une évaluation permettant de quantifier les avantages écosystémiques et socioéconomiques. Ces avantages supplémentaires doivent également constituer un élément standard des analyses coûts-avantages. Cette disposition permettra une comparaison plus globale avec les approches d'ingénierie traditionnelles, qui intègre la durabilité d'un projet. Enfin, les évaluations des risques devraient incorporer des projections des évolutions futures du risque résultant des changements climatiques, socioéconomiques et

8. GIEC, 2014. Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
9. UNISDR (2015). Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, 2015-2030 Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe Genève, Suisse.



institutionnels. Les évaluations devraient tenir compte du caractère dynamique des fonctions de réduction des risques des écosystèmes naturels, y compris l'évolution des services écosystémiques au fil du temps.

Principe 3 : Évaluation de performance normalisée

Les solutions de gestion des risques d'inondation fondées sur la nature doivent être conçues, mises à l'essai et évaluées en ayant recours à des critères quantitatifs.

Il existe des normes et des directives internationales pour les structures de gestion des inondations, telles que l'*International Levee Handbook*¹⁰ et le *Coastal Engineering Manual*¹¹. Ces normes et directives sont adoptées pour la conception, la mise à l'essai et la construction. Elles fournissent des orientations non seulement pour la mise en œuvre, mais aussi pour l'évaluation de l'efficacité de ces mesures. Il n'existe pas encore de normes similaires pour les ouvrages basés sur la nature. Par conséquent, l'adoption de solutions fondées sur la nature serait facilitée par un processus ouvert et transparent de détermination des normes de performance. Cela permettra de quantifier, suivant une procédure normalisée, leur efficacité dans la réduction des aléas ou l'exposition à ces derniers. Un processus transparent garantit la prise en compte des incertitudes dans la conception. En outre, ces normes permettront une comparaison avec les interventions d'ingénierie classiques.

Il existe actuellement de nombreux documents où les concepteurs peuvent puiser des informations. Par exemple, pour l'atténuation des vagues par la végétation, il existe de nombreux articles revus par des pairs qui consignent les dernières avancées en matière de modèles numériques^{12,13}. Ces derniers peuvent être utilisés pour des conceptions intégrées tant que des estimations prudentes des paramètres de végétation sont retenues afin d'éviter de surestimer l'efficacité de ces mesures. Pour autant, il existe plusieurs déficits de connaissances au sujet de la performance des interventions basées sur la nature pour la gestion des risques d'inondation. Ces déficits sont principalement liés à la mise en œuvre de ces mesures dans des conditions de tempêtes extrêmes ou de tsunamis. Bien que des modèles numériques soient utilisés pour étudier la performance des écosystèmes végétaux dans des conditions de tempête, les données de validation provenant des expériences ou du terrain quant à elles font souvent défaut.

Il existe également des déficits de connaissances concernant la durabilité de ces écosystèmes sur des horizons temporels plus longs et lorsqu'ils sont soumis à de multiples phénomènes. Un développement systématique des connaissances pour combler ces lacunes est nécessaire afin de promouvoir l'adoption des solutions fondées sur la nature. L'élaboration et l'application de protocoles d'ingénierie quantifiables pour

les écosystèmes nécessiteront une collaboration étroite entre d'une part les écologistes ou les spécialistes ayant une bonne compréhension des systèmes naturels et les ingénieurs d'autre part. Cette collaboration nous aidera

Pour apprécier pleinement le potentiel des mesures faisant appel à la nature, les évaluations des risques devraient être élargies en y intégrant une évaluation permettant de quantifier les avantages écosystémiques et socioéconomiques.

à mieux comprendre le rôle que les écosystèmes peuvent jouer dans la réduction des risques. En fin de compte, elle permet une comparaison impartiale de l'efficacité, des coûts et des avantages des différents types de solutions.

Principe 4 : Intégration avec la conservation et la restauration des écosystèmes

Les solutions de gestion des risques d'inondation fondées sur la nature devraient avoir recours aux écosystèmes existants et aux espèces indigènes, et se conformer aux principes de base de la restauration et de la conservation écologiques.

La restauration, la conservation et la gestion des écosystèmes sont des éléments cruciaux de la mise en œuvre des solutions fondées sur la nature pour la gestion des risques d'inondation. La conservation et la restauration écologiques, ainsi que la morphologie (l'étude des processus naturels, dont l'hydrodynamisme et le transport des sédiments) sont des disciplines scientifiques où il existe une pléthore de théories et de pratiques qui favoriseront la mise en œuvre adéquate des solutions fondées sur la nature. Par exemple, on sait que les écosystèmes plus diversifiés sont aussi plus productifs et plus résilients aux

10. CIRIA (2013), *The International Levee Handbook*. CIRIA, Londres, Royaume-Uni, 1 332 p.

11. U.S. Army Corps of Engineers (2002). *Coastal Engineering Manual (CEM)*, Engineer Manual 1110-2-1100. Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis, Washington. (6 volumes).

12. Van Wesenbeeck, B. K., de Boer, W., Narayan, S., van der Star, W. R. et de Vries, M. B. (2016). Coastal and riverine ecosystems as adaptive flood defenses under a changing climate. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1-8.

13. Vuik, V., Jonkman, S. N., Borsje, B. W. et Suzuki, T. (2016). Nature-based flood protection: the efficiency of vegetated foreshores for reducing wave loads on coastal dikes. *Coastal engineering*, 116, 42-56.



Dans les installations expérimentales comme Delta Flume, les performances de la végétation sont testées dans des conditions extrêmes

perturbations¹⁴. En outre, il existe de nombreuses preuves que la restauration par plantation d'une seule espèce cultivée ou d'espèces exotiques a des effets néfastes et que, par conséquent, on gagnerait à restaurer en mettant l'accent sur la reconstitution des conditions abiotiques appropriées¹⁵. Ces connaissances ne sont cependant pas toujours prises en compte dans les projets de réduction des risques d'inondation sur le terrain. Les initiatives de plantation de mangroves à grande échelle, par exemple,

pour déterminer l'écosystème cible et la faisabilité de sa restauration. Parfois, les conditions sont modifiées à tel point que le retour à l'état original n'est pas réaliste. Cette situation peut justifier une restauration donnant lieu à un autre type d'écosystème et à l'ajustement des objectifs de la restauration. De plus, les effets du changement climatique sur les écosystèmes peuvent entraîner des transitions entre les écosystèmes. Il est important de comprendre la valeur de réduction des risques de l'écosystème actuel et la façon dont ce profil de risque évolue au fur et à mesure que l'écosystème change.

Les évaluations des systèmes aident à identifier les possibilités et les contraintes que présentent une conservation et une restauration efficaces des écosystèmes.

utilisent souvent des espèces inadaptées dans des zones inadaptées et, par conséquent, sont inutilement vouées à l'échec. De plus, des initiatives de restauration et de plantation mal planifiées peuvent avoir des effets imprévus sur d'autres écosystèmes précieux tels que les estrans et les herbiers marins. En ce qui concerne les évaluations des risques, les méthodes de restauration devraient commencer par une évaluation des systèmes pour déterminer les types d'écosystèmes et les processus abiotiques préexistants. Les évaluations des systèmes aident à identifier les possibilités et les contraintes que présentent une conservation et une restauration efficaces des écosystèmes. Les conditions présentes et futures devraient être prises en compte

Mettre à profit les connaissances existantes sur la restauration et la gestion des écosystèmes permettra non seulement de réduire le risque d'échec de la mise en œuvre des projets, mais aussi d'éviter les effets secondaires indésirables tels que le remplacement ou la destruction d'autres écosystèmes précieux. À titre d'exemple, les mangroves sont souvent considérées comme cruciales pour la réduction des vagues créées par les tempêtes côtières. Toutefois, les habitats de mangrove antérieurs (la partie élevée de l'estran) sont souvent déjà utilisés pour l'aquaculture, l'agriculture ou l'habitation. En conséquence, la restauration de la mangrove est souvent effectuée dans la partie basse de l'estran. La restauration dans cette zone peut avoir un impact négatif sur les coquillages, les oiseaux, les herbes marines et les dugongs. Des arbitrages de ce type doivent être anticipés afin que les populations locales aient conscience des résultats de la réduction des risques, y compris l'incidence de ces interventions sur la sécurité alimentaire et les écosystèmes. Des directives pour la restauration des écosystèmes sont accessibles sur les pages wiki d'Ecoshape¹⁶. On y trouvera également un bon manuel sur la restauration éclairée des mangroves¹⁷.



Principe 5 : Gestion adaptative

Les solutions gestion des risques d'inondation fondées sur la nature appellent une approche adaptative qui s'appuie sur un suivi à long terme. Ce suivi garantit la durabilité de leurs performances.

À mesure que les solutions fondées sur la nature évoluent avec le temps, elles requièrent une gestion et un suivi continus de leur efficacité. La gestion de ces solutions devrait fortement s'appuyer sur la connaissance de la gestion des écosystèmes, ce qui suppose de bien comprendre la dynamique des écosystèmes. Un exemple de stratégie de gestion adaptative est l'approvisionnement en sédiments supplémentaires, telle qu'elle est parfois pratiquée dans les systèmes de plage et de dunes. Un autre exemple est l'exclusion des brouteurs ou des prédateurs si ceux-ci limitent le rétablissement de l'écosystème. Le dynamisme des écosystèmes combiné aux tendances à long terme nécessite une gestion adaptative de toute stratégie basée sur l'écosystème. L'application de solutions fondées sur la nature devrait donc s'accompagner d'un plan de gestion adaptatif.

La gestion adaptative est une approche systématique qui apporte plus de souplesse dans la prise de décision¹⁸. Il s'agit d'un processus itératif dans lequel les actions de gestion sont suivies d'un suivi et d'une évaluation ciblés. La prise de décision et la gestion peuvent être affinées au fur et à mesure que les résultats des mesures de gestion actuelles et futures sont mieux compris. Le cycle de la gestion adaptative s'articule autour d'un résultat ou d'un objectif prévisionnel. Il comprend la mise en œuvre, le suivi, l'évaluation des données, la prise de décision et l'ajustement des mesures de gestion possibles. Ce cycle devrait être répété à intervalles réguliers pendant la durée de vie de la mesure. Les activités de gestion adaptative devraient être définies dans un plan spécifique, et le financement devrait être mis à disposition au fil du temps. De telles activités incluent plusieurs scénarios de gestion si la mesure ne fonctionne pas comme prévu. L'évaluation du potentiel de réduction des risques d'inondation peut inclure une modélisation et un travail de suivi, tandis que le système devrait répondre aux critères de réduction des risques chaque fois qu'un phénomène se produit. Le cycle de gestion adaptative assure une gestion cohérente après la mise en œuvre du projet, mais il constitue aussi une base pour tirer les enseignements de l'expérience pour la réalisation des projets futurs. De même, dans le cadre de ce cycle les mesures et les méthodes de gestion efficaces devraient être consignées. La flexibilité des exigences des bailleurs de fonds permet une gestion adaptative des solutions fondées sur la nature pour gérer les risques d'inondation.



1. **Planifier** : Définir les buts et objectifs souhaités en évaluant d'autres actions possibles et retenir la stratégie privilégiée en tenant compte des sources d'incertitude.
2. **Concevoir** : Identifier ou concevoir une action de gestion flexible pour résoudre le problème.
3. **Mettre en œuvre** : Mettre en œuvre l'action retenue suivant sa conception.
4. **Suivre** : Suivre les résultats ou les réalisations de l'action de gestion.
5. **Évaluer** : Évaluer la réponse du système par rapport aux buts et objectifs précis. Et
6. **Adapter** : Adapter (redimensionner dans un sens ou dans l'autre) l'action, si nécessaire, pour atteindre les buts et objectifs fixés.

Processus de gestion adaptative (CEDA, 2015)

14. Van Wesenbeeck, B.K., Griffin, J.N., van Koningsveld, M., Gedan, K.B., McCoy, M.W. et Silliman, B.R. (2017). Nature-Based Coastal Defenses: Can Biodiversity Help? Reference Module of Life Sciences 2017.
15. Lewis Iii, R. R. (2005). Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering* 24:403-418.
16. <https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN1/EDD+-+Building+with+Nature+Building+Blocks>
17. Lewis, R.R. et Brown, B. (2014). Ecological Mangrove Rehabilitation. A field manual for practitioners. <http://www.mangroverestoration.com/pdfs/Final%20PDF%20-%20Whole%20EMR%20Manual.pdf>
18. CEDA (2015). Integrating Adaptive Environmental Management into Dredging Projects. http://www.dredging.org/media/ceda/org/documents/resources/cedaonline/2015-01-ceda_positionpaper-integrating_adaptive_environmental_management_into_dredging_projects.pdf

2 LES RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN ŒUVRE

Les cinq principes ont établi quelques « règles » d'ordre général applicables à des solutions fondées sur la nature qui se veulent durables et efficaces pour gérer les risques d'inondation. La présente section résume les étapes à suivre pour planifier, évaluer, concevoir, mettre en œuvre, suivre, gérer et évaluer lesdites solutions. Elle s'aligne sur le cycle général d'un projet de gestion des risques d'inondation et s'applique donc également aux mesures dites « grises ». Toutefois, elle fournit plus d'informations et de détails sur des aspects spécifiques qui nécessitent une plus grande attention lors de la mise en œuvre des solutions fondées sur la nature. Ces recommandations s'inspirent et vont au-delà des orientations élaborées par d'autres organismes, notamment la NOAA, l'USACE et Ecoshape. Ce document s'efforce de couvrir l'ensemble du cycle de projet, de la préparation jusqu'au suivi-évaluation.

ÉTAPE 1
Définir le problème, la portée du projet et les objectifs

Échelle du système naturel adapté à la résolution du problème

- Besoins des parties prenantes
- Cartes de la zone considérée
- Objectifs du projet

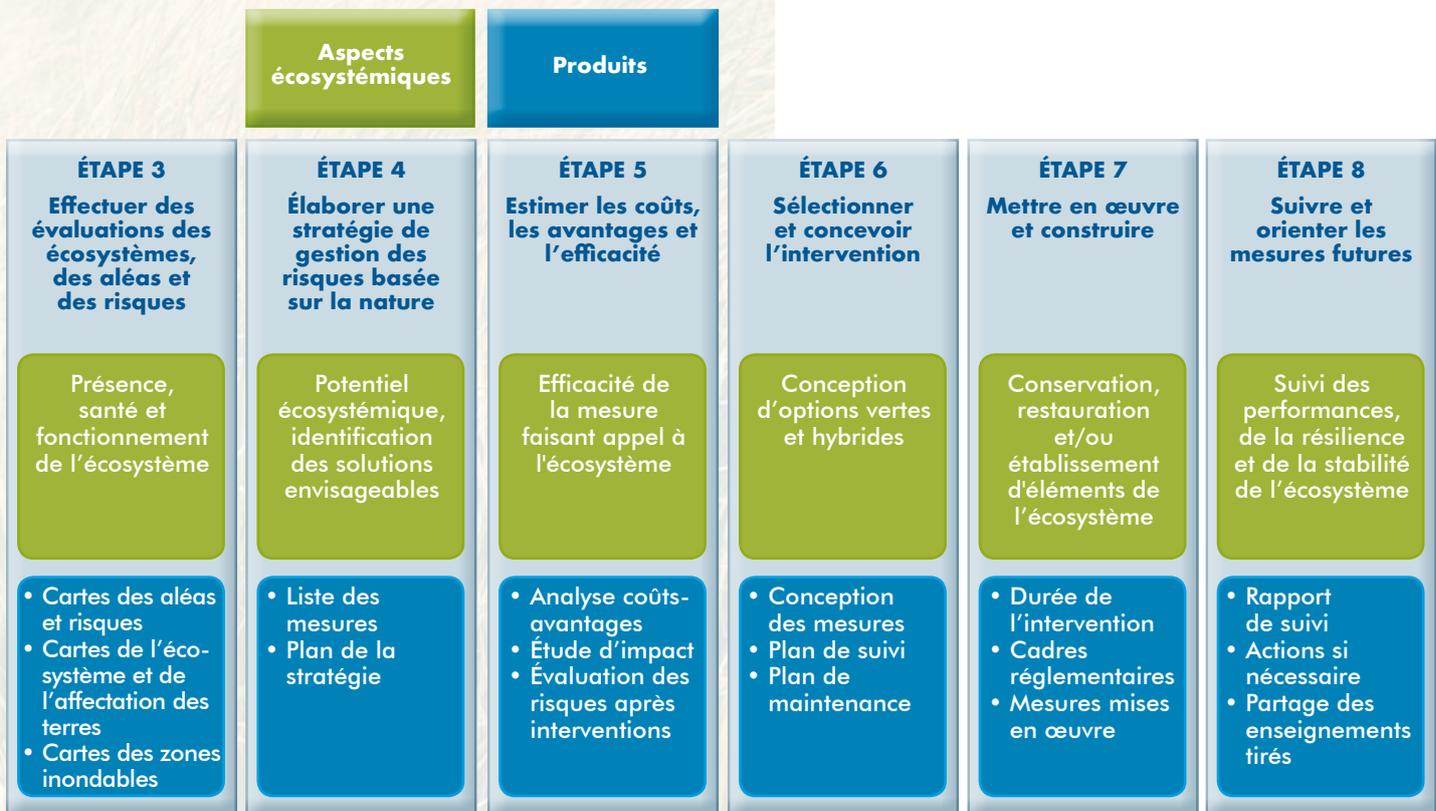
ÉTAPE 2
Élaborer une stratégie de financement

Investissement local dans les interventions, financement vert

- Budget estimatif
- Vue d'ensemble des ressources



Les projets qui visent à mettre en œuvre des solutions fondées sur la nature doivent tenir compte des processus biophysiques et socioéconomiques à différentes échelles spatiales et temporelles. Il faut pour cela faire appel à des experts de différentes disciplines telles que l'hydrologie, l'ingénierie, l'écologie, l'économie et les sciences sociales. Comme pour les autres projets de gestion des risques, la conception et la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature devraient constituer un travail participatif qui associe pleinement toutes les parties concernées. Cela est particulièrement important dans la mesure où les solutions fondées sur la nature offrent la possibilité de gérer les risques d'inondation en conjuguant les objectifs de conservation, de développement et de réduction de la pauvreté. De nouvelles synergies et axes de collaboration peuvent ainsi être créés entre les gouvernements, les populations locales et les ONG, mais aussi avec des parties prenantes concernées du secteur privé.





Étape 1 : Définir le problème, la portée du projet et les objectifs

Identifier, de manière générale, le risque d'inondation, les parties prenantes concernées et les bénéficiaires. L'ampleur du problème doit être déterminée dans un contexte plus large et former la base d'analyses plus approfondies qui seront effectuées dans les étapes ultérieures. Les objectifs du projet englobant l'atténuation requise des risques d'inondation et les avantages supplémentaires doivent être définis.

1. Déterminer la zone d'étude, le problème, les principales parties prenantes et les bénéficiaires

Identifier la zone directement concernée et les principaux aléa(s) et risque(s) d'inondation auxquels le projet compte s'attaquer. Les parties prenantes et les bénéficiaires potentiels se trouvant à l'intérieur et à l'extérieur de la zone d'intervention doivent être identifiés. Des réunions devraient être organisées avec ces parties prenantes afin de comprendre leurs besoins. Les compromis entre les parties prenantes doivent être reconnus.

2. Définir la portée du projet et fixer les limites

Définir la portée du problème dans le contexte physique, social et environnemental plus large. Déterminer les limites de la zone d'intervention physique du projet qui conviennent pour régler le problème (tel qu'énoncé dans le principe 1, par exemple, bassin versant, paysage allant de la montagne à la mer, estuaire, etc.). Les contraintes institutionnelles et juridiques et les opportunités doivent également être identifiées.

3. Fixer les objectifs du projet en tenant compte de la gamme complète des avantages visés

Définir les objectifs quantitatifs du projet et la raison principale des initiatives prises. Toute contrainte d'ordre général qui pèse sur les options du projet doit être identifiée. Les obstacles potentiels peuvent inclure des contraintes juridiques, des problèmes de levée de fonds ou une répartition inégale des avantages¹⁹. On peut avoir recours à des entretiens avec les parties prenantes pour identifier toute la panoplie des avantages souhaités qui devraient être pris en compte. Les avantages potentiels sont la réduction des risques d'inondation et la maîtrise de l'érosion, mais ils peuvent également inclure d'autres services tels que l'amélioration de la qualité des écosystèmes, l'impact positif sur les moyens de subsistance des populations locales et les possibilités de loisirs.

Produits

1. Consignation des besoins des parties prenantes
2. Cartes de la zone concernée présentant les risques principaux et leurs causes profondes
3. Objectifs de projet mesurables

19. Deltares (2015). A framework for sandy strategy development. 55 p. <http://www.dezandmotor.nl/uploads/2016/09/sand-motor-businesscase-def.pdf>

Étape 1 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

Le consortium Ecoshape est composé de sociétés d'ingénierie, d'entrepreneurs, d'instituts de recherche et d'ONG. Il met en œuvre un projet de grande envergure portant sur la restauration des côtes de mangroves sujettes à l'érosion à Java central en Indonésie. Ce projet est mené conjointement avec le ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation et le ministère des Travaux publics et du Logement. Il prévoit une combinaison unique de connaissances en ingénierie et en gestion de l'eau et d'une approche communautaire intensive. Il a pour objectif de stopper l'érosion côtière par la construction de barrages en bambou perméables qui atténuent l'énergie des vagues et augmentent l'élévation des sols en piégeant les sédiments. Ces mesures créent les conditions propices à la reconstitution des mangroves. Le projet continue à œuvrer à la réhabilitation d'étangs d'aquaculture, et à la création d'autres sources de revenus. Dans le plan de conception et d'ingénierie, des objectifs clairs sont définis pour différentes bandes côtières. Un nouveau processus de conception et de mise en œuvre commence chaque année. Il est basé sur la consultation des populations locales et sur le suivi des résultats des années précédentes. L'engagement des populations locales et des organisations gouvernementales aux niveaux national et local a été recherché et obtenu avant le lancement du projet.

En savoir plus : Tonneijck et coll. « Building with Nature Indonesia: Securing Eroding Delta Coastlines. Design and Engineering Plan ». (2015): https://www.ecoshape.org/uploads/sites/2/2016/07/Ecoshape-2015-Result-1-5-Design-Engineering-Plan-v7-0-LAYOUT-Nature-style_2.pdf. Pour de plus amples informations sur le projet « Building with Nature » en Indonésie : www.indonesia.buildingwithnature.nl



Construction de barrages perméables

Informations supplémentaires :

On trouvera sur le site web d'Écoshape des orientations spécifiques sur la façon de mener une analyse des parties prenantes, à l'adresse : <https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN1/Tool+-+Stakeholder+analysis>

De plus amples informations sur la participation des populations locales en ayant recours à une approche de stage pratique peuvent être trouvées sur le site de Blue Forests (<http://blue-forests.org/>). Basée en Indonésie, Blue Forests est une ONG locale qui s'emploie à donner aux populations locales les moyens de réhabiliter et maintenir l'utilisation durable des ressources des écosystèmes côtiers. Blue Forests propose une éducation environnementale, la réhabilitation écologique des mangroves, des stages pratiques en zones côtières et des écoles de commerce côtier.

Étape 2 : Élaborer une stratégie de financement

Évaluer les options de financement des mesures envisagées et obtenir des possibilités de financements verts, si possible.

1. Identifier les sources de financement

Identifier les sources de financement disponibles pour mettre en œuvre les solutions fondées sur la nature. Étudier la disponibilité des financements publics nationaux et locaux et les capacités de mise en œuvre connexes. Chercher à déterminer le lien entre sources de financement internationales, y compris les institutions financières internationales (IFI), et les cadres nationaux liés aux solutions environnementales. Envisager de mobiliser des financements verts ou liés au climat, tels que ceux provenant du Fonds vert pour le climat et du Fonds pour l'environnement mondial. Reconnaître que le financement suit la création de valeur et que les flux d'avantages (types et bénéficiaires) sont généralement le moteur des sources de financements disponibles. Cependant, la création de valeur ajoutée ou de sources de revenus supplémentaires peut potentiellement servir à inciter le secteur privé à investir dans des solutions fondées sur la nature. Tenir compte de la disponibilité de cofinancements provenant de parties prenantes locales, qui peuvent contribuer à soutenir l'engagement local en faveur du succès des mesures. Envisager des financements autres

que les subventions, tel que les taxes environnementales ou les paiements pour services écosystémiques. Ces types de financement peuvent influencer le comportement, stimuler une adaptation autonome et, par la suite, avoir une incidence sur la rentabilité économique et financière du projet.

2. Évaluer le calendrier, le risque et la faisabilité du projet à la lumière du financement

Évaluer les exigences des sources de financement concernant la mise en œuvre du projet, y compris les mesures de sauvegarde environnementales et sociales. Reconnaître que les solutions fondées sur la nature peuvent différer des solutions conventionnelles du point de vue du décaissement, de performance et du calendrier axé sur les risques. Cela s'applique à la mise en œuvre ainsi qu'aux phases de suivi et d'évaluation. Considérer la faisabilité et l'adaptabilité institutionnelles, compte tenu des (importants) investissements en capital nécessaires pour assurer le succès des solutions fondées sur la nature.

3. Contrôler les incitations (défavorables)

Ne pas perdre de vue que les sources de financement traditionnelles peuvent encourager les solutions conventionnelles plutôt que les mesures hybrides ou écologiques. Cela tient à une meilleure connaissance des



structures des projets, à des délais éventuellement plus courts ou à des montants de décaissement plus importants. Garder également à l'esprit que les sources de financement des infrastructures traditionnelles et des solutions fondées sur la nature peuvent passer par des programmes ou institutions différents. Par exemple, les solutions liées à l'infrastructure grise passent généralement par le ministère en charge des infrastructures, tandis que les solutions

fondées sur la nature peuvent être commandées par le ministère en charge de l'environnement ou des pêches. Rencontrer toutes les parties prenantes éventuelles. Ensuite, réfléchir à la manière dont les aspects sociaux et environnementaux peuvent bénéficier aux uns et aux autres. Les résultats de la cartographie de la vulnérabilité et des opportunités peuvent mettre en avant des avantages différents pour de multiples parties prenantes et, par

Étape 2 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

En 2000, The Nature Conservancy, en collaboration avec l'Agence des États-Unis pour le développement international, a créé un fonds pour l'eau. Ce fonds affecte des fonds obtenus des utilisateurs de l'eau à l'amélioration de la protection de la réserve de biosphère d'El Condor en Équateur. En 2004, ce fonds a géré 2,1 millions de dollars EU financés par l'Office municipal de l'eau et des eaux usées de Quito, la Compagnie d'électricité de Quito et la société Andina Beer. Le projet fait état de succès sur les fronts social et écologique. Les quelque 5 millions de dollars EU récoltés pour la conservation ont servi à planter 3,5 millions d'arbres, à embaucher neuf nouveaux gardes de parcs qui représentent de nouveaux emplois et le renforcement de l'application de la loi, à renforcer les capacités locales de surveillance et de résolution des conflits, à financer la modélisation et la surveillance hydrologiques, et à assurer l'éducation des enfants en matière d'environnement. On doit l'appui financier à la conservation à l'appréciation du rôle que des forêts en bonne santé jouent dans la fourniture de l'eau potable et la régulation de sa disponibilité. L'une des clés du succès de ce projet aura peut-être été la longue série de données de surveillance des débits et de la sédimentation recueillies lors des opérations hydroélectriques. Ces données ont lancé un signal clair de la dégradation du service écosystémique avant qu'une catastrophe ne se produise.



Réserve de biosphère d'El Condor

En savoir plus : Tallis, Heather et coll. « An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105.28 (2008): 9457-9464. URL : http://www.edc.uri.edu/temp/ci/ciip/FallClass/Docs_2008/Tallis%20et%20al.%202008.pdf. Pour de plus amples informations sur le Fonds pour l'eau de Quito : <http://www.fondosdeagua.org/en/quito-water-conservation-fund-fonag-quito-ecuador-2000>

Informations supplémentaires :

L'Alliance mondiale contre le changement climatique+ (GCCA+) offre un référentiel consultable de 47 sources documentaires sur le soutien technique et financier dans les régions d'Afrique, d'Asie, des Caraïbes et du Pacifique dans les domaines prioritaires du GCCA+ : <http://www.gcca.eu/technical-and-financial-support>

Le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) fournit des orientations sur les systèmes de paiement pour services écosystémiques : https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/28252nomarks_0.pdf



conséquent, de multiples incitations en jeu. Une analyse coûts-avantages pourrait être utilisée pour venir à bout de ces incitations. Examiner la façon dont la complexité du projet correspond aux coûts de transaction et au montant souhaité des sources de financement du projet. Il convient également de chercher à déterminer si la mise en œuvre de ce projet peut être conjuguée à d'autres interventions et programmes de développement afin d'obtenir un « projet d'envergure considérable » pouvant faire partie du portefeuille de projets en préparation d'une IFI.

Produits

1. Premier budget prévisionnel du projet
2. Vue d'ensemble des ressources disponibles et éventuelles

Étape 3 : Effectuer des évaluations des écosystèmes, des aléas et des risques

Mener une évaluation du type et de l'intensité du risque d'inondation, couvrant notamment les effets sur la population, les biens et les infrastructures, en accordant une attention particulière au rôle de l'écosystème.

1. Entreprendre une évaluation intégrée des systèmes de la zone d'intervention

Décrire le domaine direct concerné (en s'appuyant sur l'étape 1) et évaluer les systèmes socioéconomiques environnementaux et institutionnels plus larges. Cela devrait inclure une évaluation des systèmes biophysiques, de l'écosystème et des services fournis par les écosystèmes. Décrire de manière plus détaillée le principal type de risque d'inondation qui touche la zone d'étude et sa source (processus entamé à l'étape 1). Les inondations fluviales, côtières et pluviales peuvent être causées par divers facteurs, tels que des précipitations locales extrêmes, un débit fluvial élevé ou des ondes de tempête côtières. Définir globalement les différents types d'écosystèmes dans la zone et leur potentiel de réduction des risques. Noter que, du point de vue de la gestion des écosystèmes, la zone concernée peut être beaucoup plus vaste que la zone directement exposée au risque d'inondation (voir le Principe 1).

2. Recueillir les données

Recueillir des données qui peuvent être utilisées pour évaluer les risques. Il s'agit notamment des données sur les aléas (par ex., précipitations, débit fluvial, niveau de la mer et altitude), l'exposition (par ex., densité et répartition de la population, emplacement des infrastructures) et la vulnérabilité (par ex., typologie des constructions, pauvreté). Pour évaluer les dimensions politiques du système, recueillir des informations sur la gouvernance des ressources pertinentes. Cette orientation s'applique spécifiquement au cadre stratégique, juridique et réglementaire (stratégies nationales ou régionales, lois, plans de développement municipaux), aux instituts

concernés et aux parties prenantes. Les parties prenantes englobent les personnes, groupes et entités touchés par des inondations actuelles et futures ainsi que ceux qui bénéficient ou pâtissent des mesures de réduction des risques envisagées. Ces types de données peuvent être difficiles à collecter, car elles sont généralement disponibles dans un large éventail d'endroits, par exemple dans des organisations gouvernementales. Dans les régions où les données sont rares, l'évaluation des risques doit souvent s'appuyer sur la télédétection ou d'autres produits de données disponibles dans le monde entier. Si ces derniers ne sont pas disponibles ou suffisants pour effectuer une évaluation des risques, il faut redoubler d'efforts pour la collecte de données au niveau local.

3. Évaluer l'étendue, l'état et le fonctionnement actuels des écosystèmes

Procéder à des analyses pour déterminer s'il existe des écosystèmes qui jouent actuellement un rôle dans la protection contre les inondations. Comprendre comment ces écosystèmes peuvent contribuer à réduire les risques d'inondation. La santé des écosystèmes devrait être mesurée par des indicateurs tels que la diversité et l'abondance des espèces, et la biomasse. Les variations et évolutions historiques de l'écosystème devraient être étudiées dans le but d'obtenir une première impression de la stabilité et de la résilience de l'écosystème, et de mieux comprendre ses services de régulation et d'approvisionnement. Dans le même temps, il faudrait anticiper les évolutions futures susceptibles d'influer sur ces conditions. Le rôle des écosystèmes dans la réduction des risques peut être déterminé en examinant leur contribution : à la réduction ou à la régulation des aléas (par ex., atténuation des vagues, réduction du courant) ; à la réduction de l'exposition des personnes et des biens aux aléas (par ex., en éloignant les populations des zones dangereuses) ; à la réduction de la vulnérabilité (par ex., en soutenant les moyens de subsistance et les économies, et en fournissant des services cruciaux). Déterminer sur le plan qualitatif les chances d'expansion du potentiel de réduction des risques des écosystèmes par des initiatives de conservation ou de restauration.

4. Modéliser le risque d'inondation actuel et futur

Mener une évaluation hydrologique et hydraulique probabiliste par la modélisation et cartographier les zones inondables en fonction de l'intensité et de l'emplacement potentiels de tous les types d'inondations pertinents. Cela devrait déboucher sur des cartes d'inondations potentielles pour une série de périodes de retour et d'horizons de planification appropriés.

5. Quantifier l'exposition aux inondations et les risques actuels et futurs

Combiner les cartes des aléas d'inondation et les informations sur l'exposition et la vulnérabilité pour produire des estimations de l'impact sur les plans humain et économique. Des scénarios futurs devraient être élaborés en utilisant des scénarios de changement climatique portant sur les risques d'inondation, les scénarios de



détérioration de toute infrastructure de gestion des inondations et des scénarios socioéconomiques basés sur l'évolution démographique prévue, l'utilisation des terres et l'urbanisation.

6. Identifier les opportunités et les obstacles à la mise en œuvre dans le contexte sociopolitique

Évaluer les contextes juridique, réglementaire, financier, socioéconomique et politique et leurs effets sur la faisabilité de la mise en œuvre de diverses interventions de réduction des risques. Étudier les possibilités de mise en application des règlements ou lois existants ou la possibilité d'en élaborer de nouveaux. Les politiques locales ou nationales peuvent avoir une incidence sur la hiérarchisation par les pouvoirs publics des priorités dans les interventions écologiques ou d'ingénierie. Évaluer la dépendance des

populations locales à l'égard de l'écosystème et la façon dont les interventions peuvent influencer sur cette dépendance.

Produits

1. Cartes indiquant les aléas, l'exposition et la vulnérabilité actuels et futurs
2. Cartes et analyses montrant l'utilisation des terres, la présence et la santé de l'écosystème, et l'importance de l'écosystème pour la réduction des risques liés aux catastrophes
3. Cartes (assorties des résultats de la modélisation) indiquant les zones inondables pour différentes périodes de retour
4. Évaluation des risques

Étape 3 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

La Commission européenne et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ont dirigé le projet Coastal Partners à Port Salut en Haïti. Des évaluations nationales et communautaires des situations de base ont été entreprises dans des environnements collinaires, côtiers et maritimes locaux. L'objectif était d'identifier les zones exposées ou vulnérables et de sélectionner les interventions de reboisement appropriées pour réduire les risques d'inondations, de tempêtes et d'érosion des sols. Des cartes de référence détaillées ont été élaborées grâce à des études de terrain marines et terrestres, à la télédétection et à la modélisation SIG. L'exposition dans les scénarios actuels et futurs de gestion des écosystèmes a été modélisée. Les entretiens, les discussions de groupes multipartites et la cartographie participative ont également contribué aux évaluations de base.

En savoir plus : PNUE (2016). *Coastal Partners: Applying ecosystem-based disaster risk reduction (Eco-DRR) through a ridge-to-reef approach in Port Salut, Haiti*. URL <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/14211>

Informations supplémentaires :

1. Directives de la NOAA intitulées « Guidance for Assessing the Costs and Benefits of Green Infrastructure » : <https://coast.noaa.gov/data/docs/digitalcoast/gi-cost-benefit.pdf>
2. Méthodologies pour l'évaluation des risques dynamiques : <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/Riskier%20Future.pdf>
3. Données sur les aléas climatiques en open source : www.thinkhazard.org
4. Outil d'analyse des inondations à l'échelle mondiale du WRI : <http://floods.wri.org>
5. Informations sur la recherche de données pour les évaluations des risques sur le site d'Open Data for Resilience Initiative (OpenDRI) : <https://opendri.org>
6. Projet de développement d'une méthodologie pour l'évaluation des risques et de la vulnérabilité (RiVAMP) : <http://www.unep.org/disastersandconflicts/news/rivamp-jamaica>



Parc de rivière en zone urbaine



Étape 4 : Élaborer une stratégie de gestion des risques basée sur la nature

Identifier les stratégies possibles pour réduire les risques d'inondation et procéder à une évaluation pour déterminer si les solutions fondées sur la nature sont une bonne formule de rechange ou un élément pertinent qui vient s'ajouter aux options conventionnelles. Dans la mesure du possible, privilégier les solutions fondées sur la nature en respectant la séquence suivante lors de l'évaluation des options d'intervention. L'option « Aucune intervention » est considérée comme un point de départ, puis s'ensuit l'examen des options de gestion, qui sont des mesures non structurelles telles que les systèmes d'alerte précoce ou l'aménagement du territoire. Chercher à déterminer ensuite si le recours aux seuls processus naturels permettra d'atteindre les niveaux de sécurité souhaités. Cette option suppose de travailler avec les écosystèmes et les

processus naturels actuels, et donc de gérer l'écosystème actuel. Ensuite, une intervention plus active et la création d'écosystèmes devient une autre option. Le recours à des processus naturels et l'application de solutions vertes représentent tous les deux des solutions de gestion des risques d'inondation faisant appel à la nature. Les solutions « vertes et grises » représentent des formules hybrides qui combinent des infrastructures traditionnelles telles que les digues et la restauration des écosystèmes ou d'autres solutions naturelles. Ce n'est que s'il n'y a pas d'autre option disponible que les solutions traditionnelles (grises) peuvent être retenues.



1. Tenir compte du contexte sociopolitique et des stratégies et plans existants

Consulter les plans et stratégies de développement nationaux et régionaux et s'y appuyer. Pour la sélection des cibles et des mesures, tenir compte du régime foncier et de la gouvernance globale des ressources dans la zone d'intervention. Recenser les possibilités et les obstacles à la mise en œuvre au cours de la durée prévue du projet. Certains projets peuvent bénéficier d'une gouvernance et d'un leadership impulsés par l'État pour assurer la durabilité de l'intervention, tandis que d'autres prospéreront sous la houlette de la société civile ou d'une coalition public-privé. Évaluer les capacités locales à mener et maintenir les interventions souhaitées, cette évaluation étant nécessaire pour sélectionner les mesures efficaces et réalistes à un stade ultérieur du processus.

2. Sélectionner un objectif de réduction des inondations

Déterminer le niveau de risque acceptable en tenant compte de l'interaction entre les parties prenantes de l'étape 1 et des investissements réalistes disponibles pour appuyer les mesures de réduction des risques. Définir clairement l'horizon temporel de la stratégie de gestion des risques. Les ouvrages d'ingénierie ont généralement une durée de vie de 50 ans. Par conséquent, un horizon temporel d'au moins 50 ans est souhaitable. Toutefois, l'horizon temporel peut dépendre du niveau d'incertitude future et du budget disponible. À titre d'exemple, avec un avenir très incertain, les avantages à court terme peuvent l'emporter sur la planification à long terme. Pour autant, il est toujours préférable d'opter pour des stratégies « sans regret ». Préciser les indicateurs liés à l'objectif de réduction des risques en fonction de l'évaluation des

risques, tels que les dégâts évités qu'auraient provoqués les inondations ou les personnes préservées qu'elles auraient affectées.

3. Identifier les options vertes ou hybrides présentant des résultats similaires ou une valeur ajoutée aux options conventionnelles

À la lumière de l'analyse de l'écosystème et de l'évaluation des risques d'inondation, identifier les solutions vertes ou hybrides possibles pour résoudre le problème spécifique des risques d'inondation. Considérer que des mesures hors ouvrages (telles que les systèmes d'alerte précoce et l'aménagement du territoire) et diverses combinaisons de mesures vertes, conventionnelles et non structurelles peuvent être nécessaires pour résoudre le problème spécifique des risques d'inondation. Prendre en compte la façon dont la conservation, l'expansion d'un écosystème existant ou la restauration d'un écosystème endommagé peuvent contribuer à réduire les risques d'inondation. Examiner les projets précédents et les solutions vertes possibles pour en tirer des enseignements et des estimations de coûts préliminaires. Évaluer les facteurs qui peuvent influencer sur la stabilité et la performance d'écosystèmes vitaux. Évaluer également comment ils peuvent être intégrés dans la gestion plus globale du système. Constituer un portefeuille de stratégies réalisables et de mesures d'accompagnement.

Il existe diverses sources d'information sur les solutions possibles de gestion des inondations fondées sur la nature et leurs avantages et inconvénients, notamment le guide du PNUE sur les infrastructures vertes (UNEP Green Infrastructure Guide)²⁰, le guide écologique du WWF pour



la gestion des inondations (WWF Flood Green Guide)²¹, le guide de The Nature Conservancy²² et la plateforme Panorama²³. Cependant, si des informations générales peuvent être disponibles sur l'efficacité et les coûts unitaires des solutions fondées sur la nature, la faisabilité de chaque option dépendra largement des circonstances locales.

4. Évaluer l'intégration des mesures ou de la mesure avec la conservation/restauration des écosystèmes existants

Analyser jusqu'où les mesures retenues peuvent être mises en œuvre en préservant et en restaurant les écosystèmes existants. Analyser par ailleurs dans quelle mesure la création d'un nouvel écosystème ou d'un nouvel ouvrage d'ingénierie est nécessaire et quelles méthodes peuvent être utilisées. L'évaluation des écosystèmes réalisée à l'étape 3 peut servir de base à la sélection de méthodes appropriées pour la conservation, la restauration et la gestion des écosystèmes. Les analyses des facteurs qui entravent ou menacent la santé et la résilience des écosystèmes peuvent être élargies ici pour orienter la sélection des mesures appropriées. Faire usage des connaissances existantes en matière d'écologie de la restauration. Utiliser les principes directeurs décrits ci-dessus pour appliquer des méthodes de restauration appropriées et ne pas avoir d'impact négatif sur les autres écosystèmes de la région. Entreprendre une évaluation exhaustive de l'impact que les nouvelles mesures peuvent avoir sur les écosystèmes existants. Analyser les règlements et les plans de développement contribuant à la préservation ou à la restauration des écosystèmes ; et tenir compte de la mesure dans laquelle ils sont appliqués.

5. Ajuster la stratégie de financement

Avec une estimation des coûts des stratégies de réduction des risques comprenant différents ensembles d'options, commencer à finaliser la stratégie de financement. Les critères à prendre en considération devraient inclure le montant de la subvention disponible, les procédures de demande et la mission du bailleur de fonds. Garder à l'esprit la durée des procédures de demande et d'autres exigences. Obtenir des (co)financements des parties prenantes, des gouvernements et du secteur privé pour promouvoir l'adhésion à l'intervention, si possible.

6. Discuter des objectifs et des stratégies possibles de réduction des risques avec les parties prenantes

Organiser des consultations interactives avec les parties prenantes pour présenter et examiner les domaines d'intervention potentiels ainsi que les stratégies d'intervention éventuelles. Discuter des objectifs de réduction des risques et du rôle (potentiel) des écosystèmes dans la réduction des risques, en se fondant sur les informations tirées des évaluations des risques et des écosystèmes. Chercher à comprendre les intérêts et les préférences des parties prenantes sans accroître les attentes. Revoir les priorités de la réduction des risques si nécessaire.

7. Présélectionner des interventions techniquement réalisables et socialement acceptées pour une analyse plus approfondie

Tenir des réunions avec les parties prenantes pour examiner les stratégies envisageables et le calendrier de réalisation. Pour procéder à une analyse plus approfondie, sélectionner des options qui sont techniquement réalisables, économiquement viables et souhaitables du point de vue de diverses parties prenantes. Intégrer toute la gamme des avantages générés par une intervention dans le processus de présélection ainsi que dans les priorités des parties prenantes.

Produits

1. Vue d'ensemble des mesures réalisables pour réduire le risque, leurs effets estimés et les étapes de mise en œuvre
2. Aperçu des différentes stratégies et du calendrier de leur mise en œuvre possible dans le temps en mettant l'accent sur les stratégies « sans regret » et moins onéreuses

20. UNEP (2014). *The Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based Management Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*. <http://www.unep.org/ecosystems/resources/publications/green-infrastructure-guide-water-management>

21. WWF (2017). *Natural & Nature-based Flood Management: A Green Guide*. <http://envirodm.org/flood-management>

22. Nature Conservancy (2014). *A Flood of Benefits. Using Green Infrastructure to Reduce Flood Risks*. <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/HabitatProtectionandRestoration/Documents/A%20Flood%20of%20Benefits%20-%20J.Opperman%20-%20May%202014.pdf>

23. <http://panorama.solutions/en>



Étape 4 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

Le projet du PNUE intitulé « Renforcement des capacités d'adaptation des écosystèmes côtiers dans les petits États insulaires en développement » est actuellement mis en œuvre à la Grenade et aux Seychelles. À la Grenade, des études d'impact de la vulnérabilité sociale et écologique ont été menées sur trois sites locaux (Lauriston Beach, Windward et Grand Anse Bay). Le processus de ces études était axé sur la modélisation et l'analyse des effets du changement climatique sur les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les ouragans et les tempêtes tropicales. L'accent a également été mis sur l'impact de l'élévation du niveau de la mer sur les populations côtières et les habitats côtiers/marins, ce qui a permis de mettre en évidence le problème de l'érosion des plages dans les trois zones. Des activités humaines telles que la construction de bâtiments sur les plages ont également été examinées. Diverses formules possibles d'adaptation côtière ont été proposées en fonction des vulnérabilités recensées. Il s'agissait, entre autres, de la restauration des récifs coralliens et des mangroves, de la gestion locale des zones marines, du rechargement des plages, des brise-lames et des revêtements en pierre.



Les récifs coralliens jouent un rôle important pour la protection contre les effets du changement climatique dans les petits États insulaires en développement.

En savoir plus : Day et coll. (2016). *Building Capacity for Coastal Ecosystem-based Adaptation in Small Island Developing States (SIDS). Assessing Climate Vulnerability in Grenada and Responding with Coastal Ecosystem-based Adaptation Action*. URL : <http://www.intasave.pecreative.co.uk/documents/Publications/Climate-Change-Science,-Policy-and-Practice/CARIBSAVE/BCCEbA-SIDS.pdf>

Informations supplémentaires :

1. Arbre de décision pour savoir si les solutions fondées sur la nature peuvent être efficaces pour votre projet : <http://www.naturalinfrastructureforbusiness.org/tools/#tree>
2. Aperçu des mesures écologiques possibles pour la gestion des risques d'inondation par The Nature Conservancy (2014) : <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/HabitatProtectionandRestoration/Documents/A%20Flood%20of%20Benefits%20-%20J.Opperman%20-%20May%202014.pdf>
3. Guide sur les infrastructures vertes pour la gestion des eaux (*Green Infrastructure Guide for Water Management*) publié par le PNUE, l'Institut hydraulique danois, l'UICN et The Nature Conservancy : <http://www.medspring.eu/sites/default/files/Green-infrastructure-Guide-UNEP.pdf>
4. Pour la planification et l'élaboration de stratégies, y compris celles intégrant les incertitudes à long terme : <https://www.deltares.nl/en/adaptive-pathways/>
5. Modèle d'outil du Natural Capital Project pour l'évaluation intégrée des services et arbitrages écosystémiques (InVEST) : <https://www.naturalcapitalproject.org/invest/>



Étape 5 : Estimer les coûts, les avantages et l'efficacité

Quantifier l'effet des mesures éventuelles sur les objectifs du projet, grâce notamment à une analyse coûts-avantages afin de comparer les coûts de construction et de maintenance de la mesure par rapport à la panoplie de retombées positives (connexes) qui en découleront. Cette analyse devrait également porter sur la performance des mesures en regard de l'objectif de réduction des risques tel que défini à l'étape 4. Les résultats peuvent être utilisés pour identifier la mesure la plus efficace d'un point de vue économique. En fonction des progrès accomplis dans l'élaboration du projet et du caractère évolutif de l'interaction entre les parties prenantes, laquelle est décrite à l'étape 6 ci-dessous, il peut être nécessaire de répéter ces analyses en relevant progressivement le niveau de détails.

1. Modéliser le risque d'inondation actuel et futur en prenant en considération l'application de solutions traditionnelles, hybrides et basées sur la nature

Intégrer les solutions hybrides et vertes réalisables identifiées à l'étape 4 dans le modèle de risque élaboré à l'étape 3. Évaluer l'aléa, l'exposition et les risques d'inondation dans la situation actuelle ainsi que dans les conditions climatiques et socioéconomiques projetées compte tenu des options en place. Des méthodes et modèles à utiliser pour réaliser une évaluation quantitative de l'efficacité des mesures vertes visant à réduire l'intensité des aléas sont régulièrement mises au point. S'enquérir de manière critique des méthodes et hypothèses utilisées pour cette évaluation. Utiliser judicieusement les modèles et, le cas échéant, adopter des paramètres conservateurs pour les modèles déterministes et une large distribution des paramètres dans les modèles probabilistes. Appliquer une analyse de sensibilité afin de mieux appréhender les points de basculement futurs pouvant survenir dans des conditions limites changeantes (par ex., les charges de sédiments, les niveaux d'affaissement, les apports d'eau douce) et qui sont pertinentes pour la durabilité des mesures basées sur la nature. Quantifier l'incertitude dans les résultats du modèle.

2. Quantifier les coûts et avantages de la réduction des risques

Calculer les coûts unitaires et globaux de l'investissement et de la maintenance pour chacune des solutions envisageables. Comparer les dommages du modèle sans interventions aux dommages avec solutions envisageables pour estimer les principaux avantages de la réduction du risque, c'est-à-dire la différence entre la situation avec et sans intervention, pour la période actuelle et le futur. Dans les calculs, tenir compte du temps qu'il faut pour que la solution termine la construction ou devienne effective, les solutions fondées sur la nature pouvant prendre des années pour réaliser leur plein potentiel en matière de réduction des risques.

3. Évaluer les impacts sociaux et environnementaux

Évaluer l'impact social et environnemental des mesures retenues et vérifier si des mesures correctives sont requises en vertu du droit national ou international ou de recommandations convenues. Par exemple, une intervention peut nécessiter la réinstallation involontaire de personnes ou avoir un impact sur l'écosystème existant. S'assurer que les coûts sont inclus pour tous les impacts qui doivent être atténués dans le cadre du projet. Le cas échéant, s'assurer que le projet proposé sera mis en œuvre dans le respect des lois et normes de sauvegarde des pays et organisations respectifs concernés.

4. Identifier les avantages supplémentaires associés à des mesures de réduction des risques

Déterminer l'ensemble des avantages des interventions et leur valeur ajoutée pour la société et l'environnement pour toutes les options envisagées. Les avantages socioéconomiques et environnementaux, financiers ou non, devraient être présentés pour une prise en compte dans le processus décisionnel. Déterminer comment divers flux d'avantages peuvent augmenter ou diminuer avec le temps. Quantifier et déterminer la valeur monétaire des avantages autant que possible à l'aide d'outils d'évaluation des écosystèmes. On en veut pour exemple les biens et services écosystémiques tels que l'augmentation des stocks de poissons ou de la valeur récréative. Quantifier l'incertitude dans l'estimation des avantages. Les avantages pour lesquels l'établissement de la valeur monétaire n'est ni souhaitable ni réalisable doivent trouver une représentation adéquate dans des descriptifs qualitatifs.

Outre la réduction des risques d'inondation, les solutions fondées sur la nature peuvent présenter une série d'avantages tels que la préservation de la biodiversité, la création d'emplois (par ex., dans l'agriculture et la pêche), les loisirs, le tourisme et la santé publique. Décrire ces divers avantages escomptés de façon aussi détaillée que possible, de préférence du point de vue économique. Les avantages dont la valeur monétaire ne peut être établie doivent être correctement décrits et pris en compte dans le processus de prise de décisions. Les effets négatifs potentiels doivent également être décrits et quantifiés.

5. Effectuer une analyse exhaustive coûts-avantages et efficacité

Effectuer une analyse quantitative exhaustive des coûts et avantages de chaque solution possible, en y incluant les avantages escomptés sur le plan de la réduction des risques, ainsi que toutes les autres retombées positives. Pour procéder à une comparaison équitable des coûts et avantages, les valeurs monétaires doivent être actualisées et converties en valeur actuelle nette. Les coûts sont payés durant les premières années d'un projet tandis que les avantages sont réalisés d'année en année sur plusieurs décennies. Décrire la répartition des coûts et chaque flux d'avantages.



Produits

1. Analyse coûts-avantages, y compris l'éventail complet de valeurs
2. Études d'impact social et environnemental
3. Évaluation des risques avec interventions

Étape 5 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projets types

1. Les rivières et le littoral de Lami Town en République des Îles Fidji sont sujets à des crues et montées subites des eaux. Cette ville a fait l'objet d'une analyse économique de solutions fondées sur la nature, hybrides et classiques. Une analyse complète des coûts d'installation, d'entretien, de main-d'œuvre et d'opportunité a été réalisée pour chacune des quatre options. Les coûts de l'inaction ont également été calculés. L'analyse économique a été réalisée à l'aide d'estimations des dommages évités et des avantages des services écosystémiques intégrés. Enfin, une analyse de sensibilité a été incluse en fonction du temps, du taux d'actualisation et du pourcentage approximatif d'évitement des dommages.

En savoir plus : Rao, Nalini S. *An Economic Analysis of Ecosystem-based Adaptation and Engineering Options for Climate Change Adaptation in Lami Town, Republic of the Fiji Islands: Technical Report*. 2013. http://ian.umces.edu/pdfs/ian_report_392.pdf



Rivière en zone rurale des Îles Fidji

2. En dépit de l'existence d'une digue qui constitue la première protection contre les inondations de la région, Koh Mueng (Thaïlande) les subit. Pour se faire une idée des infrastructures vertes et conventionnelles, une évaluation des mesures les plus efficaces d'atténuation des inondations a été effectuée grâce à des simulations hydrodynamiques et à l'évaluation de la viabilité économique au moyen de l'analyse coûts-avantages. Les solutions envisagées ont été analysées pour déterminer leur efficacité dans la réduction des risques d'inondation en se servant des évaluations des aléas d'inondation, de la vulnérabilité physique et économique et de la valeur des services écosystémiques. L'analyse coûts-avantages a permis d'évaluer les pertes directes et indirectes dues à la vulnérabilité physique et économique du parc immobilier, des infrastructures, des objets culturels et de l'industrie du tourisme.

En savoir plus : Vojinovic, Zoran, et coll. « Combining Ecosystem Services with Cost-Benefit Analysis for Selection of Green and Grey Infrastructure for Flood Protection in a Cultural Setting ». *Environments* 4.1 (2016). <http://www.mdpi.com/2076-3298/4/1/3>

Informations supplémentaires :

1. L'ouvrage de la NOAA intitulé « Guidance for Assessing the Costs and Benefits of Green Infrastructure » présente les méthodologies permettant d'évaluer l'efficacité des solutions vertes : <https://coast.noaa.gov/data/docs/digitalcoast/gi-cost-benefit.pdf>
2. Le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) a produit un rapport sur l'analyse de la rentabilité des infrastructures naturelles : http://www.naturalinfrastructureforbusiness.org/wp-content/uploads/2016/02/WBCSD_BusinessCase_jan2016.pdf
3. ProjectSelect, également produit par le WBCSD, est un outil gratuit d'analyse coûts-avantages qui permet aux utilisateurs d'évaluer les coûts et bénéfices financiers à long terme des solutions naturelles et classiques, et de prendre en compte les retombées positives non financières : <http://www.naturalinfrastructureforbusiness.org/projectselect-tm/>
4. L'Économie des écosystèmes et de la biodiversité (TEEB) est une initiative mondiale dont l'objectif principal est d'intégrer les valeurs de la biodiversité et des services écosystémiques dans la prise de décision : <http://www.teebweb.org/>

Étape 6 : Sélectionner et concevoir l'intervention

Sélectionner l'option la plus efficace et la plus appropriée, en fonction de la définition du problème, des analyses coûts-avantages, et de la capacité et des besoins locaux. Élaborer un plan de conception et de mise en œuvre détaillé.

1. Sélectionner une/des mesure(s) efficace(s) et réalisable(s) en collaboration avec les parties prenantes

Discuter des analyses coûts-avantages et d'efficacité avec les parties prenantes dans le cadre d'une/de séance(s) interactive(s). Identifier les parties prenantes devant être impliquées pour garantir l'engagement à long terme vis-à-vis des plans et stratégies.

2. Concevoir un système de suivi robuste, à commencer par un suivi de la situation de référence

Pour assurer la réussite du projet, effectuer des activités de suivi de la situation de référence et définir, à un stade précoce, comment le projet sera suivi et évalué. Il existe plusieurs types de systèmes d'évaluation, et on ne sait pas encore avec certitude quel système est adapté aux solutions fondées sur la nature. Il peut être nécessaire de recourir à un autre type de système de suivi tel que le suivi-évaluation (S&E), ou le suivi, notification et vérification (SNV) avec imputation des coûts et attribution des responsabilités. Le cadre logique et des approches de gestion axée sur les résultats sont les cadres les plus courants. Le suivi et l'évaluation doivent être adaptés à chaque projet. Décider des rôles et responsabilités des organisations qui assureront ce travail de suivi après l'exécution du projet.

3. Concevoir une étude technique

Produire un projet d'étude de conception technique et de faisabilité de la/des mesure(s) retenue(s), comprenant notamment les besoins détaillés en matériaux et main-d'œuvre. L'étude technique doit être éclairée par l'objectif de réduction des risques, l'intégration nécessaire de la mesure dans l'écosystème existant et les méthodes précises de gestion et de restauration des écosystèmes. Les études

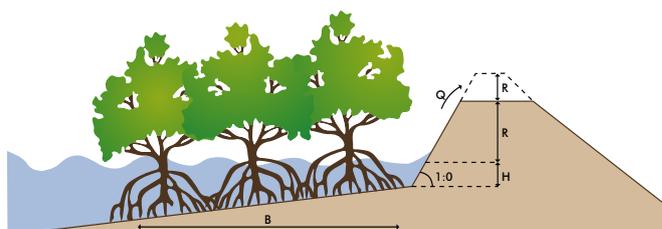
techniques devraient être fondées sur la modélisation détaillée du risque d'inondation et de l'efficacité. Ces études devraient explicitement inclure aussi bien les aspects écosystémiques que techniques dans le cas des interventions hybrides. Il existe plusieurs lignes directrices relatives aux études techniques pour les interventions basées sur la nature, par exemple à travers le consortium Ecoshape.

4. Élaborer le plan de maintenance

Pour assurer l'efficacité à terme de la mesure de réduction des risques d'inondation, un plan de maintenance doit être préparé dans le cadre de la phase de sélection et de conception. Le coût de la maintenance peut jouer un rôle dans le processus de sélection, et aura une incidence sur la conception optimale. En outre, il importe de décider de qui sera chargé de la maintenance et de la façon dont sera organisé le financement à long terme. Il faudrait également penser à intégrer la maintenance et la protection dans les lois et règlements locaux.

Produits

1. Conception des mesures
2. Plan de suivi contenant les indicateurs, les valeurs cibles, les rôles et les responsabilités, la méthode de suivi et la durée
3. Plan de maintenance



Tout en réduisant la hauteur des vagues, les arbres de mangrove permettent aussi de réduire la hauteur de digue nécessaire pour se conformer aux normes de sécurité et diminuer les frais d'entretien.



Étape 6 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

Dans le cadre du projet Villes et Changement climatique au Mozambique, la Banque mondiale procède à la création de parcs urbains dans la ville de Beira. L'objectif est de renforcer la résilience de la ville face aux inondations par l'amélioration et la sauvegarde de la capacité de drainage naturel du fleuve Chiveve. La première phase du projet comprend la réhabilitation du fleuve, la construction d'un dégorgeoir, le dragage du port de pêche, et la plantation de 2 200 arbres de mangrove remplissant la fonction d'atténuation active des inondations. La deuxième phase, qui est en cours d'exécution, portera sur la poursuite de l'élaboration d'une solution d'infrastructure verte le long du fleuve Chiveve à Beira. Cette solution comprendra la création d'un grand parc le long du fleuve, des espaces publics, des pistes cyclables, et l'aménagement général de paysages verdoyants.

En savoir plus : <http://projects.worldbank.org/P153544?lang=en>

Informations supplémentaires :

1. Conception de solutions fondées sur la nature : lignes directrices de Building with Nature : <https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN1/Building+with+Nature>
2. Informations sur les caractéristiques des solutions vertes pour la gestion des risques d'inondation par The Nature Conservancy (2014) : <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/HabitatProtectionandRestoration/Documents/A%20Flood%20of%20Benefits%20-%20J.Opperman%20-%20May%202014.pdf>
3. Incentives for Natural Infrastructure, the World Business Council for Sustainable Development (2017) : <http://www.wbcsd.org/Clusters/Water/Natural-Infrastructure-for-Business/Resources/Incentives-for-Natural-Infrastructure>



Beira, Mozambique



Étape 7 : Mettre en œuvre et construire

Mettre en œuvre le projet en consultation avec les parties prenantes ; assurer le respect des normes sociales et environnementales.

1. Réévaluer les impacts sociaux et environnementaux

Revoir l'étude d'impact social et environnemental, y compris les normes et mesures de sauvegarde en rapport avec le projet. Commencer à planifier toute réinstallation involontaire d'habitants et à préparer la zone de mise en œuvre pour limiter l'impact sur l'environnement.

2. Prendre en compte la structure, la diversité des espèces et le fonctionnement des écosystèmes

Mettre en œuvre les aspects techniques et écosystémiques du projet conformément aux Principes. Inclure également l'intégration des écosystèmes telle qu'évaluée dans les étapes précédentes. Suivre de près le fonctionnement de l'écosystème et l'impact qu'il subit pendant la phase de mise en œuvre. Les impacts inattendus sur la structure, les espèces et le fonctionnement des écosystèmes doivent être signalés. Pour ce qui est des solutions hybrides, s'assurer que les travaux d'ingénierie et les aspects écosystémiques sont mis en œuvre de manière cohérente et harmonieuse conformément au plan de conception.

3. Entretenir une interaction régulière avec les parties prenantes et les populations locales pendant la mise en œuvre

Informar et consulter en permanence les principales parties prenantes identifiées au cours des étapes précédentes. Assurer l'adhésion et la participation des parties prenantes. Dans les communications, être sensible aussi bien aux effets à court terme qu'à ceux à long terme, mais aussi aux gains pour les collectivités et l'environnement. Suivre les impacts de la construction et des travaux de réhabilitation sur les parties prenantes locales. Si nécessaire, ajuster avec souplesse la mise en œuvre du projet en fonction de l'évolution des besoins des parties prenantes et des nouvelles informations.

Produits

1. Accord sur la durée de l'intervention
2. Cadres réglementaires pour préserver et maintenir l'intervention
3. Mesures mises en œuvre

Étape 7 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

Le système de gestion des eaux pluviales de la ville de Malmö en Suède est un bon exemple de processus de conception participatif. La ville a connu le déclin socioéconomique et des inondations causées par le débordement des eaux du système d'évacuation. Une solution collaborative visait à rénover la zone grâce à des systèmes de drainage urbain durables dans le cadre d'un vaste projet de régénération. L'objectif était de créer un quartier plus viable et de favoriser la biodiversité. Un processus vaste et itératif de collaboration avec les parties prenantes a été lancé pendant la conception et l'exécution de ce projet. Il consistait notamment en une série de consultations avec les résidents locaux, les représentants de l'école locale, les praticiens, le personnel de la municipalité, et beaucoup d'autres acteurs. L'idée derrière ces consultations était de sensibiliser à la rénovation des systèmes de drainage urbain durables et à leurs avantages et coûts, et de recueillir les avis du public sur le modèle souhaité. Ces consultations comprenaient notamment des réunions régulières, des ateliers communautaires et de rencontres informelles. Cette démarche est devenue de plus en plus ouverte et consultative, environ un cinquième des locataires de la région ayant participé à des réunions consacrées aux échanges sur le projet. Entre autres sujets, les questions de sécurité liées aux zones d'eau libre (par ex., les bassins de rétention) ont été abordées avec les résidents, ainsi que la disparition éventuelle de certaines activités de loisirs dans la région. Dans de nombreux cas, les commentaires et les préoccupations des intervenants ont été pris en compte dans les plans révisés du système de drainage urbain durable.



Prévention d'inondation urbaine avec infrastructure verte à Malmö



En savoir plus : <http://www.panorama.solutions/en/building-block/engaging-stakeholders-raise-awareness-and-support>

Informations supplémentaires :

- 1 La plateforme The Natural Hazards - Nature-based Solutions décrit en détail des projets réalisés aux quatre coins du monde : <http://naturebasedsolutions.org>
- 2 Directives de la NOAA intitulées « Guidance for Assessing the Costs and Benefits of Green Infrastructure » : <https://coast.noaa.gov/data/docs/digitalcoast/gi-cost-benefit.pdf>
- 3 Guide écologique du WWF pour la gestion des inondations (WWF Flood Green Guide) : <http://envirodm.org/flood-management>
- 4 What Will Adaptation Cost? An Economic Framework for Coastal Community Infrastructure (NOAA 2013): <https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/adaptation-report.pdf>

Étape 8 : Suivre et éclairer les actions futures

Les activités de suivi pendant et après la mise en œuvre d'une solution fondée sur la nature sont nécessaires pour maintenir son efficacité et constituer une base de données factuelles. Elles sont également nécessaires pour consigner les leçons apprises en vue d'une utilisation ultérieure.

Assurer le suivi du système physique, de l'état, de la diversité des espèces et du fonctionnement des écosystèmes

Suivre attentivement le développement des écosystèmes dans la zone de mise en œuvre, ainsi qu'à l'échelle plus large du paysage. L'objectif est d'évaluer l'incidence de l'intervention sur la région, la façon dont les fonctions de protection de l'écosystème contre les inondations se développent, et de voir si la restauration de l'écosystème progresse conformément au plan. Surveiller la diversité et la densité des espèces dans la durée afin de déterminer si l'écosystème se développe à travers différents stades de succession. Déterminer également si ces stades interviennent dans les délais prévus.

1. Suivre l'efficacité de la réduction des risques

Se reporter au système de suivi (voir l'Étape 6.3) afin d'apprécier la façon dont les composantes du projet ont été mises en œuvre. Il faudrait également évaluer la contribution croissante de la restauration et de la création d'éléments de l'écosystème à l'efficacité de la réduction des risques. Si les résultats du suivi indiquent d'importants changements physiques (inattendus), procéder à une nouvelle modélisation des aléas et des risques en tenant compte de l'évolution des interventions en place pour évaluer l'effet sur les dégâts.

2. Élaborer et ajuster le cadre des politiques et des réglementations

Les avantages des solutions fondées sur la nature pouvant être réalisés sur plusieurs décennies, il est important de comprendre l'environnement réglementaire. Évolue-t-il au fil du temps ? Le fait de déterminer tout cela permettra au projet de s'adapter aux politiques à venir avant qu'elles n'aient un impact négatif sur la solution.

3. Participation régulière des populations locales

La viabilité d'une solution fondée sur la nature dépend de la volonté et de l'engagement de la collectivité. Si celle-ci n'est pas impliquée et ne voit pas l'intérêt de créer ou de restaurer l'écosystème, elle peut sciemment ou non contribuer à l'échec du projet. Il est essentiel d'associer tous les groupes sociaux de la collectivité en organisant des réunions pour expliquer le projet et ses retombées positives. Il faudrait fournir des orientations pratiques sur l'utilisation et la protection des écosystèmes vitaux. Il est important de veiller à ce que les représentants des projets écoutent les populations locales. Il faut se donner suffisamment de temps pour répondre à leurs préoccupations. L'engagement de la collectivité peut s'améliorer si l'écosystème génère de nouvelles possibilités d'emploi. Plusieurs exemples consignés de solutions naturelles ayant été mises en œuvre avec une forte participation des populations locales peuvent servir de guide²⁴.

4. Examiner, évaluer et agir

Le suivi et l'évaluation devraient renseigner sur ce qui fonctionne, ce qui ne fonctionne pas, et pourquoi. Il constitue aussi une solide source d'informations pour la maintenance et d'autres actions nécessaires. Examiner toutes les composantes du projet en accordant une attention particulière à l'efficacité de la réduction des risques, à l'impact sur les populations locales et aux effets sur l'environnement. Ce processus de suivi et d'évaluation devrait tenir compte des nouveaux développements survenus à l'extérieur de la zone du projet qui pourraient avoir une incidence sur l'efficacité des mesures. Déterminer si les performances structurelles et fonctionnelles répondent aux normes déjà établies et aux objectifs du projet. Dans le cas contraire, prendre une décision sur les actions complémentaires à entreprendre relativement à la maintenance ou même à la mise en œuvre d'autres interventions.

24. Voir par exemple EPA (2017). Green Infrastructure in Parks: A Guide to Collaboration, Funding, and Community Engagement : https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/gi_parksplaybook_2017-05-01_508.pdf

Pour permettre le passage à une plus grande échelle et l'amélioration des meilleures pratiques mondiales, publier des évaluations et partager les connaissances avec d'autres organismes chargés de la mise en œuvre. Étudier les possibilités de poursuite à une plus grande échelle des approches réussies dans d'autres domaines. S'il est nécessaire de consigner les leçons tout au long du projet, il est important, pour le succès d'autres projets fondés sur la nature, de recueillir et communiquer ces leçons de sorte qu'elles soient plus largement accessibles. Nous vous encourageons à donner des informations sur vos projets et les leçons apprises à travers la plateforme en ligne « Natural Hazards - Nature-based Solutions »²⁵.

Produits

1. Rapports de suivi qui examinent comment les activités de suivi cadrent avec l'objectif fixé
2. Actions visant à modifier ou améliorer le projet, s'il y a lieu
3. Partage des enseignements tirés



Activités de suivi effectuées par les membres de Coastal Field School-Blue Forest

25. <http://naturebasedsolutions.org/>

Étape 8 : Modèle de pratique optimale et ressources additionnelles

Projet type

Les parcs côtiers de la Nouvelle-Zélande ont récemment mis l'accent sur les techniques de restauration axées sur l'utilisation des espèces indigènes qui lient le sable, par exemple dans la gestion des écosystèmes dunaires à Christchurch. Une vision collaborative et communautaire pour la zone a été établie et les objectifs de gestion définis. Il s'agissait notamment d'un plan de restauration spécifique pour le système de dunes sur le site, ainsi que d'un plan de suivi. D'autres initiatives comprenaient la promotion de l'éducation sur la zone et l'initiative de restauration des dunes. Un programme de suivi a été mis au point pour mesurer le succès des actions essentielles et fournir des informations utiles pour les décisions futures en matière de gestion. Le programme de suivi a clairement montré des changements dans le système dunaire en réponse aux nouvelles activités de gestion.

En savoir plus : <https://www.iucn.org/sites/dev/files/2014-038.pdf>

Informations supplémentaires :

De nombreuses communautés en ligne apportent un appui au développement de solutions fondées sur la nature par des approches variées. Ces ressources offrent la possibilité d'examiner et d'évaluer des projets et de partager vos propres expériences afin d'éclairer l'élaboration des projets futurs.

La plateforme Oppla de la Commission européenne est un nouveau lieu d'échange de connaissances où convergent les tout derniers courants de pensée sur les services écosystémiques, le capital naturel et les solutions fondées sur la nature. <http://www.oppla.eu>

Le Partenariat pour l'environnement et la réduction des risques de catastrophes (PEDRR) est une alliance mondiale regroupant des institutions des Nations Unies, des ONG et des instituts spécialisés. Le PEDRR cherche à promouvoir et assurer le passage à une plus grande échelle de la mise en œuvre de la réduction des risques de catastrophe en ayant recours aux écosystèmes, et à veiller à son intégration dans la planification du développement aux niveaux mondial, national et local. <http://pedrr.org>



La Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) et l'UICN hébergent la plateforme PANORAMA. Il s'agit d'une initiative de partenariat visant à consigner et promouvoir des solutions innovantes et reproductibles sur toute une série de sujets touchant à la conservation et au développement. Cette initiative favorise l'apprentissage intersectoriel. <http://panorama.solutions/en>

Mise en place par WBCSD, CH2M (avec l'appui de The Nature Conservancy) et d'autres entreprises membres, la plateforme « Natural Infrastructure for Business » est conçue pour faire connaître l'infrastructure naturelle aux chefs d'entreprise et aux professionnels. <http://www.naturalinfrastructureforbusiness.org>

La plateforme weADAPT de l'Institut de Stockholm pour l'environnement est un cadre de collaboration sur les questions relatives à l'adaptation au climat. Elle permet aux professionnels, aux chercheurs et aux décideurs d'avoir accès à des informations crédibles de haute qualité. Cette plateforme permet également à ces acteurs de tisser de nouveaux liens. <https://www.weadapt.org>

La GIZ est l'hôte d'un réseau de professionnels de l'adaptation qui offre un inventaire de méthodes d'adaptation au changement climatique. Ce cercle fait également office de plateforme pour l'échange d'expériences entre praticiens. <http://www.adaptationcommunity.net>

Building Ecological Solutions to Coastal Community Hazards. A Guide for New Jersey Coastal Communities. National Wildlife Federation (2017). http://www.nwf.org/~media/PDFs/Global-Warming/NWF_FINAL-WEB-VERSION_BESCCH_070517.ashx

Gérée par la Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement (GFDRR), la Banque mondiale et Deltares, la plateforme dénommée The Natural Hazards - Nature-based Solutions donne un aperçu général des projets recourant à des solutions fondées sur la nature ou hybrides mises en œuvre par divers organismes. Cette plateforme héberge également les présents Principes et recommandations pour la mise en œuvre qui sont mis à jour à la lumière des enseignements tirés de l'expérience. <http://naturebasedsolutions.org/>

Conclusions

Les cinq principes et les recommandations pour la mise en œuvre présentés dans le présent guide plaident pour une approche structurée en matière de planification, d'évaluation, de conception et de mise en œuvre de solutions fondées sur la nature pour la gestion des risques d'inondation. Ils visent à soutenir les professionnels de la gestion des risques de catastrophe et de l'adaptation au changement climatique chargés de planifier les interventions de gestion des risques d'inondation, les ONG qui mettent en œuvre les solutions fondées sur la nature, ainsi que le personnel des bailleurs de fonds et des organismes internationaux qui assure la conception, l'évaluation ou le financement de tels projets. En s'appuyant sur la dynamique croissante en faveur du recours à de telles solutions dans le cadre de stratégies de renforcement de la résilience et de la réduction des risques liés aux catastrophes, ces recommandations offrent une approche par étape pour la mise en œuvre des solutions efficaces de gestion des risques d'inondation fondées sur la nature.

Le présent document est pierre apportée à l'édifice d'un système dans lequel les solutions de gestion des risques d'inondation fondées sur la nature seront largement acceptées et mises en œuvre comme mécanisme alternatif ou complémentaire aux mesures d'ingénierie classiques. Toutefois, ce document n'a pas vocation à servir de guide universel. Il cherche plutôt à définir le cadre d'une gestion des inondations fondée sur la nature, et vient s'ajouter à d'autres initiatives plus spécifiques telles que les orientations détaillées sur la mise en œuvre (à l'instar du

guide écologique du WWF pour la gestion des inondations (*WWF Flood Green Guide*²⁶) et des lignes directrices de l'USACE relatives aux études techniques, qui sont en cours d'élaboration), les programmes de formation (tels que le cours de la NOAA sur le recours à l'infrastructure verte pour renforcer la résilience (« Green Infrastructure for Coastal Resilience »²⁷)) et les réseaux internationaux tels que le Partenariat pour l'environnement et la réduction des risques de catastrophes (PEDRR²⁸). Cela étant, nous avons essayé de faire référence à ces autres ressources spécifiques tout au long du présent guide. Nous encourageons aussi d'autres personnes à s'appuyer sur ce cadre pour fournir de plus amples informations nécessaires à une mise en œuvre concluante.

Nous espérons que le présent ouvrage, qui s'intitule « Dispositifs de protection contre les inondations fondés sur la nature : principes et recommandations pour la mise en œuvre », permettra de simplifier et d'accélérer les processus de développement des connaissances, ainsi que d'évaluation et de normalisation des protocoles de conception et de mise à l'essai. Nous pourrions ainsi continuer à améliorer et promouvoir une adaptation faisant appel à la nature comme solution durable de gestion des risques d'inondation.

26. WWF (2017). *Natural & Nature-based Flood Management: A Green Guide*. <http://envirodm.org/flood-management>
 27. <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/training/green.html>
 28. <http://pedrr.org/>

